

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

Εισαγωγή στην αγροοικολογία

Γενικά

Η Γεωργία βρίσκεται σε κρίση. Μολονότι τα γεωργικά εδάφη σ' ολόκληρο τον κόσμο συνεχίζουν να παράγουν τρόφιμα, όσα τουλάχιστο παρήγαγαν και στο παρελθόν, πυκνώνουν τα σημάδια ότι τα θεμέλια της παραγωγικότητάς τους βρίσκονται σε κίνδυνο.

Στο πρώτο κεφάλαιο του παρόντος μέρους αναλύονται η κατανόηση κάποιων βασικών αρχών και αντιλήψεων του οικοσυστήματος. Συγκεκριμένα, στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσουμε τις δομικές πτυχές του οικοσυστήματος, δηλαδή τα μέρη που το συνιστούν αυτό, αλλά και τις σχέσεις ανάμεσα στα μέρη του, ενώ στη συνέχεια, επιστρέφοντας στις λειτουργικές τους συνιστώσες, θα μελετήσουμε τη λειτουργία του οικοσυστήματος.

Στο δεύτερο κεφάλαιο τονίζεται το βασικό εννοιολογικό και θεωρητικό πλαίσιο της αγροοικολογίας, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη και την ανάλυση των συστημάτων παραγωγής τροφίμων, των αγροοικοσυστημάτων.

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφονται τα πολλά προβλήματα που αντιμετωπίζει σήμερα η γεωργία και εξηγούνται οι ρίζες τους, στις σύγχρονες γεωργικές πρακτικές. Το κεφάλαιο καταλήγει με τις επεξηγήσεις για το πώς εφαρμόζονται οι έννοιες και οι αρχές στο σχεδιασμό και την διαχείριση των συστημάτων της παραγωγής τροφίμων, δηλαδή η πεμπτούσια της αγροοικολογίας, ώστε να μας βοηθήσουν στην παραγωγή τροφίμων με αειφορικό τρόπο.

Κεφάλαιο Πρώτο

Η έννοια του οικοσυστήματος

1.1. Γενικά

Η κατανόηση των βασικών αρχών και αντιλήψεων περί του οικοσυστήματος παρουσιάζει πάντοτε μεγάλη σημασία, όπως και πρόδηλη σπουδαιότητα. Και τούτο, διότι η έννοια του αγροοικοσυστήματος βασίζεται στις οικολογικές αρχές αλλά και στη γνώση μας για τα φυσικά οικοσυστήματα. Έτσι λοιπόν, στο παρόν κεφάλαιο θα μας απασχολήσει η κατανόηση κάποιων βασικών αρχών και αντιλήψεων του οικοσυστήματος. Συγκεκριμένα, στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσουμε τις δομικές πτυχές του οικοσυστήματος, δηλαδή τα μέρη που το συνιστούν όπως και τις σχέσεις ανάμεσα στα μέρη του, ενώ στη συνέχεια, επιστρέφοντας στις λειτουργικές τους συνιστώσες, θα μελετήσουμε τη λειτουργία του οικοσυστήματος.

Η έννοια του οικοσυστήματος αποτελεί για την οικολογία μια από τις πλέον θεμελιώδεις έννοιες. Συνιστά την έννοια, στην έκφραση της οποίας, εκδηλώνεται, περισσότερο από κάθε άλλη, η βασική φιλοσοφία της οικολογίας, τόσον ως επιστήμης με ολοκληρωμένη θεώρηση της δομής και λειτουργίας της Φύσης, όσο και ως επιστήμης με σαφή κοινωνικό προσανατολισμό.

Το επίπεδο του οικοσυστήματος είναι το λογικό επίπεδο γύρω από το οποίο οργανώνεται η θεωρία και η πρακτική στην οικολογία, διότι αποτελεί το χαμηλότερο επίπεδο στην οικολογική ιεραρχία το οποίο είναι πλήρες, ήτοι, έχει όλα εκείνα τα απαραίτητα και αναγκαία στοιχεία για την λειτουργία και την επιβίωση σε μακροπρόθεσμο χρονικό ορίζοντα. Για τον ίδιο λόγο επίσης, στις ημέρες μας ακούγεται έντονα ο όρος **διαχείριση του οικοσυστήματος**, καθώς μετακινούμεθα προς την κατεύθυνση της διαπραγμάτευσης με όλα τα συνιστώσα στοιχεία ξέχωρα, ένα προς ένα ανά πάσα στιγμή, για την διαχείριση του συστήματος ως ένα σύνολο.

1.2. Η Δομή των φυσικών οικοσυστημάτων

Το **οικοσύστημα ή οικολογικό σύστημα** αποτελεί μια οργανωμένη λειτουργική μονάδα, στην οποία υπάρχει στενή αλληλεπίδραση και αλληλεξάρτηση μεταξύ βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων. Υπάρχει δηλαδή συνεχής ροή της ενέργειας και κυκλοφορία των θρεπτικών στοιχείων μεταξύ των ζωντανών (βιοτικών) και μη (αβιοτικών) μερών της. Τα οικοσυστήματα είναι κατά συνέπεια, **«πολύπλοκα δυναμικά πλέγματα αλληλεπιδράσεων και αλληλεξαρτήσεων μεταξύ των κοινοτήτων που τα συνθέτουν και βρίσκονται σε μια συνεχή μεταβολή και εξέλιξη»**. Ως εκ τούτου, όταν ορίζουμε ένα οικοσύστημα δεν αρκεί μόνο να καταγράψουμε τα στοιχεία που το συνθέτουν, πρέπει ταυτόχρονα να προσδιορίσουμε και τις αλληλεπιδράσεις που συνεκτικά τα συνδέουν μεταξύ τους.

Ένα οικοσύστημα συνίσταται από εκείνα τα φυσικά μέρη τα οποία εμφανίζουν κάποιες συγκεκριμένες σχέσεις, δηλαδή, αποτελούν τη δομή του συστήματος, και τα οποία λαμβάνουν μέρος σε ποικίλες δυναμικές διαδικασίες, δηλαδή συμμετέχουν στη λειτουργία του συστήματος. Από βιολογικής πλευράς, κάθε οικοσύστημα μπορεί να διακριθεί σε δύο μέρη: α) τη **βιοκοινότητα**, η οποία περιλαμβάνει το σύνολο των φυτών (**φυτοκοινότητα**) και των ζώων (**ζωοκοινότητα**) και β) το **βιότοπο** ή **βιοχώρο** ή **οικότοπο**, ο οποίος αναφέρεται στο κλιματικό και το εδαφικό περιβάλλον στο οποίο η βιοκοινότητα διαβιώνει.

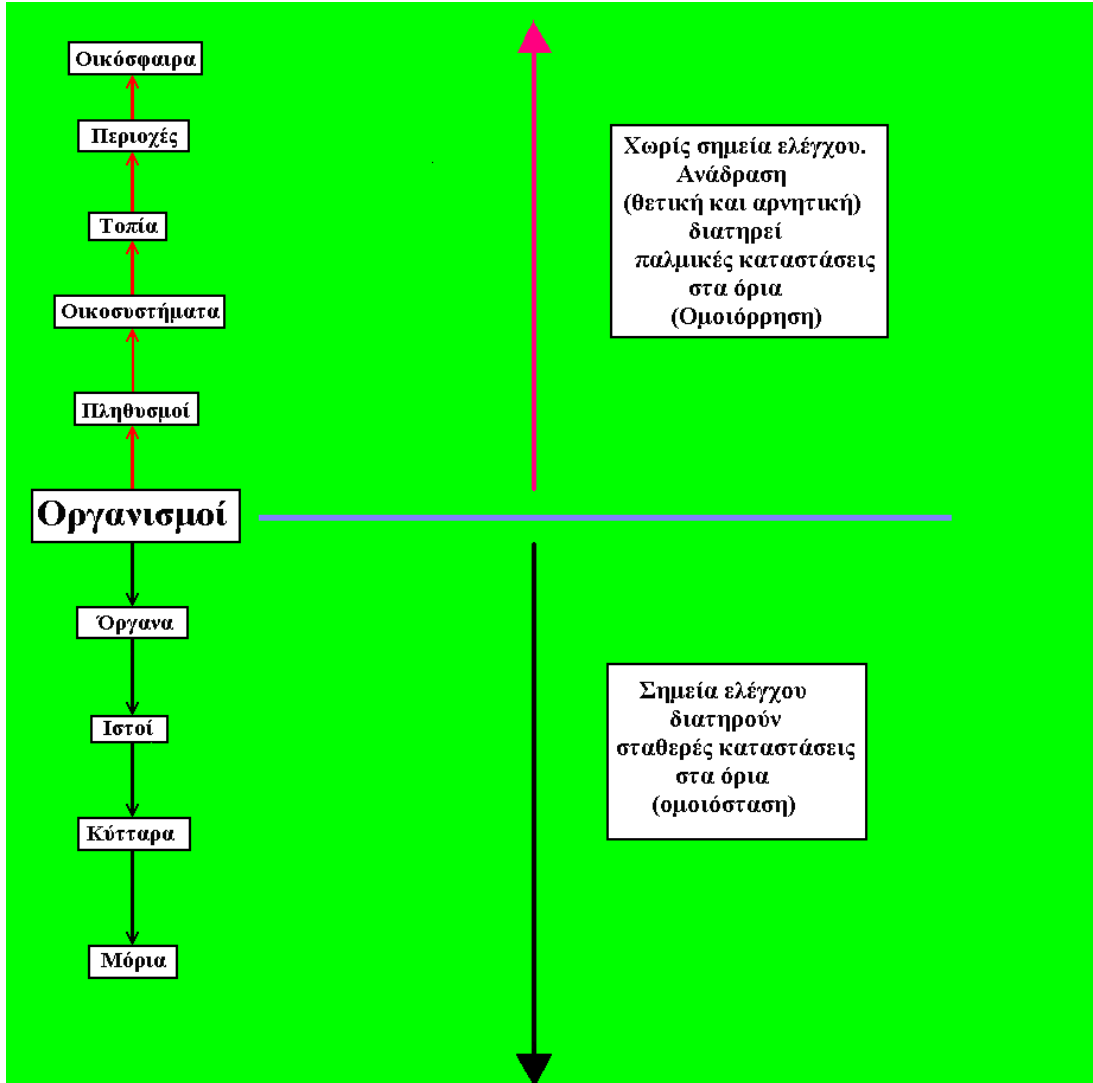
1.2.1. Τα επίπεδα της οργάνωσης

Τα οικοσυστήματα εξετάζονται με όρους ιεραρχίας της οργάνωσης των μερών που συμμετέχουν σ' αυτά, όπως ακριβώς το ανθρώπινο σώμα εξετάζεται στο επίπεδο των μορίων, των κυττάρων, των ιστών, των οργάνων ή του συστήματος των οργάνων. Στο απλούστερο επίπεδο βρίσκεται ο **ανεξάρτητος οργανισμός** και η μελέτη στο επίπεδο αυτό της οργάνωσης, καλείται **αυτοοικολογία** ή **φυσιολογική οικολογία**. Πρόκειται για την επιστήμη η οποία ασχολείται τόσο με την συμπεριφορά των οργανισμών κάτω από την επίδραση των παραγόντων του περιβάλλοντος, αλλά και με τον τρόπο με τον οποίο αυτοί θα καθορίσουν το τόπο της επιβίωσής τους, ανάλογα πάντοτε με την εκδήλωση συγκεκριμένων βαθμών ανοχής του οργανισμού στις κακουχίες του περιβάλλοντος.

Στην οικολογία ο όρος **πληθυσμός**, είναι ο όρος που επινοήθηκε αρχικά για να υποδηλώσει μια ομάδα ανθρώπων. Στην συνέχεια όμως, διευρύνθηκε για να συμπεριλάβει ομάδες ανεξάρτητων ατόμων, οποιωνδήποτε ειδών, που διαβιώνουν μαζί σε μια επιλεγμένη περιοχή (**Εικόνα 1.1**). Στον ενικό αριθμό, ένας πληθυσμός είναι μια ομάδα οργανισμών ομοίων ειδών που πολλαπλασιάστηκαν και ανατράφηκαν μαζί, ενώ στον πληθυντικό αριθμό, οι πληθυσμοί μπορεί να περιλαμβάνουν ομάδες οργανισμών διαφορετικών ειδών που συνδέονται με μια κοινή καταγωγή ή ένα κοινό βιότοπο (π.χ. φυτικοί πληθυσμοί, πληθυσμοί πουλιών, πληθυσμοί πλαγκτόν). Η επιστήμη της μελέτης των πληθυσμών ονομάζεται **οικολογία των πληθυσμών**. Η κατανόηση της οικολογίας των πληθυσμών καθίσταται σημαντική διότι καθορίζει τους παράγοντες που ελέγχουν το μέγεθος και την αύξηση του πληθυσμού, ειδικότερα σε σχέση με την ικανότητα του περιβάλλοντος να υποστηρίξει μέσα στο χρόνο, ένα συγκεκριμένο πληθυσμό.

Στην οικολογία, ο όρος **κοινότητα** χρησιμοποιείται με την έννοια της **βιοτικής κοινότητας** ή της **βιοκοινότητας**, για να συμπεριλάβει σ' αυτόν όλους τους πληθυσμούς που διαβιώνουν σε μια επιλεγμένη περιοχή. Η κοινότητα και το μη βιοτικό

(αβιοτικό) περιβάλλον λειτουργούν μαζί ως ένα **οικολογικό σύστημα** ή αλλιώς, ως ένα **οικοσύστημα**. Ένας παράλληλος όρος, ο οποίος χρησιμοποιείται συχνά στην Γερμανική και την Ρωσική βιβλιογραφία είναι ο όρος **biogeocoenosis** (βιογεωσυνένωση), ο οποίος είναι εύκολα για μας να μεταφραστεί ως «η ζωή και η γη λειτουργούν μαζί».



Εικόνα 1.1 Η ιεραρχία οργανισμού - οικοσυστήματος.

Οι ομάδες των οικοσυστημάτων σε συνύπαρξη ή μη με τις δημιουργίες των ανθρώπων, συνιστούν τα **τοπία**, τα οποία με τη σειρά τους αποτελούν τμήματα μεγάλων περιφερειακών μονάδων (τόσο γεωγραφικών όσο και φυσικών περιοχών) που ονομάζονται **βιώματα** (π. χ. ένας ωκεανός, μια εκτεταμένη ποολιβαδική έκταση). Οι μεγάλοι ωκεανοί και οι ήπειροι θεωρούνται **βιογεωγραφικές περιοχές**, και σε κάθε μια από αυτές αποτυπώνεται η δική της χλωρίδα και η δική της πανίδα. **Βιόσφαιρα** είναι ο ευρύτερα χρησιμοποιούμενος όρος για όλα τα ευρισκόμενα επί της Γης οικοσυστήματα, τα οποία λειτουργούν σε μια παγκόσμια κλίμακα και μάλιστα κατά ένα τρόπο συνολικό. Ο όρος **οικόσφαιρα** χρησιμοποιείται συχνά ως συνώνυμος όρος με την βιόσφαιρα, πλην όμως, τα εγχειρίδια της επιστήμης του περιβάλλοντος κάνουν την ακόλουθη διάκριση: βιόσφαιρα = όλη η επίγεια ζωή (όλες οι κοινότητες) και οικόσφαιρα = όλη η επίγεια ζωή και τα επιδρώντα μη έμβια υλικά (όλα τα οικοσυστήματα).

Στην οικολογική ιεραρχία, όλα τα επίπεδα εμπεριέχουν ζωή και βιολογικές διαδικασίες, ώστε με βεβαιότητα μπορούμε να θεωρήσουμε ότι, η βιόσφαιρα είναι ένα κομμάτι από τη Γη στο οποίο οι οργανισμοί μπορούν να ζήσουν. Είναι με άλλα λόγια, οι βιολογικά κατοικήσιμες συνιστώσες του εδάφους, του αέρα και του υ νερού. Η βιόσφαιρα ή καλύτερα η οικόσφαιρα συγχωνεύεται ανεπαίσθητα, δηλαδή χωρίς διακριτά όρια, με την **λιθόσφαιρα** (τα πετρώματα, τα ιζήματα, τον φλοιό και τον πυρήνα της γης), την **υδρόσφαιρα** (επιφανειακό και υπεδάφιο νερό) και την **ατμόσφαιρα**, τις άλλες μείζονες υποδιαίρεσεις του διαστημόπλοιου που ονομάζεται Γη.

Από κάθε επίπεδο της οργάνωσης αναδύονται ιδιότητες που δεν εμφανίζονται στο κατώτερο επίπεδο. Αυτό αποτελεί ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των οικοσυστημάτων. Οι αναδύμενες αυτές ιδιότητες είναι το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης των μερών που συμμετέχουν στο συγκεκριμένο επίπεδο της οργάνωσης. Για παράδειγμα, ένας πληθυσμός είναι κάτι περισσότερο από μια απλή συλλογή ανεξαρτήτων οργανισμών του ίδιου είδους και εμφανίζει χαρακτηριστικά τα οποία δεν μπορεί να γίνω κατανοητά σε όρους ανεξάρτητων οργανισμών. Η αρχή αυτή, στο πλαίσιο ενός αγροοικοσυστήματος, υποδηλώνει στην ουσία ότι το αγρόκτημα είναι κάτι περισσότερο από το σύνολο των ανεξάρτητων καλλιεργούμενων φυτών. Η αειφορικότητα λοιπόν, μπορεί να θεωρηθεί ως η έσχατη αναδύμενη ιδιότητα μιας οικοσυστηματικής προσέγγισης της γεωργίας.

1.2.2. Δομικές ιδιότητες των κοινοτήτων

Η (βιο)κοινότητα προκύπτει, κατά ένα μέρος, ως το αποτέλεσμα των προσαρμογών των καθέκαστα ειδών της στις βαθμιδώσεις των αβιοτικών παραγόντων που επικρατούν στο περιβάλλον και, από την άλλη πλευρά, ως το αποτέλεσμα των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των πληθυσμών των ειδών αυτών. Δεδομένου ότι η δομή της κοινότητας παίζει ένα πολύ σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της δυναμικής και της σταθερότητας του οικοσυστήματος, κρίνεται άκρως σημαντικό και απαραίτητο να εξετάσουμε σε μεγαλύτερη λεπτομέρεια κάποιες ιδιότητες των κοινοτήτων που αναφέρονται, ως αποτέλεσμα των αντιδράσεων στο επίπεδο αυτό.

1.2.2.1. Ποικιλότητα των ειδών

Αν θέλουμε με απλά λόγια να ορίσουμε την ποικιλότητα (diversity) των ειδών θα μπορούσαμε πούμε ότι αυτή είναι **ο αριθμός των ειδών που υπάρχουν σε μια βιοκοινότητα**. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός αυτός, τόσο μεγαλύτερη και η ποικιλότητα των ειδών. Τελευταία, η έννοια της ποικιλότητας των ειδών έχει διευρυνθεί και αναφέρεται πλέον, ως **βιοποικιλότητα** (biodiversity), με συνέπεια να έχει καταστεί ένας όρος που αρχίζει να βρίσκει το δρόμο του στην δημοφιλή πλέον οικολογική φιλολογία, και αναφέρεται στην ποικιλία των βιοτικών μορφών που υπάρχουν, των οικολογικών λειτουργιών που εκτελούν και των γενετικών παραλλαγών που περιέχουν.

Όταν μελετούμε την ποικιλότητα, όπως αυτή ενυπάρχει μέσα σε μια βιοκοινότητα, τότε αναφερόμαστε στην **άλφα ποικιλότητα** (alpha diversity ή α-diversity). Υπάρχει όμως, και η ποικιλότητα μεταξύ των βιοκοινοτήτων, η οποία ονομάζεται **βήτα ποικιλότητα** (beta diversity ή β-diversity), ο υπολογισμός της οποίας γίνεται με βάση διάφορες τεχνικές, όπως είναι για παράδειγμα, οι συντελεστές της κοινότητας, η ποσοστιαία ομοιότητα, τα μέτρα απόστασης, αλλά και διάφορα άλλα μέτρα. Τέλος, πρέπει να αναφέρουμε ότι υπάρχει και ένας τρίτος τύπος ποικιλότητας. Αυτός είναι η **γάμμα ποικιλότητα** (gamma diversity ή γ-diversity), η οποία περιγράφει

την ποικιλότητα σ' ένα μεγαλύτερο, περιφερειακό επίπεδο, στην οποία συμπεριλαμβάνονται επίσης και οι αντικαταστάσεις των ειδών, όπως αυτές παρουσιάζονται στις μεγάλες γεωγραφικές περιοχές.

Τέλος, η βιοποικιλότητα μπορεί να καταστεί απόλυτα αντιληπτή και να εκτιμηθεί, εάν την μελετήσουμε από το επίπεδο της βιοκοινότητας, μέσα από το περιεχόμενο της ποικιλότητας των ειδών.

1.2.2.2 Κυριαρχία και σχετική αφθονία

Η φύση των βιοκοινοτήτων ελέγχεται, σε γενικές γραμμές, είτε από τις φυσικές, είτε από τις βιοτικές συνθήκες, όπως είναι για παράδειγμα το υπέδαφος, η έλλειψη υγρασίας, η δράση του κύματος, είτε τέλος, από κάποιους συγκεκριμένους βιολογικούς μηχανισμούς. Οι βιολογικά ελεγχόμενες κοινότητες επηρεάζονται συχνά από ένα μόνο είδος ή από μια ομάδα ειδών, οι οποίες μπορούν και τροποποιούν το περιβάλλον. Οι οργανισμοί αυτοί τότε, ονομάζονται **κυρίαρχοι** (dominants).

Ασφαλώς, η περιγραφή ή ο καθορισμός ενός κυρίαρχου είδους δεν αποτελεί εύκολο ζήτημα. Έτσι, σε μια βιοκοινότητα κυρίαρχα είδη είναι δυνατό να είναι εκείνα τα οποία, είτε ανευρίσκονται περισσότερο σε αριθμό, είτε εμφανίζουν την μεγαλύτερη βιομάζα, είτε καταλαμβάνουν τον μεγαλύτερο χώρο, είτε συμβάλλουν, κατά μεγάλο βαθμό, στη ροή της ενέργειας ή στο ν κύκλο των ανόργανων στοιχείων, είτε ακόμη, κατά κάποιον άλλο τρόπο, μπορούν να ελέγχουν ή να επιδρούν πάνω στα υπόλοιπα μέλη της βιοκοινότητας. Μερικοί οικολόγοι έχουν δώσει τον κυρίαρχο ρόλο σ' όλους αυτούς τους οργανισμούς που είναι και αριθμητικά ανώτεροι, πλην όμως, δέχονται ότι η αφθονία από μόνη της δεν επαρκεί. Συχνά παρατηρείται ένα φυτικό είδος να εμφανίζει για παράδειγμα, μια ευρεία διάθρωση σε μια περιοχή, εντούτοις όμως, διαπιστώνεται ότι ασκεί μικρή επίδραση στο σύνολο της βιοκοινότητας. Σ' ένα δάσος, είναι φυσικό αλλά και λογικό συνάμα, τα μικρά σε μέγεθος δένδρα ή τα δένδρα του υπορόφου, να υπερτερούν αριθμητικά των μεγάλων ατόμων, η βιοκοινότητα όμως να ελέγχεται από μερικά μεγάλα άτομα τα οποία σκιάζουν τα μικρότερα. Σε μια τέτοια περίπτωση οι κυρίαρχοι οργανισμοί δεν είναι αυτοί που εμφανίζονται αριθμητικά περισσότερο αλλά εκείνοι που έχουν την μέγιστη βιομάζα ή αλλιώς, εκείνοι που καταλαμβάνουν κάτω από τη κομοστέγη μεγαλύτερο χώρο. Εκείνα που με τον τρόπο αυτό μπορούν και ελέγχουν την διάθρωση του φωτός. Οι οικολόγοι μετρούν τα κυρίαρχα αυτά είδη με βάση τη βιομάζα ή την οριζόντια προβολή της κομοστέγης στην επιφάνεια του εδάφους (basal area).

Η έννοια της κυριαρχίας συνοδεύεται συνήθως, και από μερικές άλλες διαπιστώσεις. Κατ' αρχήν, τα κυρίαρχα είδη μπορεί να μην είναι, από την έποψη της ροής της ενέργειας και του κύκλου των ανόργανων στοιχείων, τα πιο ουσιαστικά είδη στην βιοκοινότητα, μολονότι αυτό αποτελεί και τον κανόνα. Είναι όμως αδιαφιλονίκητο το γεγονός, ότι τα κυρίαρχα είδη «επιτυγχάνουν» να θεωρούνται κυρίαρχα, καταλαμβάνοντας τον χώρο της **οικοθέσης**, που κατά πάσα πιθανότητα ήταν δυνατό να είχε καταληφθεί από άλλα είδη στην βιοκοινότητα.

Μολονότι παρατηρούμε ότι τα κυρίαρχα είδη σχηματίζουν συχνά πληθυσμούς άλλων επιπέδων, η κυριαρχία αναγκαστικά, σχετίζεται με τα είδη που καταλαμβάνουν το αυτό επίπεδο. Εάν κάποιο είδος ή μια μικρή ομάδα ειδών πρόκειται να καταστεί κυρίαρχο, πρέπει να συσχετισθεί με ένα συνολικό πληθυσμό ειδών, τα οποία στο σύνολό τους, έχουν παρόμοιες οικολογικές απαιτήσεις. Ένα είδος ή μερικά είδη καθίστανται κυρίαρχα διότι είναι ικανά να εξαντλήσουν το εύρος των περιβαλλοντικών απαιτήσεων, με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα απ' ότι άλλα του ίδιου επιπέδου είδη. Τα **υποκυρίαρχα** (subdominants) ή αλλιώς τα δευτερεύοντα είδη, υπάρχουν διότι είναι

ικανά να καταλάβουν μια οικοθέση ή ένα τμήμα αυτής, το οποίο αδυνατούν να καταλάβουν τα κυρίαρχα. Συνεπώς, οι κυρίαρχοι οργανισμοί θεωρούνται και είναι, γενικευτές (generalists), με ένα μεγάλο εύρος φυσιολογικών ανοχών, ενώ τα υποκυρίαρχα τείνουν να είναι περισσότερο ειδικευτές (specialists) στις περιβαλλοντικές τους απαιτήσεις και περισσότερο περιορισμένα στις φυσιολογικές τους ανοχές.

Μέσα στο πλήθος των ειδών που συγκροτούν την βιοκοινότητα, μερικά είναι πολυπληθή και κάποια είναι σπάνια. Το χαρακτηριστικό αυτό μπορούμε εύκολα να το ανακαλύψουμε εάν σ' ένα αριθμό τεμαχίων μετρήσουμε όλα τα άτομα, είτε των διαφόρων φυτικών ειδών, είτε άλλων ζωικών οργανισμών, και στη συνέχεια καθορίσουμε την ποσοστιαία αναλογία του καθενός που συνθέτουν το σύνολο ή τη σχετική αφθονία.

Η αφθονία ή ο πλούτος (richness) των ειδών και η κανονικότητα ή ομοιομορφία (evenness) στην κατανομή των ατόμων μεταξύ των ειδών αποτελούν δύο ακόμη χαρακτηριστικά μιας βιοκοινότητας.

Οι δύο αυτές παράμετροι, αφθονία και κανονικότητα των ειδών, είναι πολύ χρήσιμες κατά την διαδικασία μέτρησης της ποικιλότητας των ειδών. Έτσι, μια βιοκοινότητα η οποία στη βλαστητική σύνθεση της περιλαμβάνει λίγα άτομα, πολλών όμως ειδών, παρουσιάζει υψηλότερη ποικιλότητα από αυτήν που θα παρουσίαζε μια βιοκοινότητα η οποία εμφανίζει τον ίδιο συνολικά αριθμό ατόμων αντίστοιχα, αλλά τα πλείστα εξ αυτών να καταχωρούνται σε λιγότερα είδη.

1.2.2.3. Δομή της βλάστησης

Ένα διακεκριμένο χαρακτηριστικό της φυτικής βιοκοινότητας είναι η **κατακόρυφη δομή** της, με τρόπο φυσικό αλλά και βιολογικό. Σε μεγάλο βαθμό, αυτή καθορίζεται από τη βιοτική μορφή των φυτών (μέγεθος, διακλάδωση και φύλλα), η οποία με τη σειρά της επηρεάζει αλλά και επηρεάζεται από την κατακόρυφη βαθμίδωση του φωτός.

Η κατακόρυφη δομή της φυτικής κοινότητας δημιουργεί τη φυσική δομή πάνω στην οποία πολλές μορφές του βίου των ζώων είναι προσαρμοσμένες να ζήσουν. Για παράδειγμα, ένα καλά αναπτυγμένο δασικό οικοσύστημα παρουσιάζει αρκετά στρώματα βλάστησης. Από την κορυφή προς την βάση εμφανίζονται κατά σειρά: η κομοστέγη, ο ανώροφος, ο μεσόροφος, ο υπόροφος (όροφος των θάμνων), ο χλωροτάπητας (ο όροφος των ποών) και ο ξηροτάπητας (το δασικό πάτωμα). Επίσης, θα μπορούσαμε να συνεχίσουμε, πηγαίνοντας προς τα κάτω στις ρίζες και στα εδαφικά στρώματα.

Η **κομοστέγη**, η πρωτεύουσα θέση δέσμευσης της ενέργειας, έχει μείζονα επίδραση στο υπόλοιπο δάσος. Εάν αυτή είναι αρκετά ανοικτή, τότε σημαντικές ποσότητες ηλιακού φωτός θα φτάσουν στα χαμηλότερα στρώματα και οι θάμνοι και οι στρωματώσεις του υπορόφου θα αναπτυχθούν σωστά. Εάν η κομοστέγη είναι κλειστή, τότε οι θάμνοι και ο υπόροφος ακόμη και τα στρώματα των ποών θα τύχουν μιας φτωχής ανάπτυξης.

Ο **υπόροφος** συνίσταται από ψηλούς θάμνους, όπως για παράδειγμα η αγράμπελη, από δένδρα του υπορόφου, όπως είναι η κρανιά (*Cornus mass*) και ο γάβρος (*Carpinus orientalis*) και από άλλα, νεότερα σε ηλικία δένδρα, μερικά από τα οποία είναι όμοια με τα άτομα του ανωρόφου. Είδη τα οποία αδυνατούν να αντέξουν στη σκιά και τον ανταγωνισμό θα χαθούν, ενώ προφανώς, άλλα θα φτάσουν στη κομοστέγη, αφού μερικά από τα ηλικιωμένα δένδρα θα ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο ή θα υλοτομηθούν.

Ο όροφος των θάμνων διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του δάσους. Στο σημείο αυτό θα ήταν δυνατό να παρατεθεί μια πληθώρα παραδειγμάτων των ειδών που αναπτύσσονται στον όροφο των θάμνων, θα περιοριστούμε όμως να αναφέρουμε ως παράδειγμα ότι, στις νότιες εκθέσεις των δρυοδασών, κάνουν χαρακτηριστική την παρουσία τους οι βάτοι.

Η φύση του **χλοοτάπητα** εξαρτάται από τις συνθήκες υγρασίας του εδάφους, τη θέση της πλαγιάς, την πυκνότητα του ανωρόφου και την έκθεση της πλαγιάς, συνθήκες οι οποίες μέσα σε μια δασική τοποθεσία ποικίλουν από θέση σε θέση.

Ο τελευταίος όροφος, ο **ξηροτάπητας**, είναι το μέρος όπου λαμβάνει χώρα η πολύ σημαντική διαδικασία της αποσύνθεσης και όπου τα θρεπτικά συστατικά απελευθερώνονται για να επαναχρησιμοποιηθούν.

Τα οικοσυστήματα, υδάτινα και χερσαία, έχουν παρόμοια βιολογική δομή. Κατέχουν ένα **αυτότροφο** στρώμα που συγκεντρώνεται εκεί όπου το φως είναι περισσότερο διαθέσιμο, το οποίο δεσμεύει την ενέργεια του ηλίου και κατασκευάζει τροφή από οργανικά συστατικά. Έτσι, το στρώμα αυτό στα δάση βρίσκεται στην κομοστέγη, στα ποολίβαδα στο όροφο των ποών, ενώ στις λίμνες και τις θάλασσες βρίσκεται στο ανώτερο στρώμα του ύδατος. Επίσης, τα οικοσυστήματα κατέχουν ένα **ετερότροφο** στρώμα που χρησιμοποιεί τροφή την οποία αποθηκεύουν οι αυτότροφοι οργανισμοί, μεταφέρει ενέργεια και κυκλοφορεί τα υλικά δια μέσου της φυτοφαγίας, της θήρευσης και σε ευρεία έννοια, της αποσύνθεσης.

Ο βαθμός της εγκάρσιας στρωμάτωσης επηρεάζει μεγάλως την ποικιλότητα της ζωής των ζώων στην βιοκοινότητα. Μια ισχυρή συσχέτιση υφίσταται μεταξύ της ποικιλότητας του ύψους του φυλλώματος και της ποικιλότητας των πουλιών. Καθώς αυξάνεται η εγκάρσια στρωμάτωση αυξάνεται και η διαθεσιμότητα των πόρων και του ζωτικού χώρου, ο οποίος επηρεάζει κατά κάποιο βαθμό την εξειδίκευση. Τα ποολίβαδα με τα δυο τους στρώματα, συντηρούν έξι ή επτά είδη πουλιών, είδη που όλα κάνουν τις φωλιές τους στο έδαφος. Ένα δάσος φυλλοβόλων της εύκρατης ζώνης μπορεί να συντηρήσει 30 και περισσότερα είδη, που θα καταλάβουν τα διάφορα στρώματα.

Περπατώντας κατά μήκος ενός παλιού αγρού, θα διέλθουμε μέσα από τεμάχια με αγρωστώδη, μάζες από ημίθαμνους, συμπλέγματα από βάτους, και από συνηρεφείς θαμνώνες με πουρνάρια και γάβρους. Συνεχίζουμε στο διπλανό δάσος και διασταυρωνόμαστε μέσα από ένα ανοικτό υπόροφο, με τμήματα από ανθεκτικά στη σκιά δάφνη (*Laurus nobilis*) και τα είδη του βιμπούρνου (*Viburnum* spp.), και φτάνουμε τελικά σε ανοίγματα του δάσους, όπου οι πυκνές λόχμες από νεόφυτα έχουν καταλάβει τα διάκενα. Παρατηρούμε ότι τα τμήματα της βλάστησης σχηματίζουν κατά μήκος του τοπίου μια γρήγορη χλωριδική εναλλαγή και δημιουργούν, διαφοροποιημένα στο χώρο, μια οριζόντια μορφή διαβάθμισης ή καλλίτερα ανομοιομορφίας, η οποία συνεισφέρει στην φυσική πολυπλοκότητα του περιβάλλοντος.

Η ανομοιότητα αυτή κατανομή των φυτών δείχνει επιδράσεις οι οποίες οφείλονται τόσο σε περιβαλλοντικούς όσο και βιολογικούς παράγοντες. Στις χερσαίες βιοκοινότητες, η δομή του εδάφους, η γονιμότητα του εδάφους, οι συνθήκες υγρασίας και η επίδραση της έκθεσης ως προς τον ορίζοντα επηρεάζουν την μικροκατανομή των φυτών. Μορφές φωτός και σκιάς δημιουργούν και σχηματίζουν την βλάστηση του υπορόφου. Απορροές και μικρές μεταβολές του ανάγλυφου και του μικροκλίματος δημιουργούν πλήρως διαμορφωμένες μορφές της ανάπτυξης των φυτών. Τα βόσκοντα ζώα δημιουργούν δυσδιάκριτα αλλά σημαντικά αποτελέσματα στις κατά χώρο μορφές της βλάστησης, όμοιες με αυτές που δημιουργούνται και από τις αβιοτικές διαταραχές, όπως είναι η απόληψη της βιομάζας και οι πυρκαγιές. Φυτά με αερομεταφερόμενους σπόρους είναι δυνατό να διανέμονται ευρύτατα, ενώ φυτά με βαρείς σπόρους ή με δεδηλωμένη βλαστητική αναπαραγωγή θα φυτρώσουν και θα φουντώσουν κοντά στα

μητρικά φυτά. Φυτά που παράγουν τοξίνες ή φυτά που δημιουργούν μεγάλη σκιά, καταπιέζουν μερικά φυτικά είδη και ενθαρρύνουν κάποια άλλα. Δεδηλωμένες οριζόντιες μορφές (zonations), δημιουργούνται εξαιτίας των διαφορών του κλίματος ή του εδάφους που εμποδίζουν την ήδη ριζωμένη βλάστηση. Τέτοιες ζωνικές διαμορφώσεις είναι περισσότερο ευδιάκριτες στα έλη και τις μικρές λίμνες. Τέλος, η οριζόντια πολυμορφία των φυτικών βιομορφών επηρεάζει την διανομή των ζωικών βιομορφών κατά μήκος του τοπίου.

1.2.2.4. Τροφική δομή

Μέσα σε μια κοινότητα κάθε είδος έχει τις διατροφικές του ανάγκες. Ο τρόπος με τον οποίο οι ανάγκες αυτές ικανοποιούνται απέναντι στα υπόλοιπα είδη καθορίζεται από τη δομή των διατροφικών σχέσεων. Η δομή αυτή ονομάζεται **τροφική δομή** (trophic structure) της κοινότητας. Τα φυτά αποτελούν τον ακρογωνιαίο λίθο της τροφικής δομής κάθε κοινότητας, λόγω της ικανότητάς τους να συλλαμβάνουν την ηλιακή ενέργεια και να την μετατρέπουν, μέσω της φωτοσύνθεσης, σε αποθηκευμένη χημική ενέργεια με τη μορφή της **βιομάζας** (biomass), η οποία στη συνέχεια χρησιμοποιείται ως τροφή για τα άλλα είδη. Εξ αιτίας του διατροφικού αυτού ρόλου τα φυτά καλούνται και **παραγωγοί**. Φυσιολογικά, τα φυτά κατατάσσονται στους **αυτότροφους** (οργανισμούς) επειδή ικανοποιούν τις ενεργειακές τους ανάγκες χωρίς να θηρεύουν εις βάρος άλλων οργανισμών (**Πίνακας 1.1**).

Πίνακας 1.1. Τα τροφικά επίπεδα και οι ρόλοι στην κοινότητα

Τύπος οργανισμού	Τροφικός ρόλος	Τροφικό επίπεδο	Φυσιολογική ταξινόμηση
Φυτά	Παραγωγοί	Πρώτο	Αυτότροφοι
Φυτοφάγοι	Καταναλωτές πρώτου βαθμού	Δεύτερο	Ετερότροφοι
Θηρευτές παράσιτα	και Καταναλωτές δεύτερου (και ανώτερου) βαθμού	Τρίτο και υψηλότερο	Ετερότροφοι

Η βιομάζα που παράγεται από τα φυτά καθίσταται διαθέσιμη για να χρησιμοποιηθεί από τους καταναλωτές της κοινότητας. Στους καταναλωτές συμπεριλαμβάνονται οι **φυτοφάγοι** (οργανισμοί), οι οποίοι μετατρέπουν την φυτική βιομάζα σε ζωική βιομάζα, οι **θηρευτές** και τα **παράσιτα**, οι οποίοι θηρεύουν τους φυτοφάγους και άλλους θηρευτές και τα **παρασιτοειδή**, οι οποίοι θηρεύουν τους θηρευτές και τα παράσιτα. Όλοι οι καταναλωτές ταξινομούνται ως **ετερότροφοι** (οργανισμοί) διότι οι διατροφικές τους ανάγκες ικανοποιούνται με την κατανάλωση άλλων οργανισμών.

Κάθε επίπεδο κατανάλωσης θεωρείται ότι αποτελεί ένα διαφορετικό **τροφικό επίπεδο**. Οι τροφικές σχέσεις μεταξύ των ειδών μιας κοινότητας μπορεί να αποδοθούν με τη μορφή μιας τροφικής αλυσίδας ή ενός τροφικού δικτύου, ανάλογα με την πολυπλοκότητά τους. Όπως θα δούμε άλλωστε στη συνέχεια, οι τροφικές σχέσεις είναι δυνατό να καταστούν απολύτως πολύπλοκες, ταυτόχρονα όμως, είναι σπουδαίας σημασίας για τις διαδικασίες του αγροοικοσυστήματος, όπως για παράδειγμα στη διαχείριση των επιβλαβών ειδών και των ασθενειών.

1.2.2.5. Σταθερότητα, αντίσταση και ευστάθεια

Η φυσική διαταραχή αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της κανονικής λειτουργίας όλων των οικοσυστημάτων, πλην όμως αυτά διαφέρουν, ανάλογα με τον βαθμό της σταθερότητας και της ευστάθειας την οποία κάθε φορά επιδεικνύουν. Άλλωστε, τόσο η σταθερότητα όσο και η ευστάθεια αποτελούν τις λέξεις κλειδιά για τον τρόπο με τον οποίο τα συστήματα αυτά θα ανταποκριθούν στις ανθρώπινες παρεμβάσεις και στις φυσικές διαταραχές.

Σταθερότητα (stability) είναι η τάση ή το μέτρο ενός οικοσυστήματος να φτάσει και να διατηρηθεί σε μια κατάσταση ισορροπίας, είτε αυτή θα είναι μια μόνιμη και σταθερή κατάσταση, είτε θα αποτελεί μια σταθερή ταλάντωση, αντιμετωπίζοντας μια διαταραχή. Εάν το σύστημα είναι άκρως σταθερό, τότε ανθίσταται στην εκκίνηση από μια σταθερή κατάσταση, και εάν είναι διαταραγμένο, ανακάμπτει τάχιστα.

Η σταθερότητα δύναται να είναι τοπική αλλά μπορεί να είναι και καθολική. Ως **τοπική σταθερότητα** χαρακτηρίζεται η τάση ενός συστήματος να επιστρέφει στην αρχική του κατάσταση, όταν έχει ήδη υποστεί μια μικρή διαταραχή. Διάκενα δασών τα οποία αναδασώνονται με τα ίδια είδη δένδρων που περιβάλλουν το διάκενο, θεωρούνται ως απλά παραδείγματα της τοπικής σταθερότητας. Ως **καθολική σταθερότητα** θεωρούμε εκείνη την τάση του οικοσυστήματος στην προσπάθειά του να επανέλθει στην αρχική του κατάσταση, στην περίπτωση που αυτό έχει υποστεί μια μεγάλης κλίμακας διαταραχή. Τα δάση των ευκαλύπτων της Αυστραλίας, τα δάση των αειφύλλων της Καλιφόρνιας (chaparral) και οι μεσογειακοί φρυγανώνες, οι οποίοι, αμέσως μετά την φυσική πυρκαγιά, τάχιστα επιστρέφουν στην αρχική τους κατάσταση και την πρότερη χλωριδική τους σύνθεση, αντιπροσωπεύουν μερικά από τα κλασσικά παραδείγματα της καθολικής σταθερότητας. Τα συστήματα αυτά εμφανίζουν χαμηλή μεταβλητότητα και ισχυρή αντίσταση στις αλλαγές.

Ως τα πλέον ανθεκτικά στις διαδοχικές αλλαγές θεωρούνται εκείνα τα οικοσυστήματα τα οποία έχουν να παρουσιάσουν μια χαρακτηριστικά μεγάλη βιοτική δομή. Ένα δάσος είναι σχετικά ανθεκτικό σε μια διαταραχή. Μπορεί και αντεπεξέρχεται τις περιβαλλοντικές διαταραχές όπως είναι, οι απότομες θερμοκρασιακές αλλαγές, η ξηρασία, και οι επιδρομές εντόμων. Ένας όψιμος ανοιξιάτικος παγετός μπορεί να θανατώσει τα νέα φύλλα των δένδρων, αλλά το δάσος αντλεί από τα ενεργειακά του αποθέματα για να αντικαταστήσει την χαμένη ανάπτυξη των φύλλων. Τουναντίον, εάν το δάσος υποστεί μεγάλης κλίμακας διαταραχή, είτε λόγω υλοτομικών επεμβάσεων, είτε λόγω φυσικής πυρκαγιάς, η επιστροφή στην αρχική του κατάσταση θα είναι αργή. Το σύστημα εμφανίζει χαμηλή ελαστικότητα (ανάκαμψη).

Τα δύο συστατικά της σταθερότητας αποτελούν η αντίσταση και η ευστάθεια. Η **αντίσταση** (resistance) περιγράφει την ικανότητα ενός οικοσυστήματος να αποφεύγει τις μεταβολές, όταν ένας συγκεκριμένος τύπος, συχνότητα ή μέγεθος διαταραχής επισυμβεί (Begon και συνεργάτες 1986). Η **ευστάθεια ή η ελαστικότητα** (resilience), περιγράφει την ταχύτητα με την οποία ένα οικοσύστημα επιστρέφει στην προ της διαταραχής κατάσταση, αφού έχει ήδη υποστεί κάποια μεταβολή και αποτελεί το μέτρο της ικανότητας του οικοσυστήματος να απορροφά αλλαγές και να παραμένει ακόμη αμετάβλητο. Θεωρείται δηλαδή η ευστάθεια, ως η **ικανότητα του οικοσυστήματος να διατηρεί την δομή του και το πρότυπο συμπεριφοράς του στην εμφάνιση μιας διαταραχής** (Hollings 1973). Ελαστικότητα δεν σημαίνει υψηλή σταθερότητα των καθέκαστα πληθυσμών του οικοσυστήματος. Άλλωστε, μέσα στο οικοσύστημα οι πληθυσμοί δύνανται ευρέως να αυξομειώνονται, ανταποκρινόμενοι στις

περιβαλλοντικές αλλαγές. Το σύστημα μπορεί να παρουσιάζει υψηλού επιπέδου ευστάθεια, να εμφανίζει όμως χαμηλή σταθερότητα.

Στη συνέχεια, και για να αντιληφθούμε καλύτερα τα όσα παραπάνω εκθέσαμε, παρατίθεται το συγκεκριμένο παράδειγμα. Σε ένα μικτό δάσος ελάτης και οξιάς της Βόρειας Αμερικής, οι πληθυσμοί εντόμων τα οποία προσβάλλουν την ερυθρελάτη (spruce budworm) αυξάνονται τάχιστα κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, διαφεύγουν του ελέγχου από το η θηρευτές ή τα παράσιτα και τρέφονται από την οξιά, νεκρώνοντας πολλά άτομα αυτής. Αφήνουν όμως, άθικτα τα άτομα της ελάτης και της σημύδας τα οποία δεν προσβάλλονται από αυτά. Μετά την κατάρρευση του πληθυσμού του εντόμου, αφού εξάντλησε τα αποθέματα τροφής, νέα άτομα οξιάς επανεμφανίζονται και αποκτούν τη μορφή πυκνών, μικτών με ελάτη και σημύδα, συστάδων. Η οξιά, μεταξύ των εξάρσεων των επιδημιών των εντόμων, ανταγωνίζεται ικανοποιητικά την ελάτη και τη σημύδα, κατά την διάρκεια όμως αυτών, τα τελευταία είδη ευνοούνται εις βάρος της οξιάς. Οι αντιδράσεις αυτές μεταξύ των πληθυσμών των εντόμων, της οξιάς της ελάτης και της σημύδας διατηρούν την **ομοιόσταση** του συστήματος. Το μικτό δάσος ελάτης – οξιάς είναι ευσταθές, παρότι τα πληθυσμιακά του στοιχεία εμφανίζουν χαμηλή σταθερότητα (Smith 1992).

Οι προσπάθειες των ανθρώπων να αντιπαρατεθούν με τις φυσικές διαταραχές με σκοπό να ελαττώσουν την ποικιλότητα στα φυσικά συστήματα μπορούν να εμπλακούν με τις διαταραχές της φύσης και να ελαττώσουν την μεταβλητότητα στα φυσικά (οικο)συστήματα, η οποία μπορεί να πυροδοτήσει ή να δημιουργήσει νέα απρόβλεπτα προβλήματα. Για παράδειγμα, οι ψεκασμοί και τα άλλα συναφή μέσα, ενώ αρχικά ελαττώνουν τους πληθυσμούς των εντόμων, στη συνέχεια όμως, επιτρέπουν την οικοδόμηση και την παραμονή του φυλλώματος σε μεγάλες περιοχές, παρέχοντας εκείνες τις συνθήκες για μια τεράστια έκρηξη της επιδημίας (μελλοντική προσβολή). Επίσης, συσσώρευση καύσιμης ύλης, η οποία θα μπορούσε να είχε καεί σε μικρές, επιφανειακές πυρκαγιές, δημιουργεί συνθήκες για την εκδήλωση καταστροφικών πυρκαγιών, μεγάλης έκτασης.

1.3. Η λειτουργία των φυσικών οικοσυστημάτων

Η λειτουργία του οικοσυστήματος αναφέρεται στις δυναμικές διαδικασίες που συμβαίνουν μέσα στο οικοσύστημα. Εκφράζει την κίνηση των υλικών και της ενέργειας και τις αλληλεπιδράσεις και αντιδράσεις των οργανισμών αλλά και των υλικών μέσα στο σύστημα. Η κατανόηση των διαδικασιών αυτών είναι κεφαλαιώδους σημασίας, έτσι ώστε, να οδηγηθούμε στις έννοιες της δυναμικής του οικοσυστήματος, την αποτελεσματικότητα, την παραγωγικότητα και την ανάπτυξη, ιδιαίτερα των αγροοικοσυστημάτων, στα οποία η λειτουργία μπορεί να καθορίσει τη διαφορά ανάμεσα στην επιτυχία και την αποτυχία της συγκεκριμένης φυτικής παραγωγής ή της διαχειριστικής πρακτικής.

Οι δύο σπουδαιότερες διαδικασίες που επικρατούν σε οποιοδήποτε οικοσύστημα είναι η ροή της ενέργειας ανάμεσα στα μέρη του οικοσυστήματος και η ροή (ανακύκλωση) των θρεπτικών στοιχείων.

1.3.1. Η ροή της ενέργειας

Μέσα στο οικοσύστημα, κάθε ανεξάρτητος οργανισμός χρησιμοποιεί σταθερά την ενέργεια για να διεκπεραιώσει τις φυσιολογικές του διαδικασίες και οι ενεργειακοί του πόροι πρέπει να ανανεώνονται σταθερά. Έτσι λοιπόν, την ενέργεια σε ένα

οικοσύστημα θα μπορούσαμε να την παρομοιάσουμε με την οικιακή ηλεκτρική ενέργεια. Ρέει σταθερά στο σύστημα από έξωθεν προερχόμενη πηγή, τροφοδοτώντας τις βασικές λειτουργίες. Η ροή της ενέργειας σε ένα οικοσύστημα συνδέεται άμεσα με την τροφική του δομή. Όταν όμως εξετάζουμε τη ροή της ενέργειας, περισσότερο εστιάζουμε την προσοχή μας στις πηγές της ενέργειας και την κίνηση αυτής μέσα στη δομή, παρά σ' αυτή καθαυτή τη δομή.

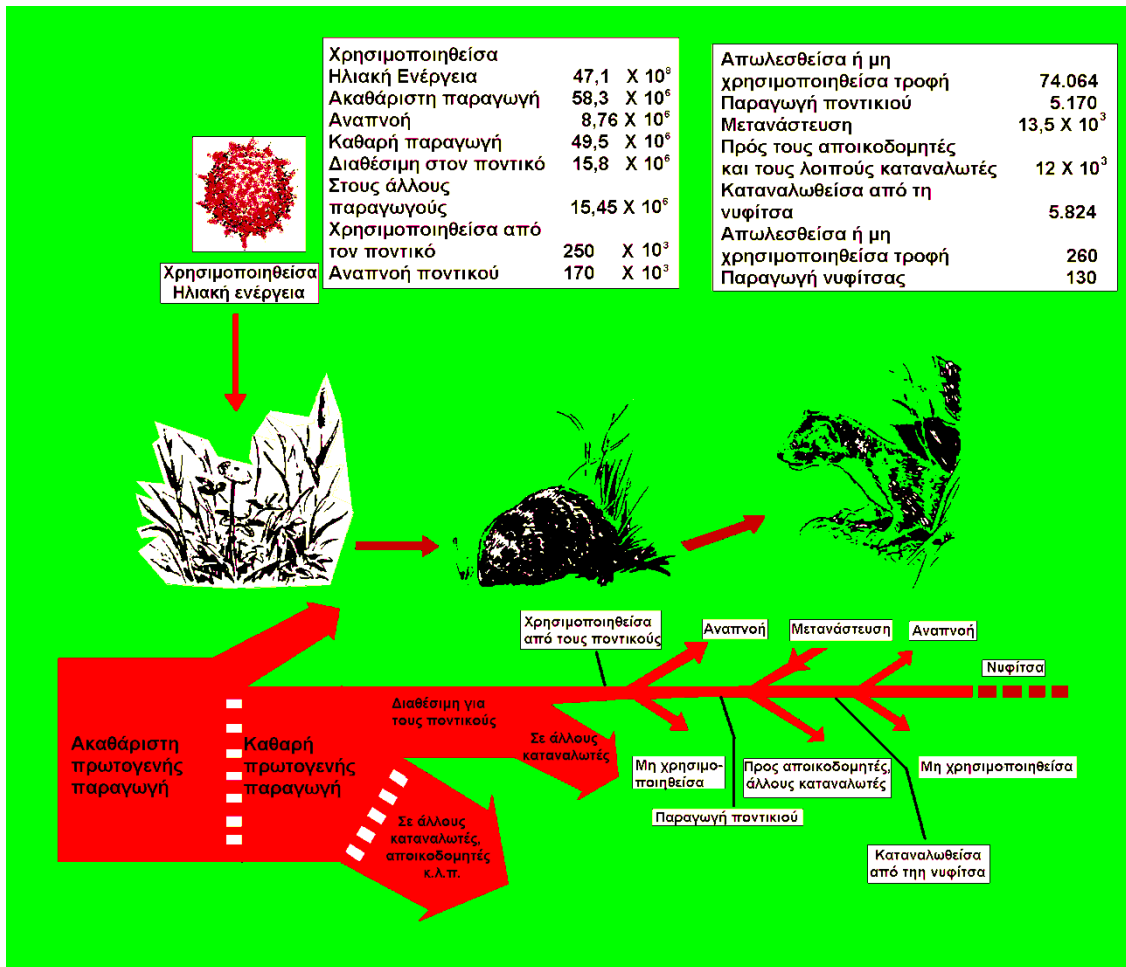
Η ενέργεια ρέει στο οικοσύστημα ως αποτέλεσμα της σύλληψης της ηλιακής ενέργειας από τα φυτά, τους παραγωγούς του συστήματος. Η ενέργεια αυτή αποθηκεύεται στους χημικούς δεσμούς της βιομάζας που παράγουν τα φυτά. Η ικανότητα των οικοσυστημάτων να μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα ποικίλει. Σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, μπορούμε να μετρήσουμε τη συνολική ποσότητα ενέργειας την οποία αποδίδουν τα φυτά στο σύστημα, υπολογίζοντας την ιστάμενη ποσότητα της βιομάζας των φυτών στο σύστημα. Μπορούμε επίσης, να μετρήσουμε το ρυθμό της μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε βιομάζα. Είναι αυτό που ονομάζουμε **συνολική πρωτογενής παραγωγικότητα** (net primary productivity), οποία συνήθως εκφράζεται με το μέτρο χλιοθερμίδες ανά τετραγωνικό μέτρο ανά έτος. Όταν από την συνολική πρωτογενής παραγωγικότητα, αφαιρεθεί η ενέργεια την οποία χρησιμοποιούν τα φυτά για να συντηρηθούν, τότε επιτυγχάνεται η **καθαρή πρωτογενής παραγωγικότητα του οικοσυστήματος**.

Οι φυτοφάγοι οργανισμοί (καταναλωτές πρώτου βαθμού), καταναλώνουν την βιομάζα των φυτών και την μετατρέπουν σε ζωική βιομάζα, ενώ οι θηρευτές και τα παράσιτα (δεύτερου ή υψηλότερου βαθμού καταναλωτές), οι οποίοι θηρεύουν τους φυτοφάγους οργανισμούς και όχι μόνο, συνεχίζουν την διαδικασία μετατροπής της βιομάζας μέσα από τα τροφικά επίπεδα. Αυτός άλλωστε, είναι και ο λόγος γιατί μια τεράστια ποσότητα ενέργειας εξαντλείται στη συντήρηση των οργανισμών κάθε τροφικού επιπέδου, ποσότητα η οποία προσεγγίζει το 90% της αναλωνόμενης ενέργειας. Επιπλέον, σε κάθε επίπεδο μια μεγάλη ποσότητα βιομάζας δεν καταναλώνεται ή κάποια, από αυτή που καταναλώνεται, δεν πέπτει πλήρως. Η βιομάζα αυτή, με τη μορφή νεκρών οργανισμών ή κοπράνων, αποσυντίθεται στη συνέχεια από τους **καταναλωτές οργανικών συντριμμάτων** (detritivores) και τους **αποικοδομητές** (αποσυνθετικοί παράγοντες = decomposers). Με τη διαδικασία της αποικοδόμησης απελευθερώνεται, με τη μορφή θερμότητας, το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που οδεύει προς τη δημιουργία της βιομάζας και η παραμένουσα βιομάζα επιστρέφει στο έδαφος, υπό μορφή οργανικής ουσίας.

Στα φυσικά οικοσυστήματα, η ενέργεια που εγκαταλείπει το σύστημα έχει, ως επί το πλείστον, τη μορφή της θερμότητας, γενεσιουργός αιτία της οποίας αποτελεί εν μέρει η αναπνοή των οργανισμών στα ποικίλα τροφικά επίπεδα και εν μέρει η αποικοδόμηση της βιομάζας. Οι υπόλοιπες μορφές ενεργειακής απώλειας είναι πολύ μικρές. Η συνολική ενεργειακή απώλεια ενός οικοσυστήματος ισοσκελίζεται, συνήθως, από τις ενεργειακές εισροές που έχο υν προέλευση τα φυτά, καθώς αυτά είναι οι οργανισμοί που συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια.

Η διερχόμενη μέσα από τις φυσικές τροφικές αλυσίδες ροή της ενέργειας είναι δύσκολο να μελετηθεί. Ένα μοντέλο ροής της ενέργειας το οποίο έχει μελετηθεί με πολύ προσοχή είναι αυτό που αφορά την βλάστηση ενός εγκαταλελειμμένου αγρού, τον ποντικό των λιβαδιών και την νυφίτσα (**Εικόνα 1.2**). Ο ποντικός είναι αποκλειστικά σχεδόν φυτοφάγος και η νυφίτσα επιβιώνει τρεφόμενη κυρίως από το ν ποντικό. Σύμφωνα με τις μετρήσεις του μοντέλου, η βλάστηση μετατρέπει το 1% περίπου της ηλιακής ενέργειας σε καθαρή παραγωγή ή φυτικούς ιστούς. Οι ποντικοί καταναλώνουν το 2% περίπου της φυτικής τροφής που είναι διαθέσιμη γι αυτούς και οι νυφίτσες το 31% περίπου των ποντικών. Από την ενέργεια που αφομοιώνεται χάνο υν, μέσω της

αναπνοής, τα φυτά το 15% περίπου, οι ποντικοί το 68% και οι νυφίτσες το 93%. Εδώ, αξίζει να παρατηρήσουμε ότι, οι νυφίτσες χρησιμοποιούν σε τέτοιο βαθμό την ενέργεια που αφομοιώνουν, ώστε, ένας σαρκοφάγος οργανισμός που θηρεύει μόνο νυφίτσες δεν είναι ικανός να επιβιώσει (Golley 1960).



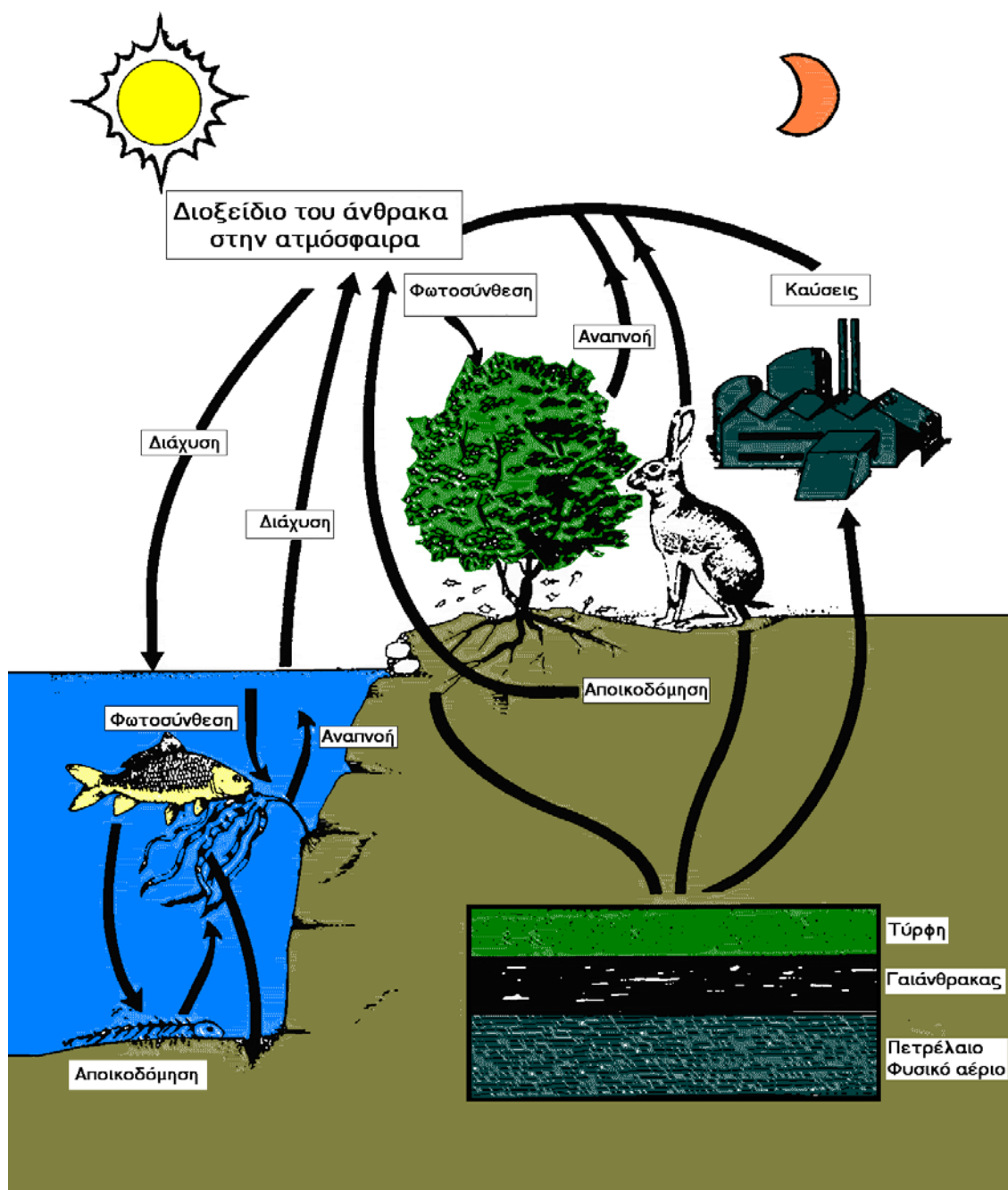
Εικόνα 1.2. Η ροή της ενέργειας μέσω μιας τροφικής αλυσίδας σε ένα εγκαταλελειμμένο αγρό. Τα σχετικά μεγέθη των βελών υποδηλώνουν την ποσότητα της ενεργείας τα οποία ρέουν μέσα από κάθε διάλυο.

Πηγή: Προσαρμογή από τον Golley (1960).

1.3.2. Η ροή των θρεπτικών στοιχείων

Οι οργανισμοί, για να συντηρούν τις λειτουργίες της ζωής τους έχουν ανάγκη, εκτός από την ενέργεια, και από τις εισροές των θρεπτικών στοιχείων. Τα θρεπτικά αυτά στοιχεία, που περιέχουν μια ποικιλία κρίσιμων στοιχείων και συστατικών, χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία των κυττάρων και των ιστών και του συνόλου των οργανικών μορίων που απαιτούνται για τη λειτουργία των κυττάρων και του οργανισμού. Στα οικοσυστήματα, η ροή των θρεπτικών στοιχείων συνδέεται εμφανώς με τη ροή της ενέργειας, καθώς η μεταφερόμενη ανάμεσα στα τροφικά επίπεδα βιομάζα εμπεριέχει αφενός μεν ενέργεια στους χημικούς δεσμούς και αφετέρου υλικά που χρησιμοποιούνται ως θρεπτικά στοιχεία. Η ενέργεια όμως, ρέει με μονοσήμαντη κατεύθυνση και μόνο μέσα από τα οικοσυστήματα. Η κατεύθυνση αυτή είναι: **ήλιος, παραγωγοί, καταναλωτές, περιβάλλον**. Αντιθέτως, τα θρεπτικά στοιχεία ανακυκλώνονται μέσα από τα αβιοτικά συστατικά του οικοσυστήματος προς τα

αβιοτικά μέρη αυτού και ξανά πάλι πίσω στα βιοτικά μέρη. Επειδή στους κύκλους αυτούς εμπλέκονται τόσο τα βιοτικά όσο και τα αβιοτικά μέρη των οικοσυστημάτων, αναφερόμεθα σ' αυτούς με τον όρο **βιογεωχημικοί κύκλοι** (biogeochemical cycles).

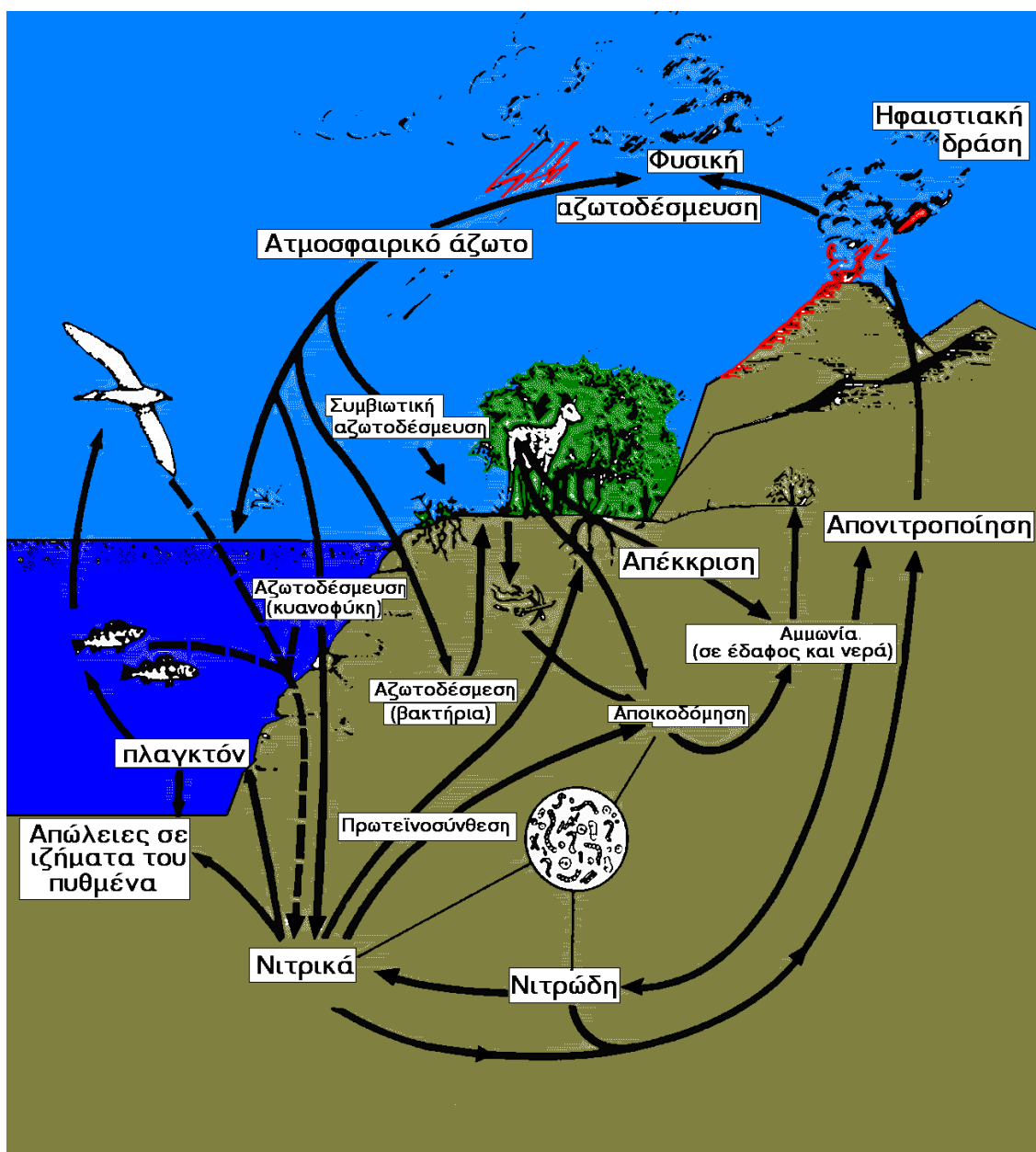


Εικόνα 1.3. Ο κύκλος του άνθρακα.

Πηγή: Προσαρμογή από τους Βώκου και συνεργάτες (1986).

Ως σύνολο, οι βιογεωχημικοί κύκλοι είναι πολύπλοκοι και αλληλοσυνδεδεμένοι και εκτός αυτού, πολλοί συμβαίνουν σε παγκόσμιο επίπεδο, καταστάσεις που υπερβαίνουν τα ανεξάρτητα και μεμονωμένα οικοσυστήματα. Πολλά θρεπτικά στοιχεία ανακυκλώνονται μέσα από τα οικοσυστήματα. Τα πλέον σημαντικά είναι ο άνθρακας (C), το άζωτο (N), το οξυγόνο (O), ο φωσφόρος (P), το θείο (S) και το νερό (H₂O). Με την εξαίρεση του νερού, κάθε ένα από τα υπόλοιπα είναι γνωστά ως **μακροστοιχεία**

(macronutrient). Κάθε θρεπτικό στοιχείο έχει μια συγκεκριμένη διαδρομή μέσα στο οικοσύστημα, ανάλογα με το ντύπο του στο χείου και την τροφική δομή του οικοσυστήματος.

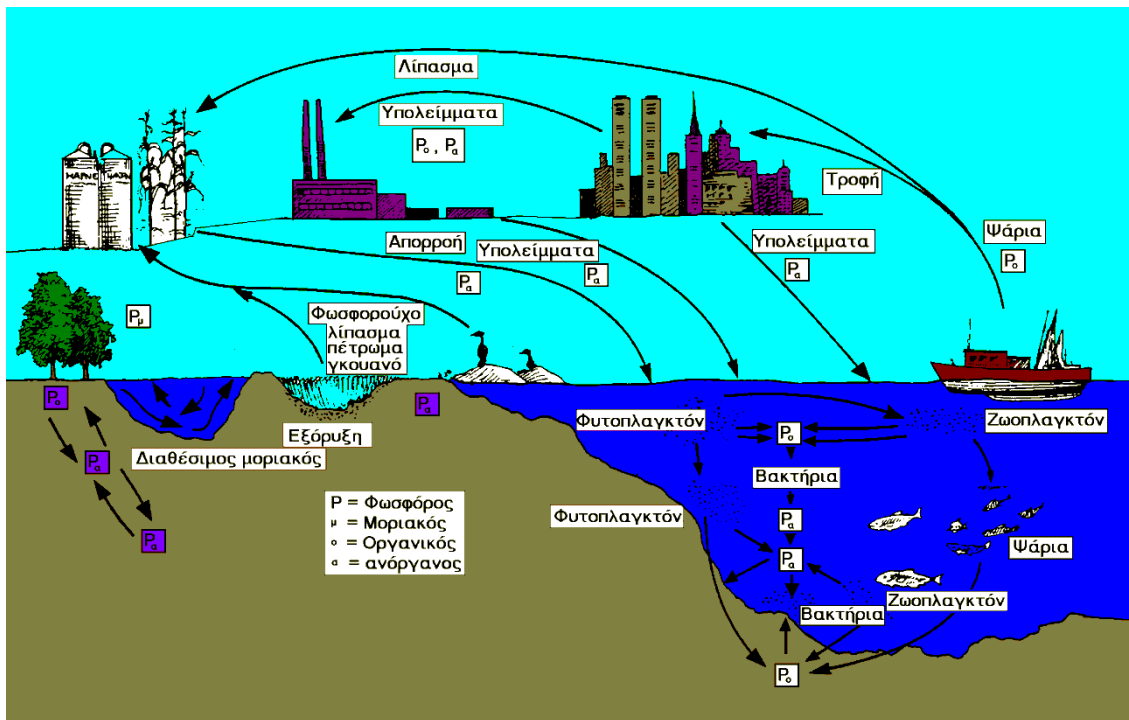


Εικόνα 1.4. Ο κύκλος του αζώτου.

Πηγή: Προσαρμογή από τους Βώκου και συνεργάτες (1986).

Σε γενικές γραμμές όμως, αναγνωρίζονται δυο κύριοι τύποι βιογεωχημικών κύκλων. Ο πρώτος τύπος αφορά τον άνθρακα, το οξυγόνο και το άζωτο, και οι λειτουργίες της ατμόσφαιρας ως ο πρωταρχικός αβιοτικός ταμιευτήρας, προσδίδουν στους κύκλους των στοιχείων αυτών ένα παγκόσμιο χαρακτήρα. Για παράδειγμα, ένα μόριο διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται στον αέρα από ένα οργανισμό σε μια τοποθεσία, μπορεί από ένα φυτό να προσληφθεί σε κάποια άλλη τοποθεσία του πλανήτη. Ο δεύτερος τύπος αφορά τα λιγότερο κινητικά στοιχεία, όπως ο φωσφόρος, το θείο, το ασβέστιο, το κάλιο και τα περισσότερα από τα ιχνοστοιχεία, τα οποία ανακυκλώνονται ως επί το πλείστον τοπικά και το έδαφος αποτελεί τον πρωταρχικό

αβιοτικό ταμιευτήρα τους. Τα θρεπτικά στοιχεία προσλαμβάνονται από τις ρίζες των φυτών, αποθηκεύονται για μια χρονική περίοδο στη βιομάζα και τελικά επιστρέφουν στο έδαφος μέσα στο ίδιο οικοσύστημα από τους αποικοδομητές.



Εικόνα 1.5. Ο κύκλος του φωσφόρου.

Πηγή: Προσαρμογή από τον Smith (1992).

Κάποια θρεπτικά στοιχεία υπάρχουν σε μορφές άμεσα διαθέσιμες για τους οργανισμούς. Ο άνθρακας είναι ένα καλό παράδειγμα ενός τέτοιου υλικού. Αυτός μετακινείται ανάμεσα στην αβιοτική μορφή του ατμοσφαιρικού ταμιευτήρα προς μια βιοτική μορφή στην ύλη του φυτού ή του ζώου και ανακυκλώνεται μεταξύ της ατμοσφαιράς, ως διοξείδιο του άνθρακα και της βιομάζας, ως πολύπλοκοι υδρογονάνθρακες. Ο άνθρακας αναλώνει μεγάλο χρόνο στη ζωντανή ή τη νεκρή οργανική ουσία ή το χούμο του εδάφους, αλλά επιστρέφει πριν ανακυκλωθεί, στον ατμοσφαιρικό ταμιευτήρα, ως διοξείδιο του άνθρακα. Συγχρόνως με τις διαδικασίες αυτές, και για να εξοικονομηθεί η απαραίτητη ενέργεια για την ολοκλήρωση των μετασχηματισμών, όλοι οι οργανισμοί αναπνέουν, ελευθερώνοντας άνθρακα στην ατμόσφαιρα, με τη μορφή του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2). Αλλά και ο περιεχόμενος στα περιττώματα των ζώων και τους ιστούς των νεκρών οργανισμών άνθρακας, πάλι με τη μορφή διοξειδίου του άνθρακα, απελευθερώνεται, ύστερα από τη συντονισμένη δράση των αποικοδομητών, οι οποίοι ουσιαστικά και κλείνουν τον κύκλο κάνοντας τον άνθρακα διαθέσιμο ξανά στα φυτά (**Εικόνα 1.3**).

Στον ατμοσφαιρικό ταμιευτήρα, τα θρεπτικά στοιχεία υπάρχουν σε μορφές οι οποίες είναι πολύ λιγότερο άμεσα διαθέσιμες για κάποια άλλη μορφή, πριν αυτή χρησιμοποιηθεί. Ένα καλό παράδειγμα αποτελεί το ατμοσφαιρικό άζωτο (N_2) (**Εικόνα 1.4**). Η μετατροπή του μοριακού αζώτου (N_2) σε αμμωνία (NH_3), μέσω της βιολογικής δέσμευσης από τους μικροοργανισμούς, αποτελεί την αρχή της διαδικασίας με την οποία το άζωτο καθίσταται διαθέσιμο για τα φυτά. Μόλις ενσωματώνεται στη φυτική βιομάζα, το «δεσμευμένο» άζωτο μπορεί να καταστεί τμήμα του εδαφικού ταμιευτήρα και τελικά να προσληφθεί ξανά από τις ρίζες των φυτών ως νιτρικό (NO_3). Όσο καιρό το εδαφικά ανακυκλούμενο άζωτο δεν μετατρέπεται σε αέρια μορφή N_2 ή δεν χάνεται

ως πτητική αμμωνία ή πτητικά οξείδια του αζώτου, μπορεί να ανακυκλωθεί μέσα στο οικοσύστημα. Την αγροοικολογική σημασία των βιοτικών αλληλεπιδράσεων που εμπλέκονται στον κύκλο του αζώτου θα τις εξετάσουμε λεπτομερώς στο **Δέκατο Έβδομο Κεφάλαιο**.

Ο φωσφόρος δεν παρουσιάζει σημαντική αέρια μορφή. Στο έδαφος προστίθεται αργά, μετά από αποσάθρωση των πετρωμάτων και παραμένει σ' αυτό μέχρις ότου προσληφθεί από τα φυτά. Στη συνέχεια αποτελεί τμήμα της ιστάμενης καλλιέργειας ή επιστρέφει στο έδαφος με την έκκριση ή την αποσύνθεση. Στα οικοσυστήματα η ανακύκλωση αυτή, ανάμεσα στους οργανισμούς και το έδαφος, τείνει κατά τόπους να είναι πολύ περιορισμένη, εκτός βεβαίως από το φώσφορο, ο οποίος αποπλένεται στα υπόγεια νερά και οδεύει εκτός των οικοσυστημάτων, εάν ήδη, δεν έχει απορροφηθεί ή δεν έχει δεσμευτεί και δεν έχει καταλήξει στις μεγάλες υδάτινες επιφάνειες. Όταν ο φωσφόρος εναποτεθεί στη θάλασσα, ο χρόνος που απαιτείται για να ανακυκλωθεί και να επιστρέψει στα χερσαία συστήματα, ανήκει στο γεωλογικό βασίλειο και από αυτό προκύπτει η σημασία των περιορισμένων τοπικά κύκλων που διατηρούν το φωσφόρο στο οικοσύστημα (**Εικόνα 1.5**).

Στο οικοσύστημα, για να αναπτυχθούν τα φυτά πρέπει να υπάρχουν και να είναι διαθέσιμα μαζί με τα μακροστοιχεία, ένας αριθμός άλλων χημικών στοιχείων. Αυτά όμως, είναι πολύ μεγάλης σημασίας για τους ζωντανούς οργανισμούς, παρότι είναι απαραίτητα σε πολύ μικρές ποσότητες. Στα στοιχεία αυτά περιλαμβάνονται ο σίδηρος (Fe), το μαγνήσιο (Mn), το κοβάλτιο (Co), το βόριο (B), ο ψευδάργυρος (Zn) και τα μολυβδαίνιο (Mo). Καθένα από τα στοιχεία αυτά είναι γνωστό και ως **μικροστοιχείο** (micronutrient).

Αμφότεροι οι τύποι των θρεπτικών στοιχείων προσλαμβάνονται από τους οργανισμούς και αποθηκεύονται στη ζώσα και τη νεκρή βιομάζα ή την ανόργανη ουσία. Εάν από ένα συγκεκριμένο σύστημα χάνεται ή απομακρύνεται μεγάλη ποσότητα από ένα θρεπτικό στοιχείο, αυτό καθίσταται ανεπαρκές για την περαιτέρω αύξηση και ανάπτυξη. Τα βιολογικά συστατικά κάθε συστήματος είναι πολύ σημαντικά για να καθορίσουν την αποτελεσματική κίνηση των θρεπτικών στοιχείων, διασφαλίζοντας την απώλεια μιας ελάχιστης ποσότητας και ανακυκλώνοντας μια μέγιστη.

1.3.3. Ρύθμιση των πληθυσμών

Οι πληθυσμοί παρουσιάζουν μια συγκεκριμένη δυναμική, δεδομένου ότι το μέγεθός τους και οι ανεξάρτητοι οργανισμοί που τους συνθέτουν w συν w χρόν w μεταβάλλονται. Τα δημογραφικά στοιχεία κάθε πληθυσμού είναι μια λειτουργία των ρυθμών των γεννήσεων και των θανάτων των ειδών, του ρυθμού αύξησης και μείωσης του πληθυσμού και της χωροϊκανότητας του περιβάλλοντος στο οποίο διαβιών. Το μέγεθος κάθε πληθυσμού, σε σχέση με τους άλλους πληθυσμούς του οικοσυστήματος, καθορίζεται επίσης, από τις αλληλεπιδράσεις του πληθυσμού αυτού με τους άλλους πληθυσμούς και το περιβάλλον. Ένα είδος, με ένα ευρύ σύνολο ανοχών στις περιβαλλοντικές συνθήκες και μια ευρεία ικανότητα να αλληλεπιδρά με άλλα είδη, θα είναι σχετικά σύνηθες σε μια μεγάλη περιοχή. Αντιθέτως, ένα είδος με ένα στενό σύνολο ανοχών και ένα πολύ εξειδικευμένο ρόλο στο σύστημα, θα είναι σχετικά σύνηθες σε τοπικό επίπεδο.

Το αποτέλεσμα της κάθε αλληλεπίδρασης του κάθε είδους με τα άλλα είδη θα ποικίλει, ανάλογα με το πραγματικό σύνολο των χαρακτήρων προσαρμογής. Όταν οι προσαρμογές των δυο ειδών είναι πολύ παρόμοιες και οι διατιθέμενοι πόροι είναι ανεπαρκείς για να συντηρήσουν αμφοτέρωτα τα είδη, τότε παρατηρείται **ανταγωνισμός**. Στη συνέχεια ένα εκ των ειδών αρχίζει να κυριαρχεί πάνω στο άλλο, μέσω της

απομάκρυνσης των ουσιωδών υλικών από το περιβάλλον. Σε άλλες περιπτώσεις, ένα είδος μπο ρεί να προσθέτει υλικά στο περιβάλλον, τροποποιώντας τις συνθήκες που βοηθούν την ικανότητά του να είναι κυρίαρχο σε βάρος των άλλων. Κάποια είδη έχουν αναπτύξει τρόπους αλληλεπίδρασης, οι οποίοι είναι προς όφελος αμφοτέρων και οι οποίοι οδηγούν σε σχέσεις *συμβίωσης*, κατά την οποία οι πόροι μοιράζονται ή χωρίζονται. Στα φυσικά οικοσυστήματα, η επιλογή, μέσα από την πάροδο του χρόνου, έδειξε την τάση να καταλήξει σε μια βιολογικά δυνατή, πολύ πολύπλοκη δομή, μέσα στα συνολικά όρια που θέτει το οικοσύστημα, επιτρέποντας την εγκατάσταση και διατήρηση των δυναμικών πληθυσμών των οργανισμών.

1.3.4. Η αλλαγή στο οικοσύστημα

Τα οικοσυστήματα βρίσκονται σε μια σταθερή κατάσταση της δυναμικής αλλαγής. Οι οργανισμοί έρχονται στη ζωή και πεθαίνουν, η ύλη ανακυκλώνεται μέσα από τα συνιστώσα το σύστημα μέρη, οι πληθυσμοί μεγαλώνουν και συρρικνώνονται, η χωρική διευθέτηση των οργανισμών μεταβάλλεται. Όμως, παρόλο τον εσωτερικό αυτό δυναμισμό, τα οικοσυστήματα παρουσιάζουν μια χαρακτηριστική σταθερότητα στη συνολική τους δομή και λειτουργία. Η σταθερότητα αυτή οφείλεται στην πολυπλοκότητα του οικοσυστήματος και την ποικιλότητα των ειδών.

Μια άποψη η οποία αφορά την σταθερότητα του οικοσυστήματος, είναι η παρατηρούμενη ικανότητα των οικοσυστημάτων, είτε να ανθίστανται στην αλλαγή που προκαλείται από την διαταραχή, είτε να ανακάμπτουν από την διαταραχή αφού αυτή συμβεί. Σε τελική ανάλυση, η ανάκαμψη ενός (οικο)συστήματος μετά την διαταραχή, διαδικασία η οποία καλείται **διαδοχή** (succession), επιτρέπει την εγκατάσταση εκ νέου ενός οικοσυστήματος, παρόμοιο με αυτό που προϋπήρχε της διαταραχής. Αυτό το «τελικό σημείο» της διαδοχής καλείται κατάσταση **κλίμαξ** (climax) του οικοσυστήματος. Όσο η διαταραχή δεν είναι πάρα πολύ έντονη ή συχνή, η δομή και η λειτουργία που χαρακτηρίζει ένα οικοσύστημα πριν την αναταραχή εγκαθίσταται εκ νέου, ακόμη και όταν η κοινότητα των οργανισμών που τελικά επανακτεί την κυριαρχία, μπορεί να είναι ελαφρώς διαφορετική.

Κατά το μάλλον ή ήττον, τα οικοσυστήματα δεν αναπτύσσονται προς μια κατεύθυνση ή εισέρχονται σε μια μόνιμη κατάσταση. Αντιθέτως, λόγω της μόνιμης φυσικής διαταραχής, παραμένουν δυναμικά και ευέλικτα, ευσταθή μπροστά στις δυνάμεις αναταραχής. Η συνολική σταθερότητα, σε συνδυασμό με την δυναμική αλλαγή, ονομάζεται **δυναμική ισορροπία** (dynamic equilibrium). Η δυναμική ισορροπία των οικοσυστημάτων είναι σπουδαίας σημασίας για ένα γεωργικό σύνολο. Επιτρέπει την εγκατάσταση μιας οικολογικής «ισορροπίας», η οποία λειτουργεί πάνω στη βάση της χρήσης των αειφορικών πόρων, οι οποίοι μπορούν να συντηρηθούν εις το διηνεκές, παρά τη συνεχή και κανονική αλλαγή με τη μορφή των καρπώσεων, της καλλιέργειας του εδάφους και την αναφύτευση.

1.4. Χρήσιμη συμπληρωματική βιβλιογραφία

Odum, E. P. 1997. *Ecology: A Bridge Between Science and Society*. Sinauer Associates; Sunderland, MA.

Ricklefs, R. E. 1993. *The Economy of Nature*. Third Edition. W. H. Freeman and Company: New York.

Smith, R. L. 1990. *Elements of Ecology*. Fourth edition. Harper & Row, Publishers: New York.

Κεφάλαιο Δεύτερο

Η έννοια του αγρο- οικοσυστήματος

2.1. Γενικά

Ο ανθρώπινος χειρισμός και η διαφοροποίηση των οικοσυστημάτων για το σκοπό εγκατάστασης της γεωργικής παραγωγής καθιστά τα αγροοικοσυστήματα πολύ διαφορετικά από τα φυσικά οικοσυστήματα. Ταυτόχρονα όμως, μπορούμε να διακρίνουμε στα αγροοικοσυστήματα τις διαδικασίες, τις δομές και τα χαρακτηριστικά των φυσικών οικοσυστημάτων.

2.2 . . Σύγκριση των φυσικών οικοσυστημάτων με τα αγροοικοσυστήματα

Ένα φυσικό οικοσύστημα και ένα αγροοικοσύστημα εμφανίζονται διαγραμματικά στις **Εικόνες 2.1 και 2.2**, αντίστοιχα. Σε αμφότερα, οι ροές της ενέργειας εμφανίζονται ως συνεχείς γραμμές και η κίνηση των θρεπτικών στοιχείων με τις διακεκομμένες.

Μια σύγκριση των **Εικόνων 2.1 και 2.2**, φανερώνει ότι τα αγροοικοσυστήματα διαφέρουν από τα φυσικά οικοσυστήματα σε αρκετά σημεία – κλειδιά, που αφορούν:

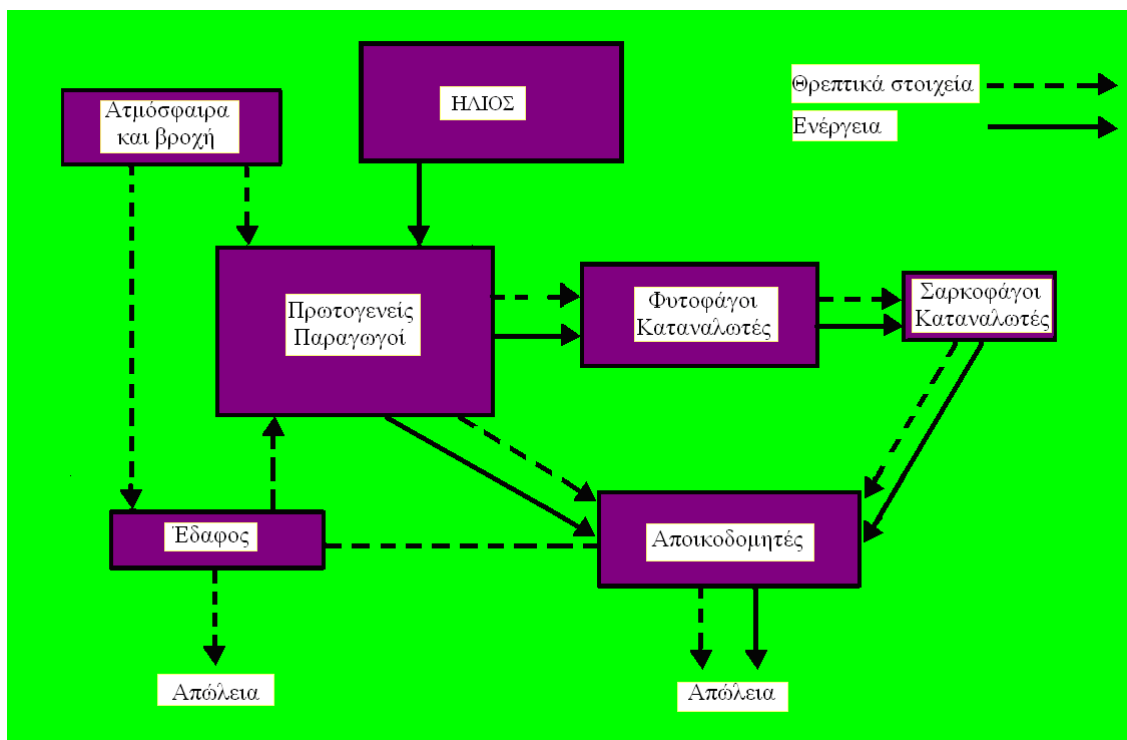
(1). Τη ροή της ενέργειας

Η ροή της ενέργειας στα αγροοικοσυστήματα διαφοροποιείται σε μεγάλο βαθμό από την ανθρώπινη παρέμβαση. Οι εισροές προέρχονται από πρωτογενείς ανθρώπινες πηγές και συχνά αυτές δεν είναι αυτο-αιφορικές. Συνεπώς, τα αγροοικοσυστήματα καθίστανται ανοιχτά συστήματα, στα οποία μια πολύ σημαντική ποσότητα ενέργειας κατευθύνεται κάθε έτος μετά από κάθε συγκομιδή εκτός του συστήματος, και δεν αποθηκεύεται στη βιομάζα, η οποία θα μπορούσε να συσσωρευτεί μέσα στο σύστημα.

(2). Την ανακύκλωση των θρεπτικών στοιχείων

Στα περισσότερα αγροοικοσυστήματα η ανακύκλωση των θρεπτικών στοιχείων είναι ελάχιστη και από το σύστημα χάνονται σημαντικές ποσότητες από αυτά, μέσα από τη διαδικασία της συγκομιδής ή ως αποτέλεσμα της απόπλυσης και της διάβρωσης,

λόγω της μεγάλης μείωσης των επιπέδων της μόνιμης βιομάζας, τα οποία θα έπρεπε να συγκρατούνται μέσα στο σύστημα. Η συχνή έκθεση του γυμνού εδάφους ανάμεσα στα φυτά καλλιέργειας αλλά και η ευκαιριακή έκθεση, η οποία παρατηρείται ανάμεσα στις καλλιεργητικές περιόδους, δημιουργούν ωσαύτως, απώλειες θρεπτικών στοιχείων από το σύστημα. Έτσι, οι αγροκτήμονες - παραγωγοί για να αντικαταστήσουν τις απώλειες αυτές, εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό κατ' ανάγκη από τις εισροές των χημικών λιπαντικών, τα οποία ως είναι γνωστό παράγονται με βάση το πετρέλαιο.



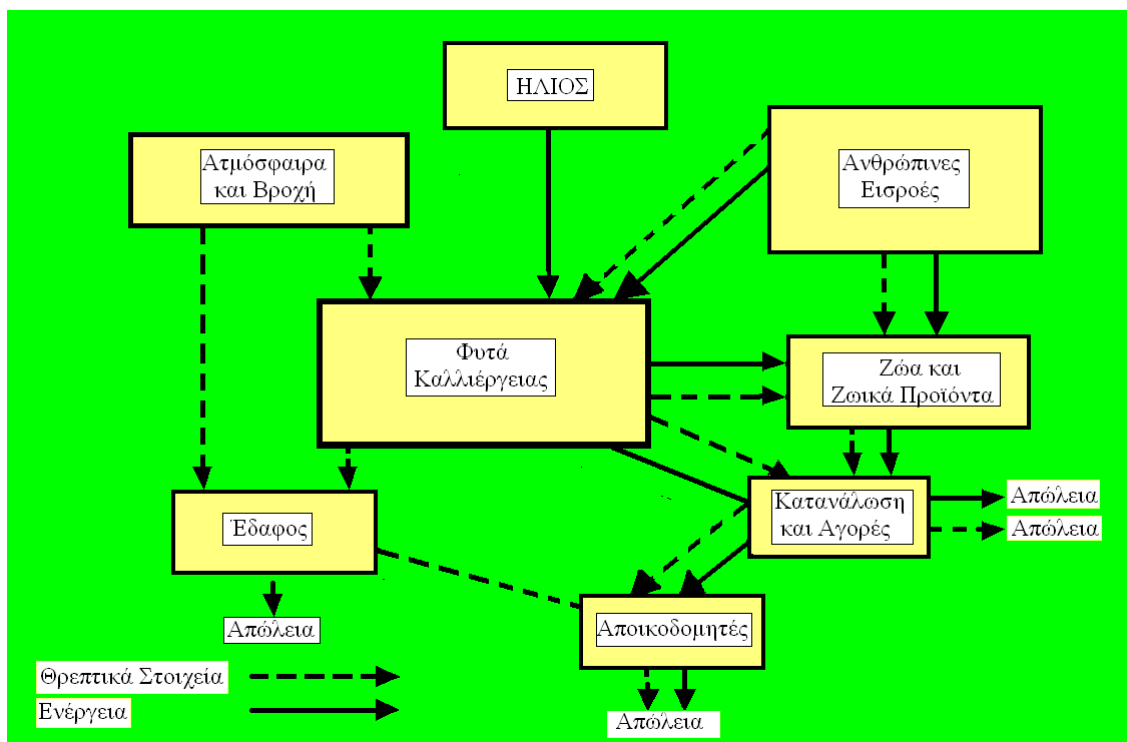
Εικόνα 2.1. Λειτουργικά συστατικά ενός φυσικού οικοσυστήματος.

(3). Τους μηχανισμούς ρύθμισης των πληθυσμών

Λόγω της απλοποίησης του περιβάλλοντος και της παρατηρούμενης μείωσης στις τροφικές αλληλεπιδράσεις, οι πληθυσμοί των φυτών καλλιέργειας ή των ζώων στα αγροοικοσυστήματα σπάνια είναι αυτο-αναπαραγωγικοί ή αυτο-ρυθμιζόμενοι. Οι ανθρώπινες εισροές με τη μορφή των σπόρων ή των παραγόντων ελέγχου, συχνά εξαρτώμενες από μεγάλες ενεργειακές επιδοτήσεις, καθορίζουν τα μεγέθη των πληθυσμών. Η βιολογική ποικιλότητα είναι μειωμένη, οι τροφικές δομές τείνουν να καταστούν απλοποιημένες και πολλές οικοθέσεις παραμένουν κενές. Ο κίνδυνος μιας καταστροφικής προσβολής από έντομα ή ασθένειες είναι υψηλός, παρά την αναμφίβολη εντατική ανθρώπινη παρέμβαση.

(4). Τη σταθερότητα

Τα αγροοικοσυστήματα, λόγω της μειωμένης δομικής και λειτουργικής τους ποικιλότητας, παρουσιάζουν πολύ μικρότερη ευστάθεια σε σχέση με τα φυσικά οικοσυστήματα. Όταν εστιάσουμε στις εκροές της συγκομιδής, οποιαδήποτε ισορροπία και αν δημιουργήθηκε αυτή καταρρέει και το σύστημα μπορεί να είναι αιεφόρο τότε μόνο, όσον η εξωτερική παρέμβαση, με τη μορφή της ανθρώπινης εργασίας και των εξωτερικών ανθρώπινων εισροών, συνεχίζεται.



Εικόνα 2.2. Λειτουργικά συστατικά ενός αγροοικοσυστήματος.

Οι σημαντικότερες οικολογικές διαφορές - κλειδιά ανάμεσα στα φυσικά οικοσυστήματα και τα αγροοικοσυστήματα συνοψίζονται στον Πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1. Σημαντικές δομικές και λειτουργικές διαφορές μεταξύ των φυσικών οικοσυστημάτων και των αγροοικοσυστημάτων

	Φυσικά οικοσυστήματα	Αγροοικοσυστήματα
Καθαρή παραγωγικότητα	Μέτρια	Υψηλή
Τροφικές αντιδράσεις	Σύνθετες	Απλές, γραμμικές
Ποικιλότητα ειδών	Υψηλή	Χαμηλή
Γενετική ποικιλότητα	Υψηλή	Χαμηλή
Κύκλοι θρεπτικών στοιχείων	Κλειστοί	Ανοικτοί
Σταθερότητα (ευστάθεια)	Υψηλή	Χαμηλή
Ανθρώπινος έλεγχος	Ανεξάρτητος	Εξαρτημένος
Χρονική παρουσίαση	Μακρά	Βραχεία
Ετερογένεια οικοτόπου	Σύνθετη	Απλή

Πηγή: Προσαρμογή από τον Odum (1969).

Μολονότι έχουμε συναντήσει οξείες αντιθέσεις μεταξύ των φυσικών οικοσυστημάτων και των αγροοικοσυστημάτων, τα πραγματικά συστήματα αμφοτέρων των τύπων υπάρχουν σε μια αδιάλειπτη συνέχεια. Στη μια πλευρά της αδιάλειπτης συνέχειας, μερικά «φυσικά» οικοσυστήματα είναι πράγματι φυσικά, υπό την έννοια ότι είναι πλήρως ανεξάρτητα από την ανθρώπινη επίδραση. Από την άλλη πλευρά, τα αγρο-οικοσυστήματα είναι δυνατό να ποικίλουν και μάλιστα σε μεγάλο βαθμό στην ανάγκη τους για ανθρώπινη παρέμβαση και εισροές. Πράγματι, μέσα από την εφαρμογή των εννοιών που παρουσιάσαμε στο κείμενο, τα αγροοικοσυστήματα μπορούν να σχεδιαστούν έτσι, ώστε να προσεγγίσουν τα φυσικά οικοσυστήματα, σε όρους

χαρακτηριστικών όπως αυτοί είναι, η ποικιλότητα των ειδών, η ανακύκλωση των θρεπτικών στοιχείων και η ετερογένεια του οικοτόπου.

2.3. Τα αγροοικοσυστήματα ως μια μονάδα ανάλυσης

Μέχρι τώρα έχουμε περιγράψει τα αγροοικοσυστήματα εννοιολογικώς. Απομένει να εξηγήσουμε γιατί αυτά είναι φυσικά. Με άλλα λόγια, τι είναι αυτό που αποκομίζουμε όταν συζητούμε για τη διαχείριση ενός αγροοικοσυστήματος. Φυσικά αυτό, πρώτα απ' όλα, είναι ένα θέμα χωρικών ορίων. Τα χωρικά όρια ενός αγροοικοσυστήματος είναι αφηρημένα, όπως τα αντίστοιχα κάθε οικοσυστήματος είναι τρόπον τινά αυθαίρετα. Στην πράξη όμως, ένα «αγροοικοσύστημα» γενικά ισοδυναμεί με ένα ανεξάρτητο αγρόκτημα, μολονότι θα μπορούσε πολύ εύκολα να είναι και ένας μοναδικός αγρός ενός αγροκτήματος ή μια ομάδα γειτνιαζόντων αγροκτημάτων.

Ένα άλλο θέμα αποτελεί και η σχέση μεταξύ ενός αφηρημένου και ενός συγκεκριμένου αγροοικοσυστήματος όπως και οι σχέσεις και η σύνδεσή του με το κοινωνικό και φυσικό κόσμο που το περιβάλλει. Με την πραγματική του φύση, ένα αγροοικοσύστημα εμπλέκεται και με τα δύο. Είναι δηλαδή ένα δίκτυο συνδέσεων απλωμένο έξω από κάθε αγροοικοσύστημα στην ανθρώπινη κοινωνία και τα φυσικά οικοσυστήματα. Οι καταναλωτές του καφέ στην Ελλάδα συνδέονται με τους παραγωγούς καφέ της Costa Rica. Η τάιγκα της Σιβηρίας μπορεί να δέχεται επιπτώσεις από την συμβατική παραγωγή αραβοσίτου στις ΗΠΑ.

Σε πρακτικούς όρους όμως, πρέπει να κάνουμε διάκριση μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού χώρου ενός αγροοικοσυστήματος. Η διάκριση αυτή προκύπτει αβίαστα όταν αναλύουμε τις εισροές του αγροοικοσυστήματος, αφού δεν μπορεί να είναι μια εισροή οτιδήποτε, εκτός εάν αυτό προέρχεται έξω από το σύστημα. Η σύμβαση που ακολουθείται από τα γραφόμενα στο βιβλίο αυτό είναι να χρησιμοποιούμε τα χωρικά όρια ενός αγροοικοσυστήματος (ρητώς ή αρρήτως) ως τη διαχωριστική γραμμή μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού. Σε όρους εισροών που διατίθενται από τους ανθρώπους, κατά συνέπεια, κάθε ουσία ή κάθε ενεργειακή πηγή εκτός των χωρικών ορίων του συστήματος αποτελεί μια εξωτερική ανθρώπινη εισροή. Ακόμη και αν ο όρος εξωτερική είναι περιττός για την εισροή, διατηρείται στη φράση για να δώσει έμφαση στην εκτός του αγροκτήματος προέλευση. Οι τυπικές ανθρώπινες εξωτερικές εισροές περιλαμβάνουν τα εντομοκτόνα, τα ανόργανα λιπάσματα, τους σπόρους των υβριδίων, τα ορυκτά καύσιμα που απαιτούνται για να κινηθούν οι ελκυστήρες, οι ελκυστήρες αυτοί καθ' αυτού, τα περισσότερα είδη του νερού άρδευσης και η ανθρώπινη εργασία που παρέχεται από μη μόνιμους κατοίκους του αγροκτήματος. Υπάρχουν επίσης και φυσικές εισροές, οι πλέον σημαντικές εκ των οποίων είναι η ηλιακή ακτινοβολία, τα κατακρημνίσματα, ο άνεμος, οι αποθέσεις των πλημμύρων και τα φυτά των φυτωρίων.

2.4. Αειφορικά αγροοικοσυστήματα

Η πρόκληση για την δημιουργία αειφορικών αγροοικοσυστημάτων είναι αυτή της επίτευξης φυσικών χαρακτηριστικών, δίκην φυσικού οικοσυστήματος και της ταυτόχρονης διατήρησης μιας συγκομίσιμης εκροής. Εργαζόμενοι προς την κατεύθυνση της αειφορικότητας, οι διαχειριστές οποιουδήποτε συγκεκριμένου αγροοικοσυστήματος επιδιώκουν όσο είναι δυνατό να χρησιμοποιούν την έννοια του οικοσυστήματος στο σχεδιασμό και τη διαχείριση του αγροοικοσυστήματος. Η ροή της ενέργειας μπορεί να σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε αυτή να εξαρτάται λιγότερο από

τις μη ανανεώσιμες πηγές και να επιτευχθεί μια καλύτερη ισορροπία μεταξύ της ενέργειας που χρησιμοποιείται για τη διατήρηση των εσωτερικών διαδικασιών του συστήματος και αυτών που είναι διαθέσιμες για εξαγωγή ως συγκομιζόμενα αγαθά. Ο αγρότης - παραγωγός μπορεί να επιδιώξει να αναπτύξει και να συντηρήσει τους κύκλους θρεπτικών στοιχείων που να είναι όσο το δυνατό πιο κοντά στις χαμηλότερες απώλειες από το σύστημα και να αναζητήσει αειφορικούς τρόπους έτσι ώστε, να πιστέψουν τα εξερχόμενα θρεπτικά στοιχεία στο αγρόκτημα. Οι μηχανισμοί ρύθμισης των πληθυσμών μπορεί να εξαρτώνται περισσότερο από την αντοχή στα έντομα στο επίπεδο του συστήματος, μέσα από μια πλειάδα μηχανισμών που κυμαίνονται από την αύξηση της ποικιλότητας του οικοτόπου, η οποία θα διασφαλίζει την παρουσία των φυσικών εχθρών και των ανταγωνιστών.

Τέλος, ένα αγρο οικοσύστημα που ενσωματώνει τις φυσικές ποιότητες του οικοσυστήματος ήτοι, της ευστάθειας, της σταθερότητας, της παραγωγικότητας και της ισορροπίας, θα διασφαλίσει καλύτερα το δυναμικό ισοζύγιο, το οποίο είναι απαραίτητο για την εγκατάσταση μιας οικολογικής βάσης για την αειφορικότητα. Όσο η χρήση των εξωτερικών ανθρώπινων εισροών για τον έλεγχο των διαδικασιών του αγροοικοσυστήματος μειώνονται, μπορούμε να αναμένουμε μια μεταβολή από τα συστήματα τα οποία εξαρτώνται από τις συνθετικές εισροές, στα συστήματα τα οποία είναι σχεδιασμένα να κάνουν χρήση φυσικών διαδικασιών του οικοσυστήματος, των αλληλεπιδράσεων και των υλικών που προέρχονται μέσα από το σύστημα. Όλες αυτές οι απόψεις των αειφορικών αγροοικοσυστημάτων θα εξετάσουμε με κάθε λεπτομέρεια στα κεφάλαια που θα ακολουθήσουν.

2.5. Χρήσιμη συμπληρωματική βιβλιογραφία

Odum, E. P. 1997. *Ecology: A Bridge between Science and Society*. Sinauer Associates;Sunderland, MA.

Ricklefs, R. E. 1993. *The Economy of Nature*. Third Edition. W. H. Freeman and Company: New York.

Smith, R. L. 1990. *Elements of Ecology*. Fourth edition. Harper & Row, Publishers: New York.

Κεφάλαιο Τρίτο

Συστήματα αειφορικής παραγωγής τροφίμων

3.1. Γενικά

Η γεωργία, σε παγκόσμια κλίμακα, κατά την διάρκεια του δεύτερου μισού του περασμένου αιώνα, εκπλήρωσε μια συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση για τρόφιμα με πολύ μεγάλη επιτυχία. Οι αποδόσεις των φυτών παραγωγής, όπως του σιταριού και του ρυζιού αυξήθηκαν υπερβολικά, οι τιμές των τροφίμων μειώθηκαν, ο ρυθμός της αύξησης στην παραγωγή τροφίμων είχε, σε γενικές γραμμές, ξεπεράσει το ρυθμό αύξησης του πληθυσμού και ο χρόνιος λιμός έχει μειωθεί. Η έκρηξη αυτή στην παραγωγή τροφίμων προήλθε κυρίως, από τις επιστημονικές προόδους και τους τεχνολογικούς νεωτερισμούς, στους οποίους περιλαμβάνονται η ανάπτυξη νέων ποικιλιών φυτών, η χρήση λιπασμάτων και ζιζανιοκτόνων και η κατασκευή εκτεταμένης υποδομής για την άρδευση.

Παρόλη όμως την επιτυχία της γεωργίας, τα θεμέλια πάνω στα οποία δημιουργήθηκαν τα συστήματα της παγκόσμιας παραγωγής τροφίμων βρίσκονται σε μια διαδικασία υποσκαφής. Οι τεχνικές, οι καινοτομίες, οι πρακτικές και οι πολιτικές οι οποίες επέτρεψαν τις αυξήσεις στην παραγωγικότητα, έχουν ταυτόχρονα υποτιμήσει τη βάση της παραγωγικότητας αυτής. Έχουν αντλήσει σε υπερβολικό βαθμό, και συνεπώς υποβαθμίσει, τους φυσικούς πόρους, από τους οποίους η γεωργία εξαρτάται, δηλαδή, το έδαφος, τους υδατικούς πόρους, και τη φυσική γενετική ποικιλότητα. Έχουν δημιουργήσει επίσης, μια εξάρτηση από τα μη ανανεώσιμα ορυκτά καύσιμα και βοηθήθηκαν να σφυρηλατηθεί ένα σύστημα το οποίο, με αυξανόμενο ρυθμό, αναλαμβάνει την ευθύνη για την παραγωγή τροφίμων, χωρίς τη συμβολή των χεριών των αγροτών – παραγωγών και των εργατών γης, οι οποίοι ίσως, πο υ θα έπρεπε να βρίσκονται στην πλέον κατάλληλη θέση να υπηρετήσουν την αγροτική γη. Κοντολογίς, η σύγχρονη γεωργία είναι πλέον μη αειφόρος, δεν μπορεί δηλαδή μακροπρόθεσμα να συνεχίσει να παράγει ικανές ποσότητες τροφίμων για τον παγκόσμιο πληθυσμό, διότι

έχει υποβαθμίσει και συνεχώς υποβαθμίζει τις συνθήκες που καθιστούν την γεωργία δυνατή.

3.2. Οι πρακτικές της συμβατικής γεωργίας

Η συμβατική γεωργία δομήθηκε πάνω σε δύο αλληλοσυσχετιζόμενους στόχους:

- ✚ (α) την μεγιστοποίηση της παραγωγής, και
- ✚ (β) τη μεγιστοποίηση του κέρδους.

Στην επιδίωξη της ικανοποίησης των στόχων αυτών, αναπτύχθηκε ένα σύνολο πρακτικών χωρίς καμιά πρόβλεψη για τις ανεπιθύμητες, μακροπρόθεσμες συνέπειες και χωρίς ενδιαφέρον για την οικολογική δυναμική των αγροοικοσυστημάτων. Έξη βασικές πρακτικές, ήτοι:

- ✚ η εντατική καλλιέργεια,
- ✚ η μονοκαλλιέργεια,
- ✚ η άρδευση,
- ✚ η εφαρμογή της ανόργανης λίπανσης,
- ✚ ο χημικός έλεγχος των ζιζανίων και των ανωφελών εντόμων, και
- ✚ ο γενετικός χειρισμός των φυτών καλλιέργειας,

σχηματίζουν τη ραχοκοκαλιά της σύγχρονης γεωργίας. Κάθε μια από τις πρακτικές αυτές έχει τη δική συμβολή στην παραγωγικότητα, αλλά ως σύνολο, οι πρακτικές αυτές σχηματίζουν ένα σύστημα στο οποίο εξαρτάται η κάθε μια από τις άλλες και ενισχύει την αναγκαιότητα χρήσης των υπολοίπων.

Οι πρακτικές αυτές επίσης, περιβάλλονται από ένα πλαίσιο που έχει τη δική του συγκεκριμένη λογική. Η παραγωγή τροφίμων έχει θεωρηθεί ως μια διαδικασία στην οποία τα φυτά παίζουν το ρόλο των εργοστασίων - μινιατούρες. Η εκροή τους έχει μεγιστοποιηθεί, με την παροχή των κατάλληλων εισροών, η παραγωγική αποτελεσματικότητά τους έχει αυξηθεί, με τον χειρισμό των γονιδιωμάτων και το έδαφος είναι απλά το διάμεσο, στο οποίο οι ρίζες αγκυρώνουν.

3.2.1. Εντατική καλλιέργεια

Η συμβατική γεωργία για καιρό βασίστηκε στην πρακτική της καλλιέργειας του εδάφους πλήρως, σε βάθος και σε κανονική συχνότητα. Ο σκοπός της εντατικής αυτής καλλιέργειας είναι να μαλακώσει η δομή του εδάφους, ώστε να επιτραπεί ένας καλύτερος χειρισμός, μια ταχύτερη αύξηση των ριζών, ένας καλός αερισμός, και ένα ευκολότερο φύτεμα των σπόρων. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε το σκάλισμα για να ελεγχθούν τα ζιζάνια και να «παραχωθούν» τα υπολείμματα των φυτών καλλιέργειας. Κάτω από τυπικές πρακτικές, και όταν η εντατική καλλιέργεια συνδυάζεται με μικρούς χρόνους περιφοράς, οι αγροί οργώνονται ή καλλιεργούνται αρκετές φορές μέσα στο έτος και σε πολλές περιπτώσεις, η πράξη αυτή αφήνει το έδαφος γυμνό από κάθε κάλυψη για εκτεταμένες περιόδους. Αυτό υποδηλώνει επίσης, ότι βαριά γεωργικά μηχανήματα διέρχονται συχνά και τακτικά πάνω από τον αγρό.

Κατά τρόπο ειρωνικό, η εντατική καλλιέργεια τείνει να υποβαθμίσει την ποιότητα του εδάφους με ποικίλους τρόπους. Η οργανική ουσία του εδάφους ελαττώνεται, λόγω της απουσίας κάλυψης, και το έδαφος συμπιέζεται από την κυκλοφορία των μηχανημάτων. Η απώλεια της οργανικής ουσίας ελαττώνει τη γονιμότητα του εδάφους και υποβαθμίζει την εδαφική δομή, αυξάνει την πιθανότητα περαιτέρω συμπίεσης και καθιστά την καλλιέργεια και τις ευκαιριακές της βελτιώσεις περισσότερο απαραίτητες. Η εντατική καλλιέργεια επίσης, αυξάνει σε μεγάλο βαθμό

τους ρυθμούς διάβρωσης του εδάφους, η οποία συντελείται με τη συμβολή του νερού και του ανέμου.

3.2.2. Μονοκαλλιέργεια

Στη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, οι ιδιοκτήτες των αγροκτημάτων έχουν επιστρέψει, με αυξανόμενη τάση, προς την μονοκαλλιέργεια, δηλαδή, την καλλιέργεια ενός μόνο είδους στους αγρούς τους, και συχνά σε μια πολύ εντατική κλίμακα. Η μονοκαλλιέργεια επιτρέπει, πιο αποτελεσματικά, τη χρήση βαριών μηχανημάτων για την καλλιέργεια, την σπορά, το έλεγχο των ζιζανίων και τη συγκομιδή και μπορεί να δημιουργήσει οικονομίες κλίμακας σε ό,τι αφορά την αγορά σπόρων, λιπασμάτων και εντομοκτόνων. Η μονοκαλλιέργεια είναι η φυσική υπερβολή μιας βιομηχανικής προσέγγισης της γεωργίας, όπου οι εισροές από τα εργατικά χέρια ελαχιστοποιούνται και οι εισροές που βασίζονται στην τεχνολογία μεγιστοποιούνται, με τελικό αντικειμενικό σκοπό την αύξηση της παραγωγικής αποτελεσματικότητας. Σε πολλά μέρη της υφελίου, η μονοκαλλιεργητική παραγωγή φυτών καλλιέργειας για εξαγωγή, αντικατέστησε σε μεγάλο βαθμό την παραδοσιακή πολυκαλλιεργητικής επάρκειας γεωργία. Οι πρακτικές της μονοκαλλιέργειας δένουν καλά με τις άλλες πρακτικές της σύγχρονης γεωργίας, διότι η μονοκαλλιέργεια έχει την τάση να ευνοεί την εντατική καλλιέργεια, την εφαρμογή της ανόργανης λίπανσης, τον χημικό έλεγχο των προσβολών και εξειδικεύεται στις ποικιλίες των φυτών. Ο δεσμός της με τα χημικά εντομοκτόνα είναι ιδιαίτερα ισχυρός, διότι οι εκτεταμένοι αγροί που καλλιεργούνται με το ίδιο φυτό είναι περισσότερο ευάλωτοι σε καταστρεπτικές επιδρομές εντόμων και απαιτούν την προστασία των εντομοκτόνων.

3.2.3. Εφαρμογή συνθετικών λιπασμάτων

Οι θεαματικές αυξήσεις των αποδόσεων αρκετών περασμένων δεκαετιών οφείλονταν κατά ένα μεγάλο μέρος στην εξάπλωση και την εντατική χρήση των συνθετικών χημικών λιπασμάτων. Στις Η.Π.Α., η ποσότητα των λιπασμάτων που χρησιμοποιούνταν στους αγρούς κάθε έτος αυξήθηκε γρήγορα μετά το 2^ο Παγκόσμιο Πόλεμο, και από 9 εκατομμύρια τόνοι το 1940, έφτασαν περισσότερο από 47 εκατομμύρια τόνοι το 1980. Ας σημειωθεί ότι, η χρήση των λιπασμάτων σε παγκόσμια κλίμακα, αυξήθηκε δέκα φορές ανάμεσα στο 1950 και το 1992.

Τα λιπάσματα, παραγόμενα σε μεγάλες ποσότητες, σε σχετικά χαμηλό κόστος, χρησιμοποιώντας ορυκτά καύσιμα και εξορυγμένα ορυκτά αποθέματα, μπορούν να εφαρμοστούν εύκολα και ομοιόμορφα στα φυτά καλλιέργειας για να τα εφοδιάσουν με πλούσιες ποσότητες από τα πλέον στοιχειώδη θρεπτικά στοιχεία που αυτά χρειάζονται. Επειδή τα λιπάσματα καλύπτουν βραχυπρόθεσμα τις διατροφικές ανάγκες των φυτών, έκαμαν τους αγρότες – παραγωγούς να αγνοήσουν την μακροπρόθεσμη γονιμότητα των εδαφών και τις διαδικασίες με τις οποίες αυτή συντηρείται.

Τα ορυκτά συστατικά των συνθετικών λιπασμάτων όμως, εύκολα αποπλένονται από το έδαφος. Στα συστήματα άρδευσης, το πρόβλημα της απόπλυσης μπορεί να είναι ιδιαίτερα οξύ. Μια μεγάλη ποσότητα από τα λιπάσματα που εφαρμόζονται στους αγρούς καταλήγουν πράγματι στα ρέματα, τις λίμνες και τους ποταμούς, όπου προκαλούν ευτροφισμό. Τα λιπάσματα μπορεί επίσης, να απολυθούν στα υπόγεια νερά, τα οποία χρησιμοποιούνται για πόσιμο νερό, όπου και εναποθέτουν σημαντικά επικίνδυνα για την υγεία στοιχεία. Επιπλέον, το κόστος των λιπασμάτων είναι μια μεταβλητή πάνω στην οποία οι αγρότες- παραγωγοί δεν έχουν κανένα έλεγχο, αφού

είναι γνωστό ότι με την αύξηση της τιμής του πετρελαίου αυξάνεται και η δική τους τιμή.

3.2.4. Άρδευση

Μια μη επαρκής ποσότητα νερού αποτελεί τον περιοριστικό παράγοντα για την παραγωγή τροφίμων σε πολλά μέρη του κόσμου. Έτσι, η προμήθεια των αγρών με νερό από υπόγεια υδροφόρα στρώματα, ταμειυτήρες και εκτροπές ποταμών, έχει καταστεί σημείο κλειδί για την αύξηση των συνολικών αποδόσεων και της έκτασης της γης που μπορεί να αποδοθεί στην καλλιέργεια. Μολονότι, μόνο το 16% από την συνολική έκταση που καλλιεργείται παγκοσμίως αρδεύεται, η έκταση αυτή είναι υπεύθυνη για το 40% της παγκόσμιας παραγωγής τροφίμων (Serageldin 1995). Δυστυχώς, η γεωργία είναι ένας άφρων χρήστης του νερού και σε πολλές περιοχές, όπου οι γεωργικές εκτάσεις αρδεύονται, η άρδευση έχει μια σημαντική επίπτωση στην υδρολογία της περιοχής. Ένα πρόβλημα είναι ό,τι τα υπόγεια νερά συχνά αντλούνται ταχύτερα απ' ό,τι ανανεώνονται από τα κατακρημνίσματα. Η υπερβολική αυτή άντληση μπορεί να προκαλέσει κατάρρευση των εδαφών και κοντά στις παράκτιες περιοχές μπορεί να οδηγήσει στην άντληση αλμυρού νερού. Επιπροσθέτως, η υπεράντληση των υπόγειων νερών αποτελεί στην ουσία, δανεισμό νερού από το μέλλον. Όπου το νερό για την άρδευση αντλείται από τους ποταμούς, εκεί η γεωργία συχνά ανταγωνίζεται τις ανάγκες σε νερό που έχουν η εξαρτώμενη από το νερό άγρια ζωή και τα αστικά κέντρα. Εκεί όπου έχουν κατασκευαστεί φράγματα με σκοπό να συγκρατήσουν αποθέματα νερού, συνήθως παρατηρούνται δραματικές επιπτώσεις στην οικολογία του ποταμού, στα κατώτερα με τα το φράγμα σημεία του. Η άρδευση έχει ακόμη μια άλλη επίπτωση: αυξάνει την πιθανότητα τα λιπάσματα να ξεπλύνουν το έδαφος των αγρών προς τα τοπικά ρέματα και τους ποταμούς και να αυξήσουν σε μεγάλο βαθμό το ρυθμό της διάβρωσης.

3.2.5. Χημικός έλεγχος ζιζανίων και εντόμων

Μετά τον 2^ο Παγκόσμιο Πόλεμο, τα εντομοκτόνα διαφημίστηκαν ευρύτατα ως το νέο, επιστημονικό όπλο στον πόλεμο της ανθρωπότητας εναντίον των προσβολών και των παθογενειών των φυτών. Οι χημικοί αυτοί παράγοντες ασκούσαν την έλξη ό,τι προσέφεραν στους αγρότες – καλλιεργητές τον τρόπο να εκδιώξουν, άπαξ και διαπαντός από τους αγρούς τους, τους οργανισμούς που συνεχώς απειλούσαν τα φυτά καλλιέργειας και φιλολογικά «σφετερίζονταν» τα εισοδήματά τους. Αλλά η υπόσχεση αυτή αποδείχθηκε φρούδα. Τα εντομοκτόνα μπορούν βραχυπρόθεσμα να ελαττώσουν δραματικά τους επιβλαβείς πληθυσμούς, αλλά, επειδή ταυτόχρονα εξαφανίζουν και πληθυσμούς χρήσιμων θηρευτών, οι επιβλαβείς πληθυσμοί μπορούν γρήγορα να ανακάμψουν και να φτάσουν ακόμη και σε μεγαλύτερους απ' ό,τι προηγουμένως πληθυσμούς. Έτσι, ο αγρότης είναι αναγκασμένος να χρησιμοποιήσει ακόμη περισσότερους από τους χημικούς αυτούς παράγοντες. Η αύξηση του προβλήματος της εξάρτησης δημιουργεί το φαινόμενο της αυξημένης ανοχής: οι επιβλαβείς πληθυσμοί εκτιθέμενοι συνεχώς στην επίδραση των εντομοκτόνων υπόκεινται ταυτόχρονα σε μια έντονη φυσική επιλογή για την ανοχή τους στα εντομοκτόνα. Όταν η ανοχή μεταξύ των επιβλαβών ειδών αυξάνει, οι αγρότες αναγκάζονται να χρησιμοποιήσουν μεγαλύτερες ποσότητες εντομοκτόνων ή να χρησιμοποιήσουν διαφορετικά εντομοκτόνα, προφανώς πιο «αποτελεσματικά», συμβάλλοντας έτσι, στις συνθήκες που προωθούν ακόμη μεγαλύτερη ανοχή.

Μολονότι το πρόβλημα της εξάρτησης από τα εντομοκτόνα μπορεί να αναγνωρίζεται ευρέως, πολλοί γεωργοί, ειδικά αυτοί των αναπτυσσόμενων χωρών, δεν κάνουν χρήση άλλων επιλογών. Οι παγκόσμιες πωλήσεις εντομοκτόνων συνεχίζουν να έχουν μια αυξητική τάση, φτάνοντας για το 1994 το ποσό των 25 δισεκατομμυρίων δολαρίων. Κατά τρόπο ειρωνικό, οι συνολικές απώλειες στα φυτά καλλιέργειας από παθογενείς οργανισμούς έχουν παραμείνει σχεδόν σταθερές, παρά την αυξημένη χρήση ζιζανιοκτόνων (Pimentel *et al* 1991).

Εκτός του γεγονότος ότι η χρήση των εντομοκτόνων κοστίζει στους αγρότες – παραγωγούς ένα μεγάλο ποσό χρημάτων, αυτά, μαζί με τα ζιζανιοκτόνα και τα μυκητοκτόνα, μπορεί να έχουν μια σοβαρή επίπτωση στο περιβάλλον και συχνά στην ανθρώπινη ζωή. Εντομοκτόνα που εφαρμόζονται στους αγρούς εύκολα αποπλένονται στα υπόγεια και τα επιφανειακά νερά, μέσω των οποίων εισέρχονται στην τροφική αλυσίδα, επηρεάζοντας τους πληθυσμούς των ζώων σε κάθε επίπεδο και συχνά εμφανίζουν υπολειμματική δράση για δεκαετίες.

3.2.6. Χειρισμός των γονιδιωμάτων των φυτών

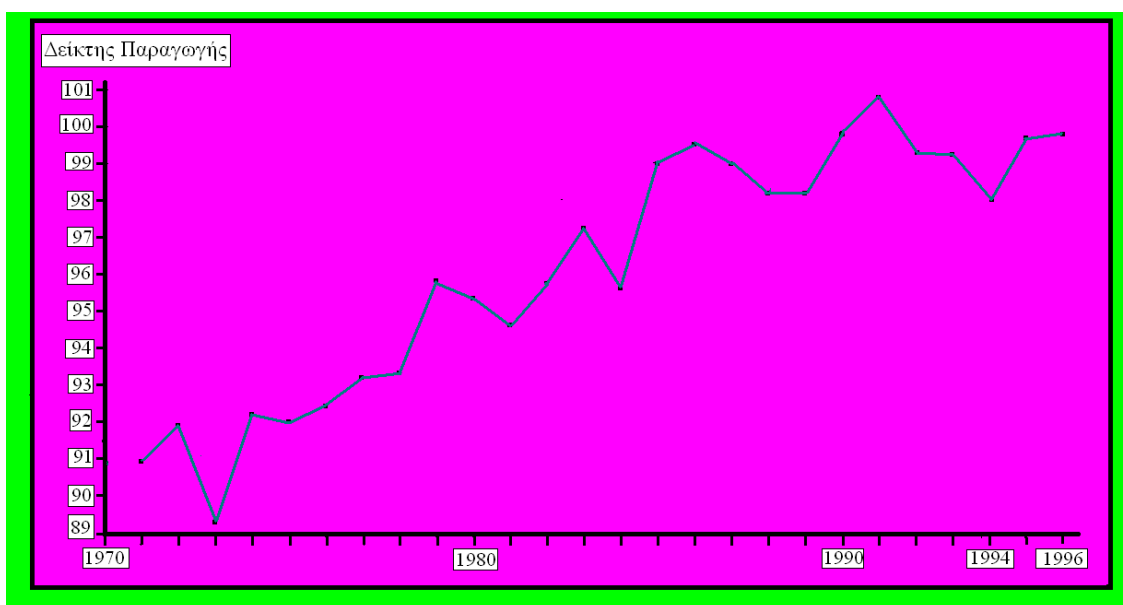
Στο πέρασμα χιλιάδων ετών, οι άνθρωποι έχουν επιλέξει κάποια είδη, ανάμεσα στα φυτά καλλιέργειας, για τους συγκεκριμένους χαρακτήρες τους. Πράγματι, ένας τέτοιος χειρισμός των άγριων ειδών αποτέλεσε μια από τις θεμελιώδεις ενέργειες των απαρχών της γεωργίας. Στις τελευταίες δεκαετίες όμως, η τεχνολογική πρόοδος δημιούργησε σχεδόν μια επανάσταση στο χειρισμό των γονιδίων των φυτών. Κατ' αρχήν, πρόοδο στις τεχνικές διασταύρωσης, οι οποίες επέτρεψαν την παραγωγή υβριδικών σπόρων οι οποίοι συνδυάζουν τους χαρακτήρες δύο ή περισσότερων φυτικών ειδών. Οι ποικιλίες των υβριδικών φυτών είναι δυνατόν να είναι περισσότερο παραγωγικές, από παρόμοιες, μη υβριδικές ποικιλίες και με τον τρόπο αυτό έγιναν ένας από τους πρωταρχικούς παράγοντες του πλέγματος αύξησης των αποδόσεων, η οποία πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της περιόδου που αποκλήθηκε «**Πράσινη Επανάσταση**». Οι υβριδικές ποικιλίες όμως, για να μπορέσουν να πραγματοποιήσουν το παραγωγικό τους δυναμικό, συχνά απαιτούν άριστες συνθήκες με ταυτόχρονη εντατική εφαρμογή ανόργανων λιπασμάτων, και πολλές απαιτούν, εφαρμογή ζιζανιοκτόνων για να προστατευθούν από εκτεταμένη καταστροφή μετά από πιθανή προσβολή, επειδή παρουσιάζουν έλλειψη ανοχής σε παθογενείς οργανισμούς των μη υβριδικών εξαδέλφων τους. Επιπροσθέτως, τα υβριδικά φυτά δεν μπορούν να παράγουν σπόρους με το ίδιο γονιδίωμα, όπως οι γονείς τους, με συνέπεια οι καλλιεργητές να καθίστανται απόλυτα εξαρτημένοι από τους παραγωγούς εμπορικών σπόρων.

Πολύ πρόσφατα, οι διασπάσεις στη γενετική μηχανική επέτρεψαν τη «βιομηχανοποιημένη» παραγωγή ποικιλιών φυτών, μέσω της ικανότητας να «μεταμοσχεύουν» τα γονίδια από μια ποικιλία οργανισμών στο γονιδίωμα των φυτών. Φυτά, προϊόντα της γενετικής μηχανικής (μεταλλαγμένα φυτά), έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί ευρέως στη γεωργία, αλλά υπάρχει μια μικρή αμφιβολία εάν αυτά θα κατορθώσουν να καταστούν τα επικρατέστερα, εφόσον οι αποδόσεις και οι επιστροφές της επένδυσης συνεχίσουν να αποτελούν το μοναδικό κριτήριο αξιολόγησης.

3.3. Γιατί η συμβατική γεωργία δεν είναι αειφορική

Οι πρακτικές της συμβατικής γεωργίας, όλες τους, έχουν την τάση να υποθηκεύουν την μελλοντική παραγωγικότητα προς όφελος της υψηλής παραγωγικότητας του παρόντος. Συνεπώς, τα σημάδια ότι οι απαραίτητες συνθήκες για

την αειφόρο παραγωγή έχουν διαβρωθεί, θα πρέπει, με την πάροδο του χρόνου, να καταστούν σε σημαντικό σημείο εμφανή. Στις ημέρες μας, υπάρχει πράγματι ένα αυξανόμενο σώμα στοιχείων ότι η διάβρωση αυτή είναι προ των πυλών. Στην περασμένη δεκαετία, για παράδειγμα, όλες οι χώρες, στις οποίες οι πρακτικές της Πράσινης Επανάστασης υιοθετήθηκαν σε μια ευρεία κλίμακα, υπέστησαν την εμπειρία μείωσης των ρυθμών ετήσιας αύξησης στον γεωργικό τομέα. Επιπλέον, σε πολλές περιοχές, όπου την δεκαετία του 60 δημιουργήθηκαν σύγχρονες πρακτικές για την παραγωγή σποροδοτικών καλλιεργειών (βελτιωμένοι σπόροι, μονοκαλλιέργειες, εφαρμογή λίπανσης), οι αποδόσεις έχουν αρχίσει να φτάνουν στο ανώτατο επίπεδο και ακόμη, πολλές, μετά από την αρχική θεαματική βελτίωση, έχουν αρχίσει να μειώνονται. Παγκοσμίως, οι αυξήσεις των αποδόσεων έχουν αγγίξει τα ανώτατα επίπεδα για τα περισσότερα φυτά καλλιέργειας, τα αποθέματα σπόρων συρρικνώνονται, και η σποροπαραγωγή ανά άτομο έχει στην ουσία μειωθεί από τα μέσα της δεκαετίας του 80 (Brown 1997).



Εικόνα 3.1. Δείκτης της παγκόσμιας ετήσιας ανά κεφαλή γεωργικής παραγωγής.

Πηγή: Δεδομένα από τον FAO, FAOSTAT database.

Στην **Εικόνα 3.1** παρουσιάζεται ο δείκτης της παγκόσμιας ετήσιας ανά κεφαλή γεωργικής παραγωγής για κάθε έτος από το 1970 έως (2005)1995, όπως αυτό υπολογίστηκε από τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) των Ηνωμένων Εθνών. Τα δεδομένα αυτά δείχνουν ότι μετά την αυξητική τάση πολλών ετών, η γεωργική παραγωγή στην κατά κεφαλή βάση τελματώθηκε το 90. Η κατάσταση αυτή είναι αποτέλεσμα των ελαττωμένων αυξήσεων των ετήσιων αποδόσεων σε συνδυασμό με την συνεχιζόμενη λογαριθμική αύξηση του πληθυσμού.

Οι τρόποι με τους οποίους η συμβατική γεωργία προξενεί βλάβες στην παραγωγικότητα του μέλλοντος είναι πολλοί. Οι γεωργικοί πόροι, όπως αυτοί του εδάφους, του νερού και της γενετικής ποικιλότητας, έχουν υπεραντληθεί και υποβαθμίζονται, οι παγκόσμιες οικολογικές διαδικασίες, από τις οποίες η γεωργία τελικά εξαρτάται, έχουν τροποποιηθεί και οι κοινωνικές συνθήκες, συνεπικουρες στη συντήρηση των πόρων έχουν εξασθενήσει και εξαρθρωθεί.

3.3.1. Υποβάθμιση του εδάφους

Σύμφωνα με μια μελέτη των Ηνωμένων Εθνών του έτους 1991, από το τέλος του 2^{ου} Παγκοσμίου Πολέμου μέχρι σήμερα, το 38% της καλλιεργούμενης έκτασης έχει ως ένα βαθμό υποστεί καταστροφή από τις γεωργικές πρακτικές (Oldeman *et al* 1991). Η υποβάθμιση του εδάφους μπορεί να περιλαμβάνει, αλατότητα, υπερκάρπωση, συμπίεση, μόλυνση από ζιζανιοκτόνα, υποβάθμιση της ποιότητας της εδαφικής δομής, απώλεια γονιμότητας, και διάβρωση. Μολονότι, όλες αυτές οι μορφές της υποβάθμισης του εδάφους αποτελούν σοβαρά προβλήματα, η διάβρωση είναι η πλέον διαδεδομένη. Το γόνιμο έδαφος εξαιτίας της διάβρωσης από το νερό και τον άνεμο εμφανίζει ένα ρυθμό απώλειας της τάξης των 5 έως 10 τόνων ανά εκτάριο ανά έτος στην Αφρική, τη Νότια και τη Βόρεια Αμερική και σχεδόν των 30 τόνων ετησίως στην Ασία. Για να έχουμε ένα σημείο σύγκρισης, το έδαφος δημιουργείται με ρυθμό περίπου 1 τόνου ανά εκτάριο ανά έτος, πράγμα που σημαίνει ότι, σε πολύ μικρή περίοδο, οι άνθρωποι έχουν χάσει εδαφικούς πόρους που χρειάστηκαν χιλιάδες έτη για να σχηματιστούν.

Η σχέση αιτίου και αιτιατού μεταξύ της συμβατικής γεωργίας και της διάβρωσης του εδάφους είναι άμεση και πέραν πάσης αμφισβήτησης. Η εντατική καλλιέργεια, σε συνδυασμό με την μονοκαλλιέργεια και τους μικρούς χρόνους περιφοράς, αφήνουν το έδαφος εκτεθειμένο στις διαβρωτικές διαθέσεις του ανέμου και της βροχής. Το έδαφος που χάνεται μέσα από τη διαδικασία αυτή είναι πλούσιο σε οργανική ουσία, το πλέον αξιόλογο συστατικό του εδάφους. Ομοίως, η άρδευση είναι μια άμεση αιτία μεγάλης διάβρωσης του γεωργικού εδάφους από το νερό.

Η διάβρωση συνδυαζόμενη με τις άλλες μορφές της υποβάθμισης του εδάφους μετατρέπουν, με αυξανόμενο ρυθμό, μεγάλο μέρος του γεωργικού εδάφους σε λιγότερο γόνιμο. Κάποιες εκτάσεις, σοβαρά διαβρωμένες ή πολύ αλατούχες από το εξατμιζόμενο νερό της άρδευσης, θεωρούνται χαμένες για την παραγωγή. Το έδαφος που μπορεί ακόμη να παράγει συντηρείται παραγωγικό με τα τεχνητά μέσα της προσθήκης συνθετικών λιπασμάτων. Μολονότι τα λιπάσματα μπορούν ευκαιριακά να αναπληρώσουν τις απώλειες σε θρεπτικά στοιχεία, αδυνατούν να επανοικοδομήσουν τη γονιμότητα του εδάφους και να αποκαταστήσουν την υγεία του εδάφους. Επιπλέον, η χρήση τους παρουσιάζει έναν αριθμό αρνητικών συνεπειών, όπως άλλωστε τις έχουμε αναφέρει παραπάνω.

Αφού η παροχές του γεωργικού εδάφους είναι περατές και επειδή οι φυσικές διαδικασίες δεν μπορούν να προσεγγιστούν, ώστε να ανανεώσουν και να αποκαταστήσουν το έδαφος τόσο γρήγορα όσο αυτό υποβαθμίζεται, η γεωργία δεν μπορεί να είναι αειφορική, μέχρις ότου αυτή καταστεί ικανή να αναστρέψει τη διαδικασία υποβάθμισης του εδάφους. Οι τρέχουσες γεωργικές πρακτικές πρέπει να υποστούν μια τεράστια αλλαγή, εάν οι πολύτιμοι εδαφικοί πόροι όσοι έχουν παραμείνει, θέλουμε να διατηρηθούν και στο μέλλον.

3.3.2. Άσκοπη και υπερβολική χρήση του νερού

Το καθαρό νερό έχει καταστεί απίστευτά σπάνιο σε πολλά μέρη της υφελίου καθώς η βιομηχανία, τα αστικά κέντρα και η γεωργία συναγωνίζονται για τα περιορισμένα αποθέματα. Κάποιες χώρες διαθέτουν πάρα πολύ λίγο νερό για προχωρήσουν σε μια οποιαδήποτε επιπρόσθετη γεωργική ή βιομηχανική ανάπτυξη. Για να καλυφθούν οι απαιτήσεις σε νερό σε πολλές άλλες περιοχές, το νερό αντλείται από τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες με πολύ ταχύτερους ρυθμούς απ' ό,τι θα μπορούσαν τα κατακρημνίσματα να το αναπληρώσουν και οι ποταμοί έχουν

«στεγνώσει» από νερό, θέτο πια σε κίνδυνο τα υδάτινα και παραποτάμια οικοσυστήματα αλλά και την άγρια ζωή, η οποία εξαρτάται από αυτά.

Η γεωργία χρησιμοποιεί τα δύο τρίτα περίπου της παγκόσμιας χρήσης του νερού και είναι η άρχουσα αιτία των ελλειμμάτων νερού που παρατηρούνται σε περιφερειακό επίπεδο. Η γεωργία χρησιμοποιεί πάρα πολύ νερό διότι χρησιμοποιεί το νερό άσκοπα. Περισσότερο από το μισό νερό που χρησιμοποιείται για τα φυτά καλλιέργειας δεν προσλαμβάνεται ποτέ από τα φυτά για τα οποία αυτό προορίζεται (Van Tuijl 1993). Αντιθέτως, το νερό αυτό είτε εξατμίζεται είτε χάνεται από τους αγρούς. Φυσικά, κάποια απώλεια νερού είναι αναπόφευκτη, αλλά ένα μεγάλο μέρος από τις απώλειες μπορεί να ελαχιστοποιηθεί, εφόσον οι γεωργικές πρακτικές προσανατολισθούν προς την κατεύθυνση της διατήρησης του νερού, παρά προς την κατεύθυνση μεγιστοποίησης της παραγωγής. Για παράδειγμα, τα φυτά καλλιέργειας θα μπορούσαν να ποτιστούν με συστήματα στάγδην άρδευσης και στις περιοχές που εμφανίζουν περιορισμένα αποθέματα νερού, η καλλιέργειες από υδροβόρα φυτά καλλιέργειας, όπως το ρύζι, μπορεί και πρέπει να αναδιαρθρωθούν.

Η συμβατική γεωργία, εκτός από τη χρήση τόσο μεγάλων ποσοτήτων από τα παγκόσμια αποθέματα νερού, έχει επίδραση στην περιφερειακή αλλά και την παγκόσμια υδρολογική μορφή. Με την άντληση τόσο μεγάλων ποσοτήτων νερού από τους φυσικούς ταμιευτήρες, η γεωργία έχει προκαλέσει μια μαζική μεταφορά νερού από τις ηπείρους στους ωκεανούς. Μια μελέτη του 1994 καταλήγει στο συμπέρασμα ότι στη μεταφορά αυτή του νερού εμπλέκονται 190 δισεκατομμύρια κυβικών μέτρων νερού ετησίως και η στάθμη της θάλασσας έχει κατ' εκτίμηση ανέλθει κατά 1,1 εκατοστόμετρα (Sahagian *et al* 1994). Περιφερειακά, όπου η άρδευση εφαρμόζεται σε μεγάλη κλίμακα, η γεωργία δημιουργεί αλλαγές στην υδρολογία και το μικροκλίμα. Το νερό μεταφέρεται από φυσικούς αποδέκτες στους αγρούς και στο κάτω από αυτούς έδαφος και η αυξημένη εξάτμιση μεταβάλλει τα επίπεδα υγρασίας και μπορεί να επηρεάσει τις μορφές βροχόπτωσης. Οι αλλαγές αυτές με τη σειρά τους επιδρούν σημαντικά στα φυσικά οικοσυστήματα και την άγρια ζωή.

Εάν η συμβατική γεωργία συνεχίσει να χρησιμοποιεί το νερό με τον ίδιο τρόπο, οι περιφερειακές κρίσεις με αντικείμενο το νερό θα καταστούν, με μεγάλο βαθμό, συνηθισμένες, με αποτέλεσμα, εξ αιτίας αυτών, είτε να μεταβάλλει το περιβάλλον και να περιθωριοποιηθούν οι άνθρωποι και οι μελλοντικές γενιές, είτε να περιοριστεί η παραγωγή τροφίμων από είδη εξαρτώμενα από την άρδευση.

3.3.3. Ρύπανση του περιβάλλοντος

Η μεγαλύτερη ρύπανση του νερού προέρχεται από τη γεωργία παρά από οποιαδήποτε άλλη μοναδιαία πηγή. Στους γεωργικής προέλευσης ρυπαντές ανήκουν τα ζιζανιοκτόνα, τα εντομοκτόνα, άλλα αγροχημικά, τα λιπάσματα και τα άλατα.

Τα ζιζανιοκτόνα και τα εντομοκτόνα, τα οποία εφαρμόζονται σε κανονική βάση και σε μεγάλες ποσότητες, συχνά μάλιστα και με αεροσκάφη από αέρος, εύκολα διασπείρονται, ακόμη και μακρύτερα από τους στόχους τους, φονεύοντας αμέσως τα ωφέλιμα έντομα και την άγρια πανίδα και δηλητηριάζοντας τους εργατές της γης. Τα εντομοκτόνα που παίρνουν το δρόμο τους μέσα από ρέματα, ποταμούς και λίμνες και καταλήγουν στις θάλασσες και τους ωκεανούς, μπορεί να έχουν σοβαρές δηλητηριώδεις επιπτώσεις στα υδάτινα οικοσυστήματα. Μπορεί επίσης να επιδράσουν και σε άλλα οικοσυστήματα με έμμεσο τρόπο. Ψαροφάγοι, για παράδειγμα, μπορεί να καταναλώσουν ψάρια έμφορτα εντομοκτόνου, μειώνοντας την αναπαραγωγική ικανότητα των ψαροφάγων και στη συνέχεια να επιδράσουν στα χερσαία οικοσυστήματα. Μολονότι τα επίμονα οργανοχλωριδικά εντομοκτόνα, όπως το DDT

που είναι γνωστό για την ικανότητά του να παραμένει στο οικοσύστημα για πολλές δεκαετίες, χρησιμοποιούνται λιγότερο σε πολλά μέρη της υφελίου, η με λιγότερη επιμονή χρήση τους είναι πολύ περισσότερο οξέως τοξική.

Τα εντομοκτόνα και τα λοιπά αγροχημικά εισέρχονται επίσης στα υπόγεια νερά, όπου μολύνουν τα αποθέματα πόσιμου νερού. Από τα δεδομένα των ΗΠΑ, μόλυνση υπόγειων νερών από εντομοκτόνα καταγράφηκε σε 26 Πολιτείες. Σε μια μελέτη της ΕΡΑ κατά το έτος 1995 βρέθηκε ότι, από τις 29 πόλεις των μεσοδυτικών Πολιτειών των ΗΠΑ, στις οποίες έγινε έλεγχος, στις 28 διαπιστώθηκε η παρουσία εντομοκτόνων στο πόσιμο νερό τους.

Λιπάσματα που ξεπλένονται από τους αγρούς είναι λιγότερο τοξικά από τα εντομοκτόνα, αλλά οι επιπτώσεις τους είναι δυνατό να είναι οικολογικά εξίσου καταστρεπτικές. Στα υδάτινα και τα θαλάσσια οικοσυστήματα δημιουργούν τις προϋποθέσεις για τη υπερανάπτυξη των φυκών και των υδρόβιων φυτών, προκαλώντας τον ευτροφισμό και τη νέκρωση πολλών τύπων οργανισμών. Οι νιτρικές βάσεις των λιπασμάτων είναι επίσης ένας μείζων μολυντής του πόσιμου νερού σε πολλές περιοχές. Μέσα στη λίστα των ρυπαντών με προέλευση τη γεωργία βρίσκονται τα άλατα και τα υπολείμματα, τα οποία σε πολλές τοποθεσίες έχουν υποβαθμίσει τα ρέματα, βοήθησαν να καταστραφούν ιχθυοτροφεία και κατέστησαν υγροβιότοπους ακατάλληλους για τα υδρόβια πτηνά.

Είναι ξεκάθαρο ότι οι πρακτικές της συμβατικής γεωργίας υποβαθμίζουν παγκοσμίως το περιβάλλον, και οδηγούν στην μείωση της ποικιλότητας, διαταράσσουν την ισορροπία των φυσικών οικοσυστημάτων και τελικά, εξαντλούν τη βάση των φυσικών πόρων, στα οποία βασίζεται η γεωργία – και ασφαλώς το ανθρώπινο γένος.

3.3.4. Εξάρτηση από εξωτερικές εισροές

Η συμβατική γεωργία πέτυχε τις υψηλές της αποδόσεις κυρίως, με την αύξηση των γεωργικών εισροών. Οι εισροές αυτές περιλαμβάνουν τα υλικά συστατικά όπως, το νερό άρδευσης, τα λιπάσματα και εντομοκτόνα, την ενέργεια που χρησιμοποιείται για την κατασκευή των υλικών αυτών και το κόστος συντήρησης των μηχανημάτων των αγροκτημάτων και των αντλιών άρδευσης, και φυσικά, την τεχνολογία με τη μορφή των υβριδικών σπόρων, των νέων μηχανημάτων και των νέων αγροχημικών. Όλες αυτές οι εισροές έρχονται απ' έξω από το αγροοικοσύστημα και η εντατική τους χρήση έχει συνέπειες για τα κέρδη του αγρότη – παραγωγού, τη χρήση μη ανανεώσιμων πόρων και τον τόπο (locus) ελέγχου της αγροτικής παραγωγής

Σε μια γεωργική έκταση, όσο περισσότερο χρησιμοποιούνται οι πρακτικές της συμβατικής γεωργίας, τόσο περισσότερο αυτή εξαρτάται από τις εξωτερικές εισροές. Καθώς η εντατική καλλιέργεια και η μονοκαλλιέργεια υποβαθμίζουν το έδαφος, για να συνεχίσει το έδαφος να είναι γόνιμο, αυτό θα εξαρτάται όλο και περισσότερο από τις εισροές αζώτου, αυτό που προέρχεται από τα ορυκτά καύσιμα και των υπόλοιπων θρεπτικών στοιχείων.

Η γεωργία δεν μπορεί να είναι αειφορική, όσο αυτή παραμένει εξαρτημένη από τις εισροές. Πρώτον, διότι οι φυσικοί πόροι, από τους οποίους προέρχονται πολλές από τις εισροές, δεν είναι ανανεώσιμοι και τα αποθέματά τους είναι περατά. Δεύτερον, διότι η εξάρτηση από τις εξωτερικές εισροές καθιστά τους αγρότες, τις περιοχές και ολόκληρες χώρες ευάλωτους στις ελλείψεις των αποθεμάτων, τις διακυμάνσεις των αγορών και τις αυξήσεις των τιμών.

3.3.5. Απώλεια της γενετικής ποικιλότητας

Στο μεγαλύτερο μέρος της ιστορίας της γεωργίας, οι άνθρωποι έχουν αυξήσει την γενετική ποικιλότητα των φυτών καλλιέργειας σ' όλο τον κόσμο. Αυτό κατέστη δυνατό τόσο με την επιλογή μια ποικιλίας συγκεκριμένων και συχνά εγχώρια προσαρμοσμένων χαρακτήρων, μέσω της διασταύρωσης των φυτών, όσο και με την συνεχή αναζήτηση άγριων ειδών και των γονιδίων τους, για τη δημιουργία μιας δεξαμενής εξημερωμένων φυτών.

Στις τελευταίες δεκαετίες όμως, η συνολική γενετική ποικιλότητα των εξημερωμένων φυτών έχει μειωθεί. Πολλές ποικιλίες έχουν εξαφανιστεί, και ένας μεγάλος αριθμός οδεύει προς αυτή την κατεύθυνση. Εντωμεταξύ, η γενετική βάση των περισσότερων μειζόνων φυτών καλλιέργειας έχει καταστεί σε μεγάλο βαθμό ομοιόμορφη. Για παράδειγμα, μόνο έξη ποικιλίες αραβοσίτου λογίζονται για το 70% της καλλιέργειας αραβοσίτου παγκοσμίως.

Η απώλεια της γενετικής ποικιλότητας συνέβη κυρίως λόγω της έμφασης που δόθηκε από τη συμβατική γεωργία στα βραχυπρόθεσμα οφέλη. Όταν αναπτύχθηκαν οι ποικιλίες υψηλής απόδοσης εμφανίστηκε η τάση αυτές να γίνουν αποδεκτές σε βάρος άλλων ποικιλιών, ακόμη και όταν οι ποικιλίες που αντικατέστησαν είχαν πολλά επιθυμητούς και πιθανώς επιθυμητούς χαρακτήρες. Η γενετική ομοιογένεια μεταξύ των φυτών καλλιέργειας είναι επίσης, συνδεδεμένη με τη μεγιστοποίηση της παραγωγικής αποτελεσματικότητας, διότι επιτρέπει τη σταθεροποίηση των διαχειριστικών πρακτικών.

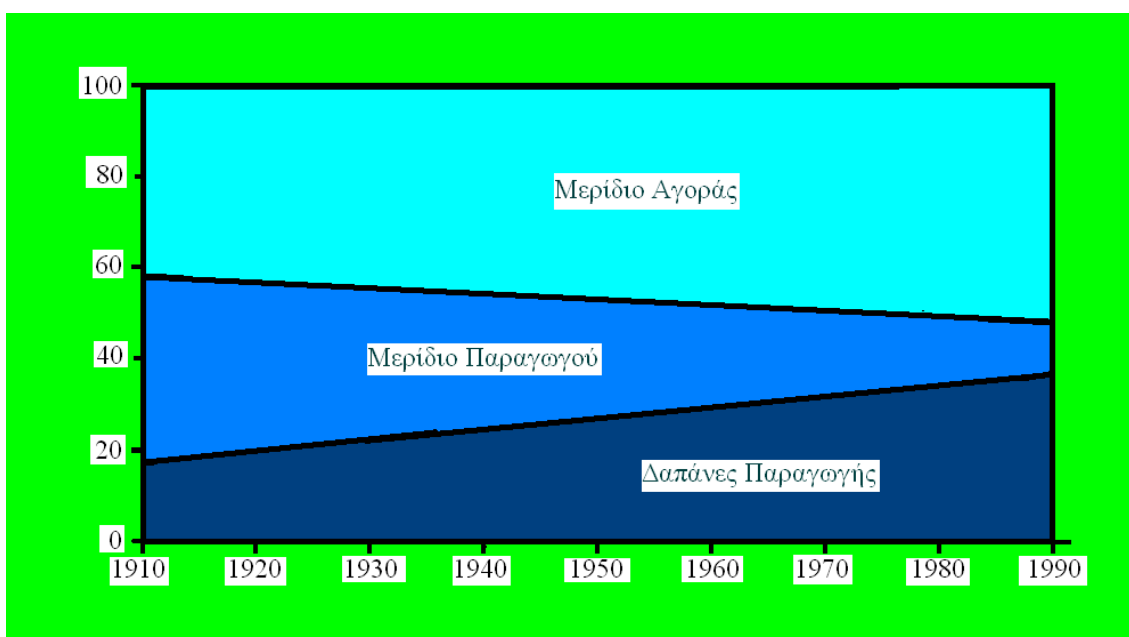
Το πρόβλημα είναι ότι η αυξανόμενη γενετική ομοιομορφία των εξημερωμένων φυτών καλλιέργειας αφήνει τα φυτά καλλιέργειας στο σύνολο περισσότερο ευάλωτα στις προσβολές των εντόμων και των παθογόνων, που αναζητούν αντίσταση στα εντομοκτόνα και στα αμυντικά συστατικά των ίδιων των φυτών. Καθιστά επίσης, τα φυτά περισσότερο ευάλωτα στις αλλαγές του κλίματος και των άλλων περιβαλλοντικών παραγόντων. Το πρόβλημα αυτό χειροτερεύει από την συνοδεύουσα αυτό συρρίκνωση του μεγέθους της γενετικής δεξαμενής του κάθε φυτού καλλιέργειας. Όλο και λιγότερες ποικιλίες υπάρχουν από τις οποίες αντλούμε ανθεκτικά ή προσαρμοσμένα γονίδια.

Η αναγκαιότητα να έχουμε μια μεγάλη γενετική δεξαμενή αποδεικνύεται από το παρακάτω παράδειγμα. Το 1968, οι πρασινοκάνθαροι προσέβαλαν τις καλλιέργειες σόργου των Η.Π.Α., προκαλώντας μια ζημιά του ύψους των 1 0 δεκατομμυρίων δολαρίων. Το επόμενο έτος, το κόστος των εντομοκτόνων που χρησιμοποιήθηκαν για να ελέγξουν τους πρασινοκάνθαρους ήταν περίπου 50 εκατομμύρια δολάρια. Μετά από λίγο, οι ερευνητές ανακάλυψαν μια ποικιλία σόργου που ήταν ανθεκτική στους πρασινοκάνθαρους. Κανένας δεν γνώριζε για την αντίστασή της στους πρασινοκάνθαρους, αλλά η ανακάλυψη ήταν πλέον άνευ αντικειμένου. Η ποικιλία αυτή χρησιμοποιήθηκε για να δημιουργηθεί ένα υβρίδιο που καλλιεργήθηκε σε μεγάλη έκταση και δεν προσβάλλονταν από τους πρασινοκάνθαρους, κάνοντας τη χρήση των εντομοκτόνων μη αναγκαία.

Τέτοιου είδους αντοχές στα έντομα είναι πολύ κοινά στα εξημερωμένα φυτά, «κρυμμένα» στα γονιδιώματα αναμένουν να χρησιμοποιηθούν από τους (διασταυρωτές) φυτών. Καθώς λοιπόν οι ποικιλίες χάνονται, η πολύτιμη γενετική δεξαμενή των χαρακτήρων ελαττώνεται σε μέγεθος και συγκεκριμένοι χαρακτήρες, πιθανόν αξιόλογοι για μελλοντική χρήση, χάνονται για πάντα.

3.3.6. Απώλεια τοπικού ελέγχου της γεωργικής παραγωγής

Παράλληλα με την συγκέντρωση της γεωργίας στα μεγάλης κλίμακας συστήματα μονοκαλλιέργειας, έχει παρατηρηθεί και μια δραματική μείωση του αριθμού των αγροκτημάτων και των ασχολούμενων με τις γεωργικές εργασίες, ειδικότερα στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου η εκμηχάνιση και τα υψηλά επίπεδα των εξωτερικών εισροών αποτελούν τον κανόνα. Από το 1920 μέχρι τις ημέρες μας, ο αριθμός των αγροκτημάτων στις Η.Π.Α. έχει μειωθεί από περισσότερα από 65 εκατομμύρια αγροκτήματα στα 2 εκατομμύρια και το ποσοστό του πληθυσμού που ζει και εργάζεται στα αγροκτήματα μειώθηκε κάτω από το 2%. Στις αναπτυσσόμενες χώρες επίσης, ο αγροτικός πληθυσμός που αρχικά απασχολείτο με τη γεωργία, συνεχίζει να εγκαταλείπει τη γη και μετακινείται προς τις αστικές και βιομηχανικές περιοχές.



Εικόνα 3.2. Μείωση του μεριδίου του αγροκτήμονα από το ποσοστό του καταναλωτή τροφίμων σε \$ Η.Π.Α.

Πηγή: Δεδομένα από τον Smith (1992).

Πέρα από την ενθάρρυνση μιας αγροτικής εξόδου (αστυφιλία), τα σε μεγάλη κλίμακα προσανατολισμένα στους σύγχρονους εξοπλισμούς αγροκτήματα τείνουν να αποσπών βίαια τον έλεγχο της παραγωγής τροφίμων από τις αγροτικές κοινότητες. Η τάση αυτή όμως διακόπτεται, διότι ο εγχώριος έλεγχος, η γνώση των τοπικών συνθηκών και η γενικότερη σύνδεση με τον τόπο είναι κρίσιμη για το είδος της διαχείρισης που απαιτείται για να έχουμε αειφορική παραγωγή. Η παραγωγή τροφίμων η οποία διενεργείται σύμφωνα με όσα υπαγορεύουν οι παγκόσμιες αγορές και μέσα από τις τεχνολογίες οι οποίες αναπτύσσονται αλλαχού, αναπόφευκτα επιβαρύνουν τη διασύνδεση με τις οικολογικές αρχές. Οι βασισμένες στην εμπειρία ικανότητες διαχείρισης αντικαταστάθηκαν από αγοραίες εισροές οι οποίες απαιτούν μεγαλύτερο κεφάλαιο, περισσότερο ενέργεια και εντονότερη χρήση μη ανανεώσιμων πόρων.

Οι αγρότες μικρότερης κλίμακας φαίνεται να έχουν μικρότερη δύναμη απέναντι στην προώθηση της βιομηχανικής γεωργίας. Οι μικρότεροι καλλιεργητές δεν μπορούν να αντέξουν το κόστος αναβάθμισης του εξοπλισμού ή και της τεχνολογίας του αγροκτήματός τους με σκοπό να ανταγωνιστούν επιτυχώς τις επιχειρήσεις των μεγάλων

αγροκτημάτων. Επιπλέον, μια αύξηση στο μερίδιο των χρημάτων που προέρχονται από τον τομέα τροφίμων να πηγαίνει στους διακινητές και τις αγορές, σε συνδυασμό με την πολιτική φτηνού τροφίμου, η οποία διατήρησε τις τιμές αγροκτήματος σχετικά σταθερές, έβαλε πολλούς αγροκτήμονες σε πολύ δύσκολη θέση ανάμεσα στις δαπάνες παραγωγής και των δαπανών αγοράς. Το μερίδιο από το δολάριο του καταναλωτή, όπως φαίνεται και στην **Εικόνα 3.2**, είναι τώρα κάτω από 9% (Smith 1992).

Αντιμέτωποι με μια τέτοια οικονομική αβεβαιότητα, οι αγρότες έχουν λιγότερα κίνητρα να παραμείνουν στη γη τους. Μια τάση που υπάρχει είναι οι μεγαλύτεροι κτηματίες να αγοράζουν τη γη των μικρών γειτόνων τους. Αλλά, όταν η γεωργική γη βρίσκεται κοντά σε ταχέως αναπτυσσόμενα αστικά κέντρα, το κίνητρο αντίθετα είναι η γεωργική γη να πωλείται σε πληθωρισμένη τιμή που αυτή αποκτά ως οικιστική γη. Λόγω αυτής της δυναμικής στη γεωργικά πλούσια Μεγάλη Κεντρική Κοιλάδα της California παρατηρήθηκε η απώλεια εκατοντάδων χιλιάδων εκταρίων γεωργικής γης προς όφελος της «ανάπτυξης», ανάμεσα στα έτη 1950 και 1990 (American Farmland Trust 1995).

Στις λιγότερο αναπτυγμένες χώρες, η αύξηση της μεγάλης κλίμακας εξαγωγικής γεωργίας έχει ακόμη μια δυσοίωνα επίπτωση. Ο αγροτικός πληθυσμός, ο οποίος ήταν κάποτε ικανός να καλύπτει επαρκώς τις διατροφικές του ανάγκες από τη δική του παραγωγή και να πωλεί το περίσσειμα της παραγωγής στις πόλεις, απομακρύνθηκε από τη γη και μετακινήθηκε προς τα αστικά κέντρα, όπου για την διατροφή του έγινε αμέσως εξαρτημένος από άλλους. Με δεδομένο ότι τα περισσότερα τρόφιμα που παράγονται στην ύπαιθρο προορίζονται για εξαγωγή, οι αυξημένες ποσότητες τροφίμων για τις ανάγκες των αστικών περιοχών που επεκτείνονται, πρέπει να εισαχθούν. Λόγω της δυναμικής αυτής, οι εξαγωγές τροφίμων από τις ανεπτυγμένες προς τις αναπτυσσόμενες χώρες έχουν αυξηθεί πέντε φορές μεταξύ 1970 και 1990, και απειλούν την ασφάλεια των τροφίμων των λιγότερο αναπτυγμένων χωρών, κάνοντάς τις περισσότερο εξαρτημένες από τις αναπτυγμένες χώρες.

3.3.7. Παγκόσμια ανισότητα

Παρά τις αυξήσεις στην παραγωγικότητα και τις αποδόσεις, η πείνα εξακολουθεί να υπάρχει σε όλη την υφήλιο. Υπάρχουν επίσης, τεράστιες ανισότητες σε ότι αφορά την πρόσληψη θερμίδων και τη διασφάλιση της τροφής μεταξύ των κατοίκων των αναπτυσσόμενων χωρών και των κατοίκων των αναπτυγμένων χωρών. Στις αναπτυσσόμενες χώρες επίσης, πολύ συχνά παράγονται τρόφιμα προς εξαγωγή στις αναπτυγμένες χώρες και στη συνέχεια αυτές χρησιμοποιούν εξωτερικές εισροές που αγοράζουν από τις αναπτυγμένες χώρες. Παρόλο που τα κέρδη από την πώληση των εξαγωγών των καλλιεργούμενων φυτών ενθλακώνονται από μικρούς αριθμούς γαιοκτημόνων, πολλοί άνθρωποι στις αναπτυσσόμενες χώρες πεινούν.

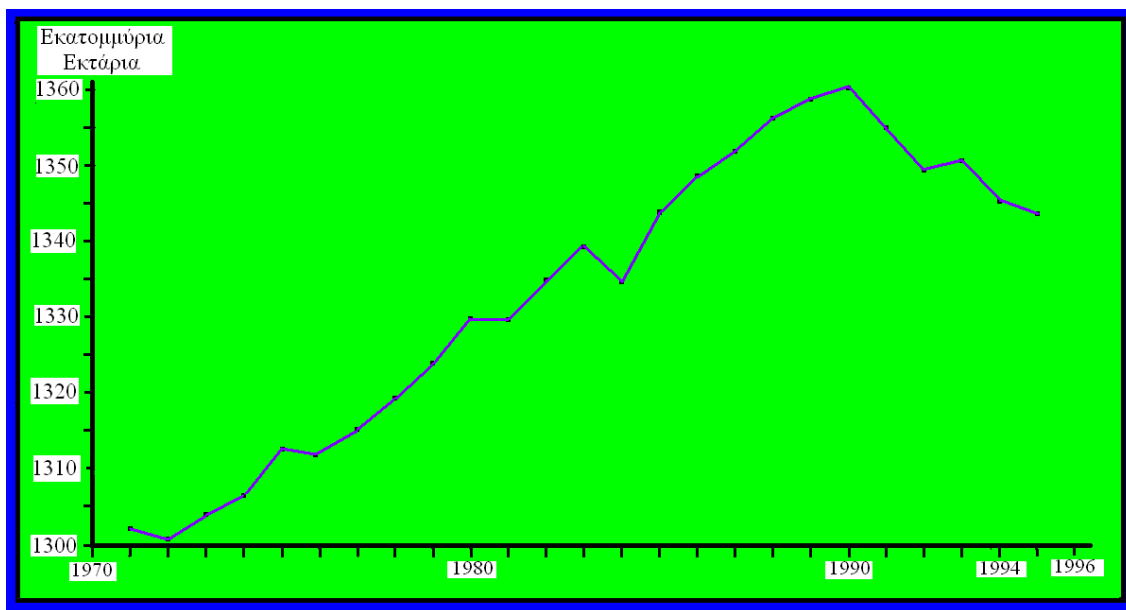
Οι σχέσεις των ανισοτήτων, εκτός του ότι προκάλουν ανώφελη ανθρώπινη δυσπραγία, τείνουν να προωθήσουν αγροτικές πολιτικές και γεωργικές πρακτικές οι οποίες κατευθύνονται περισσότερο από μια οικονομική θεώρηση παρά από την οικολογική σοφία και την μακρόπνοη προοπτική. Για παράδειγμα, στις αναπτυσσόμενες χώρες, πολλοί μικροκαλλιεργητές συχνά οδηγούνται να καλλιεργήσουν σε οριακά εδάφη, αφού ήδη έχουν εκδιωχθεί από κάποιους μεγάλους γαιοκτήμονες, οι οποίοι αυξάνουν την παραγωγή τους για εξαγωγικούς σκοπούς. Αποτέλεσμα αυτού είναι η αποδάσωση, η βαριά διάβρωση και οι σοβαρές κοινωνικές και οικολογικές επιπτώσεις.

Μολονότι, φαινόμενα ανισότητας υπήρξαν από παλιά μεταξύ χωρών και μεταξύ ομάδων εντός των ιδίων χωρών, ο εκσυγχρονισμός της γεωργίας τείνει να τονίσει την

ανισότητα αυτή διότι, τα προκύπτοντα εξ αυτής οφέλη δεν κατανέμονται ισότιμα. Αυτοί που κατέχουν περισσότερη γη και πόρους είχαν καλύτερες προσβάσεις στις νέες τεχνολογίες. Συνεπώς, όσο η συμβατική γεωργία θα βασίζεται στην τεχνολογία του 1^{ου} Παγκοσμίου Πολέμου και οι εξωτερικές εισροές θα είναι προσιτές μόνο σε λίγους, η πρακτική της γεωργίας θα διαωνίζει την ανισότητα και η ανισότητα θα παραμένει ένας φραγμός για την αειφορικότητα.

3.4. Οι λύσεις εξαντλήθηκαν

Κατά τη διάρκεια του περασμένου αιώνα, η παραγωγή τροφίμων αυξήθηκε με δυο τρόπους. Ο πρώτος ήταν ότι, περισσότερες εκτάσεις αποδόθηκαν στην παραγωγή και ο δεύτερος, ότι αυξήθηκε η παραγωγικότητα της γης. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, πολλές από τις τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν για την αύξηση της παραγωγικότητας έχουν πολύ μεγάλες αρνητικές επιπτώσεις που μακροπρόθεσμα επεξεργάζονται την υποτίμηση της παραγωγικότητας της γεωργικής γης. Κατά συνέπεια, τα συμβατικά μέσα για την αύξηση της παραγωγικότητας δεν αποτελούν πλέον εχέγγυα που θα βοηθήσουν στην κάλυψη των αυξανόμενων αναγκών σε τρόφιμα του διαρκώς αυξανόμενου πληθυσμού του πλανήτη.



Εικόνα 3.3. Παγκοσμίως καλλιεργούμενη γεωργική έκταση.

Πηγή: Δεδομένα από τον FAO, FAOSTAT database.

Εντούτοις, η αύξηση της παραγωγής τροφίμων με την καλλιέργεια περισσότερων εκτάσεων είναι επίσης προβληματική. Το μεγαλύτερο μέρος των εκτάσεων στην επιφάνεια της γης που επιδέχεται γεωργική καλλιέργεια έχει ήδη αφιερωθεί σε άλλης μορφής ανθρώπινη χρήση, και από αυτές τις εκτάσεις, η αναλογία που μπορεί να καλλιεργηθεί πραγματικά συρρικνώνεται λόγω της επέκτασης των αστικών κέντρων, της υποβάθμισης του εδάφους και της απερίμωσης. Στα επόμενα έτη, η αύξηση των μεγάλων αστικών κέντρων και της εκβιομηχάνισης θα συνεχίσει να απαιτεί περισσότερη γεωργική γη και πολύ συχνά, την καλύτερη.

Στην **Εικόνα 3.3**, φαίνεται γραφικά το πρόβλημα. Από τα τέλη της δεκαετίας του 80, η κανονική ετήσια αύξηση στον τομέα της αρόσιμης γης σε παγκόσμια κλίμακα

που παρατηρήθηκε από το 1970 (και ενωρίτερα) σταμάτησε και κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 90 συρρικνώθηκε.

Ούτε μέσα από την άρδευση είναι δυνατόν να αποδοθεί περισσότερη γεωργική γη στην καλλιέργεια. Στις περισσότερες ξηρές περιοχές, το νερό είναι ήδη σπάνιο και δεν υπάρχει διαθέσιμο περίσσευμα για αυξημένη γεωργική χρήση. Η ανάπτυξη νέων προμηθειών νερού όμως, έχει αυξημένες σοβαρές περιβαλλοντικές συνέπειες. Σε κάποιες περιοχές, οι οποίες βασίζονται στα υπόγεια νερά τους για να τα χρησιμοποιήσουν για την άρδευση, όπως π.χ. η Σαουδική Αραβία και τμήματα των ΗΠΑ, οι διαθέσιμες για την άρδευση ποσότητες νερού πράγματι θα μειωθούν στο μέλλον τόσο λόγω της υπεράντλησης αλλά και της αύξησης της ζήτησης για μη γεωργική ζήτηση.

Παραμένουν κάποιες μικρές αλλά σημαντικές περιοχές γης που θα μπορούσαν να καλλιεργηθούν, αυτές όμως τώρα καλύπτονται από φυσική βλάστηση. Τμήμα αυτής της γης βρίσκεται στη διαδικασία να αποκτήσει καλλιεργήσιμη χρήση, αλλά αυτός ο τρόπος αύξησης της έκτασης της καλλιεργημένης γης έχει και αυτός τα όριά του. Κατ' αρχήν, μεγάλο τμήμα αυτής της γης είναι τροπικά δάση της βροχής, το έδαφος των οποίων αδυνατεί να υποστηρίξει συνεχή γεωργική παραγωγή.

Επίσης, και αυτό ίσως έχει μεγαλύτερη σημασία, η γη αυτή αρχίζει με αυξανόμενο ρυθμό να αναγνωρίζεται για την αξία της στην παγκόσμια βιολογική ποικιλότητα, την ισορροπία του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, και την διατήρηση των κλιματικών μορφών της γης. Λόγω λοιπόν της αναγνώρισης αυτής, αλλά και των προσπαθειών των περιβαλλοντικών ομάδων, ένα μεγάλο τμήμα του πλανήτη, το οποίο παραμένει παρθένα έκταση, θα είναι και στο μέλλον εκτός των ορίων της γεωργικής μετατροπής.

3.5. Ο δρόμος προς την αειφορικότητα

Η μόνη επιλογή που μας έμεινε είναι να συντηρήσουμε την μακροπρόθεσμη παραγωγικότητα της παγκοσμίως καλλιεργούμενης γης, αφού αλλάξουμε την κατανάλωση και τις μορφές χρήσεις της γης σε περισσότερο ισότιμα επωφελείς, από τους ιδιοκτήτες των αγροκτημάτων μέχρι τους καταναλωτές.

Η διατήρηση της παραγωγικότητας της γεωργικής γης μακροπρόθεσμα απαιτεί αειφορική παραγωγή τροφίμων. Η αειφορικότητα επιτυγχάνεται μέσα από εναλλακτικές γεωργικές πρακτικές που τροφοδοτούνται από την πληροφόρηση που παρέχει η σε βάθος γνώση των οικολογικών διαδικασιών, οι οποίες συμβαίνουν στους αγρούς και τους ευρύτερα αυτών χώρους, τμήμα των οποίων και αποτελούν. Έχοντας αυτό ως βάση, μπορούμε να οδεύσουμε προς την κατεύθυνση των κοινωνικών και οικονομικών αλλαγών που προωθούν την αειφορικότητα όλων των τομέων του συστήματος των τροφίμων.

3.5.1. Τι είναι αειφορικότητα;

Για τους πολλούς ανθρώπους η αειφορικότητα σημαίνει πολλά πράγματα, ταυτόχρονα όμως, υπάρχει μια γενική συμφωνία που βασίζεται στην οικολογία. Στην πλέον γενική της έννοια, η αειφορικότητα αποτελεί μια εκδοχή της έννοιας των **αειφορικών καρπώσεων**, δηλαδή, της κατάστασης εκείνης κατά την οποία, είμεθα ικανοί να συγκομίζουμε βιομάζα από ένα σύστημα στο διηνεκές επειδή η ικανότητα του συστήματος να αυτο-ανανεώνεται ή να ανανεώνεται δεν είναι προς διαπραγμάτευση.

Επειδή «το διηνεκές» δεν μπορεί ποτέ να το παραστήσουμε στο παρόν, η απόδειξη της αιφορικότητας παραμένει πάντοτε στο απώτερο μέλλον. Έτσι, είναι αδύνατο να γνωρίζουμε με σιγουριά, εάν μια συγκεκριμένη πρακτική είναι πράγματι αιφόρος, ή ένα συγκεκριμένο σύνολο πρακτικών συνιστά την αιφορικότητα. Μας είναι όμως εφικτό, να καταδείξουμε ό,τι μια πρακτική κινείται μακριά από την αιφορικότητα.

Έτσι λοιπόν, βασισμένοι στην παρούσα γνώση μας, μπορούμε να υποδείξουμε ό,τι μια αιφορική γεωργία θα πρέπει, τουλάχιστον:

- ✚ να έχει ελάχιστες αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον και να μην απελευθερώνει τοξικές ή επικίνδυνες ουσίες στην ατμόσφαιρα, τις υδάτινες επιφάνειες ή στα υπόγεια νερά,
- ✚ να διατηρεί και αν αναδομεί την γονιμότητα του εδάφους, να εμποδίζει τη διάβρωση του εδάφους και να συντηρεί την οικολογική υγεία του εδάφους,
- ✚ να χρησιμοποιεί το νερό με τέτοιο τρόπο που να επιτρέπει στους υδροφόρους ορίζοντες να ξαναγεμίζουν και να καλύπτονται οι ανάγκες σε νερό, του περιβάλλοντος και των ανθρώπων,
- ✚ να βασίζεται κυρίως στους πόρους του αγροοικοσυστήματος, περιλαμβανομένων και των παρακείμενων κοινοτήτων, με την αντικατάσταση των εξωτερικών εισροών με την ανακύκλωση των θρεπτικών στοιχείων, την καλύτερη συντήρηση και μια εκτεταμένη βάση οικολογικής γνώσης,
- ✚ να εργάζεται προς την κατεύθυνση της αξιολόγησης και της διατήρησης της οικολογικής ποικιλότητας, τόσο για τα άγρια όσο και τα εξημερωμένα τοπία, και
- ✚ να εξασφαλίζει ισότητα προσπέλασης στις κατάλληλες γεωργικές πρακτικές, γνώσεις και τεχνολογίες και να είναι ικανή να ελέγχει τοπικά τους γεωργικούς πόρους.

3.5.2. Ο ρόλος της αγροοικολογίας

Η γεωργία του μέλλοντος, εάν πρόκειται να διαθρέψει τον ολοένα αυξανόμενο ανθρώπινο πληθυσμό, πρέπει αφενός μεν να είναι αιφόρος, αφετέρου δε υψηλά παραγωγική. Οι δυο αυτές προκλήσεις υποδηλώνουν ό,τι, δεν μπορούμε έτσι απλά να εγκαταλείψουμε τις συμβατικές πρακτικές και να επιστρέψουμε στις παραδοσιακές ή αυτόχθονες πρακτικές. Μολονότι η παραδοσιακή γεωργία μπορεί να παράσχει πρότυπα και πρακτικές αξιόλογες για την ανάπτυξη της αιφορικής γεωργίας, αυτή δεν μπορεί να παράγει τις ποσότητες των τροφίμων που απαιτούνται για την προμήθεια των απομακρυσμένων αστικών κέντρων και τις παγκόσμιες αγορές, λόγω του ότι αυτή εστιάζει κυρίως το ενδιαφέρον της στην κάλυψη τοπικών και μικρής κλίμακας αναγκών.

Αυτό που απαιτείται συνεπώς, είναι μια νέα προσέγγιση στη γεωργία και την αγροτική ανάπτυξη η οποία οικοδομεί πάνω στις θέσεις της διατήρησης των πόρων της παραδοσιακής, εγχώριας, μικρής κλίμακας γεωργίας, ενώ ταυτόχρονα σχεδιάζει πάνω στη σύγχρονη γνώση και τις μεθόδους της γεωργίας. Η προσέγγιση αυτή ενσωματώθηκε στην επιστήμη της Αγροοικολογίας, η οποία ορίζεται ως «**η εφαρμογή των οικολογικών απόψεων και αρχών στο σχεδιασμό και τη διαχείριση των αιφορικών οικοσυστημάτων**».

Η αγροοικολογία παρέχει την αναγκαία γνώση και μεθοδολογία για την ανάπτυξη μιας γεωργίας η οποία από τη μια πλευρά είναι περιβαλλοντικά στερεή και

από την άλλη πλευρά είναι υψηλά παραγωγική και οικονομικά βιώσιμη. Ανοίγει ορίζοντες στην ανάπτυξη νέων παραδειγμάτων για τη γεωργία διότι εν μέρει τέμνει τη διάκριση μεταξύ της παραγωγής της γνώσης και τη εφαρμογής της. Αξιολογεί την εγχώρια, εμπειρική γνώση των αγροτών – παραγωγών, το μίρασμα της γνώσης αυτής και την εφαρμογή της στον κοινό σκοπό της αειφορικότητας.

Οι οικολογικές μέθοδοι και αρχές αποτελούν τον ακρογωνιαίο λίθο της αγροοικολογίας. Αυτές είναι απαραίτητες για να καθορισθεί:

- ✚ εάν μια συγκεκριμένη γεωργική πρακτική, εισροή ή απόφαση διαχείρισης είναι αειφορική, και
- ✚ η οικολογική βάση για τη μακροπρόθεσμη λειτουργία της επιλεγμένης στρατηγικής διαχείρισης.

Άπαξ και αυτές είναι γνωστές οι πρακτικές είναι δυνατό να αναπτυχθούν πρακτικές οι οποίες ελαττώνουν τις αγοραζόμενες εξωτερικές εισροές, λιγοστεύουν τις επιπτώσεις τέτοιων εισροών όταν χρησιμοποιούνται και εγκαθίστουν τη βάση για συστήματα σχεδιασμού που βοηθούν τους ιδιοκτήτες αγροκτημάτων να διατηρούν στο διηνεκές τα αγροκτήματά τους και τις αγροτικές τους κοινότητες.

Ακόμη και εάν μια αγροοικολογική προσέγγιση αρχίζει με την εστίαση πάνω σε συγκεκριμένα στοιχεία ενός συστήματος φυτών καλλιέργειας και την οικολογία των στρατηγικών εναλλακτικής διαχείρισης, εγκαθίσταται με τη διαδικασία της βάσης για πολλά περισσότερα. Σε μια ευρύτερη εφαρμογή, μπορεί να μας βοηθήσει να εξετάσουμε την ιστορική ανάπτυξη των γεωργικών δραστηριοτήτων σε μια περιοχή και να καθορίσουμε την οικολογική βάση για την επιλογή περισσότερων αειφορικών πρακτικών προσαρμοσμένων στην περιοχή αυτή. Μπορεί επίσης, να ανιχνεύσει τις αιτίες των προβλημάτων που δημιουργούνται ως αποτέλεσμα των αειφορικών πρακτικών. Και ακόμη πιο ευρύτερα, μια αγροοικολογική προσέγγιση μας βοηθά να διερευνήσουμε την θεωρητική βάση, για την ανάπτυξη προτύπων που θα διευκολύνουν το σχεδιασμό, τον έλεγχο και την αξιολόγηση των αειφορικών αγροοικοσυστημάτων. Σε τελική ανάλυση, η οικολογική γνώση της αγροοικολογικής αειφορικότητας πρέπει να αναθεωρήσει την επικρατούσα προσέγγιση της ανθρωπότητας για την παραγωγή και την αύξηση τροφίμων, ώστε να επιτευχθεί παγκοσμίως η αειφορική παραγωγή τροφίμων.

3.5.3. Η ιστορία της αγροοικολογίας

Οι δύο επιστήμες από τις οποίες προήλθε η αγροοικολογία, δηλαδή η γεωπονία και η οικολογία, είχαν μια ανήσυχη σχέση στη διάρκεια του εικοστού αιώνα. Η οικολογία ενδιαφέρθηκε πρωταρχικά για την μελέτη των φυσικών συστημάτων, ενώ η γεωπονία ασχολήθηκε με την εφαρμογή των μεθόδων της επιστημονικής έρευνας στην γεωργική πρακτική. Τα όρια ανάμεσα στην καθαρή επιστήμη και τη φύση από τη μια μεριά, και την εφαρμοσμένη επιστήμη και τη ανθρώπινη διαβίωση από την άλλη, διατήρησαν τις δυο επιστήμες σχετικά χωρισμένες με την γεωργία να παραμένει στην επικυριαρχία της γεωπονίας. Με λίγες σημαντικές εξαιρέσεις, μόλις πρόσφατα δόθηκε μεγάλη προσοχή στην οικολογική ανάλυση της γεωργίας.

Η πρώτη στιγμή της διασταύρωσης μεταξύ της οικολογίας και της γεωπονίας συνέβη στα τέλη της δεκαετίας του 20, με την ανάπτυξη του πεδίου της οικολογίας των φυτών καλλιέργειας. Οι οικολόγοι φυτών καλλιέργειας ενδιαφέρθηκαν για το που τα φυτά καλλιέργειας αναπτύσσονται και τις οικολογικές συνθήκες κάτω από τις οποίες αναπτύσσονται καλύτερα. Στη δεκαετία του 30, οι οικολόγοι φυτών καλλιέργειας πράγματι πρότειναν το όρο **αγροοικολογία**, ως την εφαρμοσμένη οικολογία τη γεωργία. Όμως, μέχρις ότου η οικολογία καταστεί κάτι παραπάνω από πειραματική

επιστήμη των φυσικών συστημάτων, οι οικολόγοι άφησαν τη «εφαρμοσμένη οικολογία» της γεωργίας στους γεωπόνους και ο όρος αγροοικολογία φαινόταν να είναι ξεχασμένος.

Μετά το τέλος του 2^{ου} Παγκόσμιου Πολέμου, όταν η οικολογία μετακινήθηκε προς την κατεύθυνση της καθαρής επιστήμης, η γεωπονία έγινε επιστήμη προσανατολισμένη σε αυξημένο βαθμό στα αποτελέσματα, εν μέρει λόγω της αυξανόμενης εκμηχάνισης της γεωργίας και της μεγαλύτερης χρήσης των γεωργικών χημικών. Και το χάσμα ανάμεσα στους ερευνητές του κάθε πεδίου διευρυνόταν, διότι οι εμπλεκόμενοι δεν εύρισκαν κοινά σημεία ανάμεσα στις δυο αυτές επιστήμες.

Στα τέλη της δεκαετίας του 50, η ωριμότητα της έννοιας του οικοσυστήματος προκάλεσε κάποιο ανανεωμένο ενδιαφέρον για την οικολογία των φυτών καλλιέργειας και κάποιες εργασίες σ' αυτό που ονομάζονταν γεωργική οικολογία. Η έννοια του οικοσυστήματος παρείχε, για πρώτη φορά, ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο για να εξεταστεί η γεωργία από μια οικολογική προοπτική, μολονότι μόνο λίγοι ερευνητές την χρησιμοποίησαν με αυτό τον τρόπο.

Μέσα στις δεκαετίες του 60 και του 70, το ενδιαφέρον να εφαρμοστεί η οικολογία στη γεωργία κέρδισε βαθμιαία με την εντατικοποίηση της έρευνας στην οικολογία των κοινοτήτων και των πληθυσμών, την αυξανόμενη επίδραση των προσεγγίσεων στο επίπεδο του συστήματος και την αυξανόμενη περιβαλλοντική εγρήγορση. Ένα σημαντικό σημείο του ενδιαφέροντος αυτού, σε παγκόσμιο επίπεδο, συνέβη το 1974 στο πρώτο Παγκόσμιο Συνέδριο της Οικολογίας, όταν μια ομάδα εργασίας ανέπτυξε μια ερευνητική εργασία με τον τίτλο « ~~Α~~λύση των Αγροοικοσυστημάτων».

Καθώς μέσα στη δεκαετία του 70 όλο και περισσότεροι οικολόγοι άρχισαν να βλέπουν τα γεωργικά συστήματα ως εύλογες περιοχές μελέτης, και καθώς όλο και περισσότεροι γεωπόνοι διείδαν την αξία της οικολογικής προοπτικής, τα θεμέλια της αγροοικολογίας ενισχύθηκαν πιο γρήγορα. Στις αρχές της δεκαετίας του 80, η αγροοικολογία αναδείχθηκε ως μια διακριτή μεθοδολογία και εννοιολογικό πλαίσιο για την μελέτη των αγροοικοσυστημάτων. Μια σημαντική επίδραση στην διάρκεια της περιόδου αυτής προήλθε από τα παραδοσιακά καλλιεργητικά συστήματα των αναπτυσσόμενων χωρών, τα οποία άρχισαν να αναγνωρίζονται από πολλούς ερευνητές ως σημαντικά παραδείγματα διαχείρισης οικοσυστημάτων με στέρεα οικολογική βάση (π.χ. S. Gliessman 1978b, S. Gliessman, R. Garcia-Espinosa, and M. Amador 1981).

Καθώς η επίδρασή της μεγάλωνε, η αγροοικολογία βοήθησε στην ανάπτυξη στις έννοιας της αειφορικότητας στη γεωργία. Ενώ η αειφορικότητα παρείχε ένα σκοπό, στον οποίο θα εστίαζε η αγροοικολογική έρευνα, η προσέγγιση των ολικών συστημάτων της αγροοικολογίας και η γνώση του δυναμικού ισοζυγίου παρείχαν μια στέρεα θεωρητική και εννοιολογική βάση για την αειφορικότητα. Το 1984, μια πλειάδα συγγραφέων παρουσίασαν την οικολογική βάση της αειφορικότητας στα πεπραγμένα συμποσίου {Agricultural Sustainability in a Changing World Order, G. Douglas (ed.)}. Η δημοσίευση αυτή έπαιξε ένα πολύ σημαντικό ρόλο στην σταθεροποίηση της σύνδεσης ανάμεσα στην αγροοικολογική έρευνα και την προώθηση της αειφορικής γεωργίας.

Στις μέρες μας, η αγροοικολογία συνεχίζει να (straddle) εγκαταστημένα όρια. Από την μια πλευρά, η αγροοικολογία είναι η μελέτη των οικολογικών διαδικασιών στα αγροοικοσυστήματα και από την άλλη, είναι ένας παράγοντας αλλαγής για τις πολύπλοκες κοινωνικές και οικολογικές μεταβολές που μπορεί να χρειάζεται να συμβούν στο μέλλον για να οδηγηθεί η γεωργία σε μια πραγματικά αειφορική βάση.

3.5.4. Σημαντικές εργασίες στην ιστορία της Αγροοικολογίας

Έτος	Συγγραφέας (εις)	Τίτλος
1928	K. Klages	“Crop ecology and ecological crop geography in the agronomic curriculum”
1938	J. Papadakis	Compendium of Crop Ecology
1939	H. Hanson	“Ecology in Agriculture”
1942	K. Klages	Ecological Crop Ecology
1956	G. Azzi	Agricultural Ecology
1962	C. P. Wilsie	Crop Adaptation and Distribution
1965	W. Tischler	Agrarocologie
1973	D. H. Jansen	“Tropical agroecosystems”
1874	J. Harper	“The need for a focus in agro-ecosystems”
1976	INTECOL	Report on an International Programme for Analysis of Agro-ecosystems
1977	O. L. Loucks	“Emergence of research on agroecosystems”
1978b	S. Gleissman	Memorias del Seminario Regional sobre la Agricultura Trdicional
1979	R. D. Hart	Agroecosistemas: Conceptos Basicos
1979	G. Cox, and M. Atkins	Agricultural Ecology: An Analysis of World Food Production Systems
1981	S. Gleissman, R. Garcia-Espinosa, and M. Amador	‘The ecological basis for the application of traditional agricultural technology in the management of the tropical agroecosystems
1983	M. Altieri	Agroecology
1984	R. Lowrance, B. Stinner, and G. House	Agricultural Ecosystems: Unifying Concepts
1984	G. Douglas (ed.)	Agricultural Sustainability in a Changing World Order
2000	S. Gleissman	Agroecology: Ecological Process in Sustainable Agriculture

3.6. Χρήσιμη συμπληρωματική βιβλιογραφία

Altieri, M. A. 1995. *Agroecology: the Science of Sustainable Agriculture*. Third Edition. Westview Press: Boulder CO.

Douglass, G. K. (ed.). 1984. *Agricultural Sustainability in a Changing World Order*. Westview Press: Boulder CO.

Edwards, C. L., R. Lal, P. Madden, R. H. Miller, and G. House (eds.). 1990. *Sustainable Agricultural Systems*. Soil and Water Conservation Society: Ankeny. IA.

Gleissman, S. 2000. *Agroecology: Ecological Process in Sustainable Agriculture*. Lewis Publishers: New York.

Jackson, Wes. 1980. *New Roots for Agriculture*. Friends of the Earth: San Francisco.

Miller G.T., Jr., 1994. *Living in the Environment: Principles, Connections, and Solutions.* Eighth Edition. Wadsworth: Belmont, CA.

