

Κλιματική αλλαγή και λιβαδικά οικοσυστήματα

Μ. Καρατάσιου, Π. Κωστοπούλου, Α. Γιανταμίδης

Τομέας Λιβαδοπονίας και Άγριας Πανίδας Ιχθυοπονίας Γλυκείων Υδάτων, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, 54124 Θεσσαλονίκη. email: karatass@for.auth.gr

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να εξετάσει τις σημαντικότερες συνιστώσες της κλιματικής αλλαγής (θερμοκρασία, βροχόπτωση, συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα) και τις επιδράσεις που αυτές επιφέρουν στα λιβαδικά οικοσυστήματα, κυρίως όσον αφορά την κατανομή των φυτών, την ποικιλότητα και την παραγωγικότητά τους. Με βάση τα διάφορα σενάρια για τις επερχόμενες κλιματικές αλλαγές προβλέπονται περαιτέρω μεταβολές του κλίματος με αύξηση της θερμοκρασίας, μείωση της ετήσιας βροχόπτωσης και, κατά συνέπεια, της παραγωγής των φυτών, ιδιαίτερα για τις χώρες της Μεσογειακής λεκάνης. Επίσης, προβλέπεται μεταβολή της αναλογίας C₃/C₄ ειδών και αλλαγές στην ποιότητα της βοσκήσιμης ύλης λόγω της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής στην αναλογία C/N. Χαρακτηριστικό είναι, επίσης, το φαινόμενο της εισβολής φυτών (κυρίως αγρωστοδών) σε χώρους εκτός της φυσικής τους εξάπλωσης που σε συνδυασμό με την κλιματική αλλαγή επιφέρουν σημαντικές αλλαγές στα ιθαγενή είδη. Επιπλέον, οι βιοτικές αλλαγές που προκαλούνται από τα είδη εισβολείς θα μπορούσαν επιδρώντας με την κλιματική αλλαγή να αυξήσουν την ευπάθεια των οικοσυστημάτων και, επομένως, τον κίνδυνο για νέες εισβολές ειδών.

Λέξεις-κλειδιά: κλιματική αλλαγή, ποικιλότητα, λιβαδικά οικοσυστήματα

Εισαγωγή

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί μια σημαντική αλλαγή στην κατανομή των καιρικών φαινομένων γύρω από τις μέσες συνθήκες μιας περιοχής. Δημιουργείται από παράγοντες που περιλαμβάνουν ωκεάνιες διαδικασίες, βιοτικές διαδικασίες, διακυμάνσεις στην ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στη γη, κινήσεις των τεκτονικών πλακών, ηφαιστειακές εκρήξεις, ανθρωπογενείς μεταβολές κ.α. Ο όρος «κλιματική αλλαγή» σήμερα χρησιμοποιείται συχνά για να περιγράψει τις ανθρώπινες επεμβάσεις πάνω στα διάφορα οικοσυστήματα. Η παραδόξια θέρμανση μπορεί να συμβάλλει στην αλλαγή του κλίματος της γης μετακινώντας τις ζώνες βροχοπτώσεων, από τον Ισημερινό προς το Βορρά και ερημοποιώντας το κατώτερο τμήμα της εύκρατης ζώνης, προκαλώντας αλλαγές στους διάφορους τύπους βλάστησης. Επιπλέον, αναμένονται συχνότερα ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως υψηλές θερμοκρασίες και ξηρασία ή έντονες βροχοπτώσεις ανάλογα με την περιοχή. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες διαδραματίζουν, σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες, ουσιαστικό ρόλο στον καθορισμό της λειτουργίας και της κατανομής των φυτών. Επειδή τα φυτικά είδη μπορούν να λειτουργήσουν και να ολοκληρώσουν τον κύκλο ζωής τους κάτω από συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες, οι αλλαγές στο κλίμα είναι πιθανό να έχουν σημαντικές επιπτώσεις τόσο στα φυτά όσο και στα οικοσυστήματα γενικότερα. Οι αλλαγές στις περιβαλλοντικές συνθήκες είχαν τεράστιες επιπτώσεις στα πρότυπα ποικιλότητας των φυτών στο παρελθόν και προβλέπεται ότι η κλιματική αλλαγή θα είναι ένας από τους κυριότερους παράγοντες καθορισμού των προτύπων βιοποικιλότητας και στο μέλλον (IPCC 2001).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να εξετάσει τις σημαντικότερες συνιστώσες της κλιματικής αλλαγής (θερμοκρασία, βροχόπτωση, συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα) και τις επιδράσεις που αυτές επιφέρουν στα λιβαδικά οικοσυστήματα, κυρίως όσον αφορά την κατανομή των φυτών, την ποικιλότητα και την παραγωγικότητά τους.

Συνιστώσες κλιματικής αλλαγής

1. Αύξηση της θερμοκρασίας - Βροχοπτώσεις

Σύμφωνα με την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος του ΟΗΕ προκύπτει ότι η μέση θερμοκρασία του πλανήτη έχει αυξηθεί κατά $0.6 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα και ότι η αύξηση αυτή οφείλεται σε σημαντικό βαθμό στη δραστηριότητα του ανθρώπου τα τελευταία 50 χρόνια (IPCC 2001). Η θερμοκρασία της Γης ενδέχεται να αυξηθεί κατά $1.4 - 5.8^{\circ}\text{C}$ μέσα στη χρονική περίοδο 1990 και 2100.

Οι αλλαγές στις κλιματικές συνθήκες σε όλο τον κόσμο υπό την επιρροή της παγκόσμιας θέρμανσης δημιουργούν ασυνήθιστα καιρικά φαινόμενα συχνά με τη μορφή έλλειψης νερού ή με τη μορφή πλημμυρών και κορεσμού του εδάφους με νερό. Στις Μεσογειακές περιοχές προβλέπεται αύξηση της θερμοκρασίας και μείωση της ετήσιας βροχόπτωσης και της διαθέσιμης ποσότητας νερού, με συνέπεια την αύξηση του κινδύνου ξηρασίας και της θερμικής καταπόνησης για τα φυτά.

2. Αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂)

Ο εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας με αέρια, όπως το CO₂, προκαλεί την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, ιδιαίτερα όταν δεν συνοδεύεται από άλλες μεταβολές της ατμόσφαιρας. Η συγκέντρωση CO₂ έχει αυξηθεί από το 1750 κατά 31%, ενώ κυμαίνεται στα υψηλότερα επίπεδα των τελευταίων 650.000 χρόνων. Υπολογίζεται ότι το 75% της ανθρωπογενούς παραγωγής CO₂ προέρχεται από τη χρήση ορυκτών καυσίμων, ενώ το υπόλοιπο προέρχεται από μεταβολές που συντελούνται στο έδαφος, κυρίως μέσω της καταστροφής των δασών (IPCC 2001). Οι ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις του CO₂ αυξάνονται σταθερά από περίπου 315 ppm που ήταν το 1959 σε ένα πρόσφατο ατμοσφαιρικό μέσο των περίπου 385 ppm (Keeling et al. 2009) και σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες είναι πιθανό να συνεχίσουν να αυξάνονται φτάνοντας τα 500-1000 ppm έως το έτος 2100 (IPCC 2007). Οι αυξανόμενες συγκεντρώσεις CO₂ θα έχουν άμεσες επιδράσεις στην ανάπτυξη, τη φυσιολογία και τη βιοχημεία των φυτών, ανεξάρτητα από οποιοδήποτε αλλαγές στο κλίμα (Ziska 2008), αφού το CO₂ παίζει σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό των φυτών.

Επιπτώσεις κλιματικής αλλαγής στα λιβαδικά οικοσυστήματα

Αλλαγές στη χημική σύσταση των φυτικών ιστών.

Λόγω της αυξημένης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας, αποτέλεσμα της αύξησης της συγκέντρωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα, οι μη δομικοί υδατάνθρακες του φύλλου (σάκχαρα και άμυλο) αυξάνονται ανά μονάδα φυλλικής επιφάνειας κατά μέσο όρο 30-40% , ενώ οι συγκεντρώσεις αζώτου στα φύλλα μειώνονται ανά μονάδα μάζας φύλλου κατά 13% (Ainsworth and Long 2005). Έχει βρεθεί ότι το ποσοστό συγκέντρωσης πρωτεϊνών σε σπόρους σιταριού, ρυζιού, κριθαριού και σε κονδύλους πατάτας μειώθηκε κατά 5-14% υπό αυξημένη συγκέντρωση CO₂ (Taub et al. 2008). Επίσης, οι συγκεντρώσεις από σημαντικά θρεπτικά μέταλλα, όπως το ασβέστιο, το μαγνήσιο και ο φώσφορος μπορεί επίσης να μειωθούν (Loladze 2002, Taub and Wang 2008).

Αύξηση της παραγωγής ξηρής ουσίας.

Η ικανότητα επιπρόσθετης φωτοσύνθεσης (λόγω αυξημένου CO₂) οδηγεί σε αύξηση της παραγωγής ξηρής ουσίας κατά μέσο όρο 17% για τα υπέργεια και πάνω από 30% για τα υπόγεια τμήματα των φυτών (Ainsworth and Long 2005, de Graaff et al. 2006). Αν και η αυξημένη βροχόπτωση και θερμοκρασία σε συνδυασμό με το αυξημένο διοξείδιο του άνθρακα αναμένεται να οδηγήσουν γενικά σε υψηλότερη παραγωγή, για τις Μεσογειακές χώρες, λόγω της ενδεχόμενης εμφάνισης παρατεταμένων περιόδων ξηρασίας, αναμένεται μείωση της παραγωγής (Trnka et al 2011).

Αλλαγές στη σύνθεση των λιβαδιών.

Επειδή οι συγκεντρώσεις CO₂ είναι ήδη υψηλές εντός των κυττάρων του περιδερμικού κολεού των C₄ ειδών, η αύξηση του ατμοσφαιρικού CO₂ έχει ελάχιστη άμεση επίδραση στους φωτοσυνθετικούς ρυθμούς για αυτά τα είδη. Τα C₄ είδη ανταποκρίνονται στην αύξηση του CO₂ μειώνοντας τη στοματική τους αγωγιμότητα με αποτέλεσμα την έμμεση αύξηση της φωτοσύνθεσης βοηθώντας έτσι στην αποφυγή υδατικού ελλείμματος (Leakey et al. 2009). Αντίθετα, τα C₃ είδη γενικά ανταποκρίνονται καλύτερα στην αύξηση του CO₂ από ότι τα C₄, όσον αφορά το ρυθμό φωτοσύνθεσης και την παραγωγή βιομάζας. Έχει προταθεί ότι σε αυξανόμενη συκέντρωση CO₂ τα C₃ είδη μπορεί να υπερισχύσουν έναντι των C₄ και να τα εκτοπίσουν, μειώνοντας έτσι τη βιοποικιλότητα των οικοσυστημάτων. Αρκετές όμως έρευνες υποστηρίζουν το αντίθετο. Σύμφωνα με τους Wilson and Hartnett (1998) τα αυξημένα επίπεδα ατμοσφαιρικού CO₂ τείνουν να ενισχύουν τον εποικισμό των μυκήτων στις ρίζες των C₄ ειδών, γεγονός που καθιστά τα στοιχεία του εδάφους και το νερό περισσότερο διαθέσιμα για την ανάπτυξή τους, δημιουργώντας ίσους όρους σε σχέση με τον ανταγωνισμό τους για χώρο σε οποιοδήποτε δεδομένο οικοσύστημα. Στην ίδια κατεύθυνση, οι BassiriRad et al. (1998) βρήκαν ότι το αυξημένο CO₂ ενίσχυσε την ικανότητα του πολυετούς C₄ αγρωστώδους *Bouteloua eriopoda* (Torr.) Torr. να αυξήσει την πρόσληψη NO₃⁻ και PO₄³⁻ σημαντικά περισσότερο σε σχέση με τους πολυετείς C₃ θάμνους *Larrea tridentata* (DC.) Coville και *Prosopis glandulosa* Torr. Οι Ward et al. (1999) βρήκαν ότι το *Amaranthus retroflexus* L. παρουσίαζε καλύτερη ανταμνη μετά από ξηρασία από ότι τα C₃ είδη, γεγονός που υποδηλώνει ότι «τα C₄ είδη θα συνέχιζαν να είναι πιο ανταγωνιστικά από τα C₃ είδη σε περιοχές που βιώνουν πιο συχνές και σοβαρές ξηρασίες». Οι παραπάνω ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι «μπορεί να είναι ανώριμο να προβλέψουμε ότι τα C₄ φυτικά είδη θα χάσουν το ανταγωνιστικό πλεονέκτημά τους έναντι των C₃ φυτικών ειδών σε αυξημένο CO₂». Επίσης, οι Campbell et al. (2000) αναφέρουν ότι, τόσο η αύξηση των C₄ ειδών, όσο και η αντίστοιχη των C₃ ειδών, ανταποκρίνεται με παρόμοιο τρόπο στη συγκέντρωση CO₂ όταν η προμήθεια νερού περιορίζει την αύξηση, όπως είναι σύνηθες στα λιβάδια που κυριαρχούνται από τα C₄ είδη. Από την άλλη πλευρά, πειράματα πεδίου προτείνουν μια πιο περίπλοκη εικόνα με τα C₄ είδη να ανταποκρίνονται καλύτερα από τα C₃ σε αυξημένο CO₂ λόγω της βελτιωμένης χρησιμοποίησης του νερού σε επίπεδο οικοσυστήματος (Owensby et al. 1993, Polley et al. 1996). Πάντως, όσον αφορά τη μεσογειακή λεκάνη, είναι πιθανή μια μεταβολή προς τα C₄ είδη λόγω της αύξησης της ξηρασίας και της θερμοκρασίας, προκαλώντας όμως αρνητικές επιδράσεις στη θρεπτική αξία των λιβαδικών φυτών (Mannetje 2007).

Σε αντίθεση με τα C₄ είδη, μια άλλη ομάδα φυτών, τα ψυχανθή εμφανίζονται ιδιαίτερα προσαρμοσμένα στο αυξημένο CO₂ παρουσιάζοντας αυξημένη φωτοσύνθεση και ρυθμούς ανάπτυξης (Rogers et al. 2009). Σε συνθήκες αυξημένου CO₂, τα ψυχανθή μπορούν να οδηγήσουν την περίσσεια άνθρακα στα ριζικά οξείδια, λειτουργώντας ως πηγή άνθρακα και ενέργειας για τα συμβιωτικά βακτήρια. Στην ουσία, τα ψυχανθή μπορεί να είναι σε θέση να ανταλλάσσουν το πλεόνασμα άνθρακα για άζωτο και επομένως να μεγιστοποιούν τα οφέλη του αυξημένου ατμοσφαιρικού CO₂. Οι αυξανόμενες ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις CO₂ μπορεί, επομένως, να οδηγήσουν σε αλλαγές στη σύνθεση των φυτοκοινοτήτων. Σε πειράματα μικτών ειδών υπό συνθήκες υψηλής γονιμότητας, τα C₄ είδη μειώνονται ως ποσοστό συμμετοχή στη βιομάζα των φυτοκοινοτήτων με αυξημένο CO₂ ενώ, σε συνθήκες χαμηλής γονιμότητας, τα ψυχανθή αυξάνονται (Poorter and Navas 2003). Τέλος, οι Trnka et al. (2011) αναφέρουν ότι το αυξημένο διοξείδιο του άνθρακα ευνοεί τα ψυχανθή και βραχυπρόθεσμα μειώνει την ανταγωνιστικότητα των αγρωστωδών.

Αλλαγές στη βοσκήσιμη ύλη.

Η κλιματική αλλαγή αναμένεται να επηρεάσει την ποιότητα και την ποσότητα βοσκήσιμης ύλης. Η ποιότητα της βοσκήσιμης ύλης εξαρτάται από την πεπτικότητα, το περιεχόμενο ενέργειας και πρωτεΐνης, τη γευστικότητα και τις συγκεντρώσεις μεταλλικών και

μη θρεπτικών στοιχείων, παράγοντες που επηρεάζονται από το αυξημένο CO₂ (Jones 1997). Η ποιότητα της βοσκήσιμης ύλης είναι πιθανό να μειωθεί από την αύξηση του CO₂ λόγω της αυξημένης αναλογίας C/N και των πιθανών αυξημένων συγκεντρώσεων των μη γευστικών αλλά και των τοξικών ουσιών στα φυτά. Επίσης, τα φυτά υπό την επίδραση αυξημένου CO₂ παρουσιάζουν μειωμένες συγκεντρώσεις μεταλλικών στοιχείων. Η μεταβολή της αναλογίας C/N στα φύλλα οδηγεί σε αύξηση της κατανάλωσης βοσκήσιμης ύλης για την ικανοποίηση των διατροφικών απαιτήσεων των ζώων, καθώς υπάρχει σημαντική μείωση της ποιότητας της τροφής (Jones 1997). Ωστόσο, η αύξηση των συνολικών μη δομικών υδατανθράκων δημιουργεί ένα είδος τροφής που είναι καταλληλότερο για τις διατροφικές ανάγκες των μηρυκαστικών (NEPC Grazing Guide 2011). Υπό αυξημένο ατμοσφαιρικό CO₂, τα ψυχανθή ενσωματώνουν περισσότερο άζωτο και παράγουν περισσότερη βοσκήσιμη ύλη. Τα υπόλοιπα μη ψυχανθή είδη έχουν επίσης υψηλότερη παραγωγή καθώς γίνονται πιο αποτελεσματικά στη χρησιμοποίηση του νερού (NEPC Grazing Guide 2011). Η αποτελεσματικότητα των βροχοπτώσεων όσον αφορά την αύξηση της ποσότητας της βοσκήσιμης ύλης καθορίζεται από την κάλυψη του εδάφους, το είδος του εδάφους, την εξάτμιση, την κλίση και την ένταση της βροχόπτωσης (Queensland Government 2013).

Εισβολή φυτών.

Τα είδη εισβολείς και η κλιματική αλλαγή είναι δύο από τις πιο διαδεδομένες μορφές διαταραχής του οικοσυστήματος που θα απειλήσουν με αυξανόμενο ρυθμό τη βιοποικιλότητα των οικοσυστημάτων κατά τη διάρκεια του 21^{ου} αιώνα (Vitousek et al. 1996). Επιπλέον, οι μεταβαλλόμενες συνθήκες βροχόπτωσης και θερμοκρασίας είναι πιθανό να αλλάξουν την κατανομή των εκτάσεων που βρίσκονται σε κίνδυνο εισβολής (Dukes and Mooney 1999). Τα αγρωστώδη είναι μια ομάδα ειδών που συνολικά μπορεί να είναι επαρκώς εξοπλισμένα και αποτελεσματικά στο να μεταβάλλουν τοπικές και παγκόσμιες πτυχές της λειτουργίας των οικοσυστημάτων. Οι εισβολές αγρωστωδών είναι σημαντικές για διάφορους λόγους: 1) τα εισβάλλοντα αγρωστώδη ανταγωνίζονται επαρκώς τα ιθαγενή είδη σε ένα μεγάλο εύρος οικοσυστημάτων, 2) στους χώρους όπου κυριαρχούν, μπορούν να μεταβάλλουν τις διαδικασίες του οικοσυστήματος από τον κύκλο των στοιχείων μέχρι το τοπικό μικροκλίμα και 3) πολλά είδη αγρωστωδών ανέχονται ή ακόμη ενισχύουν την πυρκαγιά και πολλά ανταποκρίνονται στη φωτιά με ταχεία ανάπτυξη. Η φωτιά είναι σημαντικός παράγοντας για την ατμοσφαιρική αλλαγή τόσο σε τοπικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο (Keller et al. 1991).

Η αποτελεσματική χρήση του νερού είναι ένα μέσο με το οποίο τα εισβάλλοντα αγρωστώδη ανταγωνίζονται τα ιθαγενή είδη. Η αποτελεσματική πρόσληψη νερού είναι πιθανώς το αποτέλεσμα του πυκνού επιφανειακού τους ριζικού συστήματος (Davis and Mooney 1985), ενώ, έχει αποδειχθεί ότι ανταγωνίζονται αποτελεσματικά τα ιθαγενή είδη για τα εδαφικά στοιχεία (Elliott and White 1989). Τα αγρωστώδη με υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης μπορούν να μειώσουν το φως στην επιφάνεια του εδάφους και επομένως να περιορίσουν τη φωτοσυνθετική ικανότητα των ανταγωνιστών τους (Tang et al. 1988, Thompson and Harper 1988). Τα υπολείμματα των αγρωστωδών μπορούν να επηρεάσουν τη θερμοκρασία και την υγρασία της επιφάνειας του εδάφους και, ως εκ τούτου, τη φύτευση των σπόρων, την ανάπτυξη των φυτάρων και το μετασχηματισμό των στοιχείων (Facelli and Pickett 1991). Ο αποτελεσματικός ανταγωνισμός των αγρωστωδών για νερό και θρεπτικά στοιχεία οδηγεί στη διακοπή της διαδοχής μέσω του ανταγωνισμού για νερό με τα ιθαγενή είδη. Η εξουδετέρωση των ιθαγενών φυτών μέσω του ανταγωνισμού με τα εισβάλλοντα αγρωστώδη επηρεάζει την ποικιλότητα και τη διατήρηση πληθυσμών ζώων που βασίζονται στα αγρωστώδη για τροφή (Wilson and Belcher 1989). Σε τοπική κλίμακα αυτό μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια φυτικής και ζωικής ποικιλότητας και στον κατακερματισμό των φυσικών οικοσυστημάτων. Ακόμη και όταν τελικά τα εισβάλλοντα αγρωστώδη αντικατασταθούν από ξυλώδη είδη, η ανταγωνιστική επιτυχία του αγρωστώδους παρατείνει την περίοδο κατά τη διάρκεια της οποίας διαδοχικά οικοσυστήματα είναι επιρρεπή σε πυρκαγιά.

Συμπεράσματα

Η κλιματική αλλαγή προβλέπεται να έχει σημαντικές επιπτώσεις στα λιβαδικά οικοσυστήματα. Οι προβλεπόμενες μεταβολές για τα μεσογειακά οικοσυστήματα περιλαμβάνουν: α) αύξηση της θερμοκρασίας και του κινδύνου ξηρασίας, β) μείωση της ετήσιας βροχόπτωσης, γ) μείωση της διαθεσιμότητας νερού και δ) μείωση της παραγωγής των φυτών.

Οι τρέχουσες βιοτικές αλλαγές που προκαλούνται από τα είδη εισβολείς θα μπορούσαν επιπλέον να επιδράσουν με την κλιματική αλλαγή αυξάνοντας την ευπάθεια των οικοσυστημάτων και επομένως των κίνδυνο νέων εισβολών. Η αύξηση της συχνότητας των πυρκαγιών, λόγω της μεταβολής του οικοσυστήματος από την είσοδο των φυτών εισβολέων, προκαλεί μεταβολή του μικροκλίματος που ευνοεί περισσότερο την ανταγωνιστικότητα των C₄ ειδών.

Βιβλιογραφία

- Ainsworth, E. A. and S. P. Long. 2005. What have we learned from 15 years of free-air CO₂ enrichment (FACE)? A meta-analytic review of the responses of photosynthesis, canopy properties and plant production to rising CO₂. *New Phytol.*, 165: 351-372.
- BassirRad, H., J.F Reynolds, R.A Virginia and M.H. Brunelle. 1998. Growth and root NO₃⁻ and PO₄³⁻ uptake capacity of three desert species in response to atmospheric CO₂ enrichment. *Aust. J. Plant Physiol.*, 24: 353-358.
- Campbell, B.D., Stafford D.M. Smith, A.J. Ash, J. Fuhrer, R.M Gifford, P. Hiernaux, S.M. Howden, M.B. Jones, J.A. Ludwig, R. Manderscheid, J.A. Morgan, P.C.D. Newton, J. Nosberger, C.E Owensby, J.F. Soussana, Z. Tuba, and C. ZuoZhong. 2000. A synthesis of recent global change research on pasture and rangeland production: reduced uncertainties and their management implications. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 82: 39-55.
- Davis, S.D. and H.A. Mooney. 1985. Comparative water relations of adjacent California shrub and grassland communities. *Oecologia*, 66: 522-529.
- de Graaff, M. A., K. J. Van Groenigen, J. Six, B. HUNGATE and C. Van Kessel. 2006. Interactions between plant growth and soil nutrient cycling under elevated CO₂: a meta-analysis. *Global Change Biol.*, 12: 2077-2091.
- Dukes, J. S. and H.A. Mooney. 1999. Does global change increase the success of biological invaders? *Trends Ecol. Evol.* 14: 135-139.
- Elliott, K.J. and A.S. White. 1989. Competitive effects of various grasses and forbs on ponderosa pine seedlings. *For. Sci.*, 33(2): 356-366.
- Facelli, J.M. and S.T.A. Pickett. 1991. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. *Bot. Rev.*, 57: 1-32.
- IPCC. 2001. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (J.T. Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson, Eds). Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Jones, M.B. 1997. The impacts of global climate change on grassland ecosystems. *Proceedings XVIII IGC, Winnipeg, MB*, pp. 181-188.
- Keeling, R.F., S.C Piper, A.F. Bollenbacher and J.S. Walker. 2009. Atmospheric CO₂ records from sites in the SIO air sampling network. In *Trends: A Compendium of Data on Global Change* (Oak Ridge, TN: Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy).
- Keller, M., Jacob D.J., Wofsy S.C., and R.C. Harriss. 1991. Effects of tropical deforestation on global and regional atmospheric chemistry. *Clim Change*, 19: 145-158.

- Leakey, A.D.B., E.A Ainsworth, et al. 2009. Elevated CO₂ effects on plant carbon, nitrogen, and water relations; six important lessons from FACE. *J. Exper. Bot.*, 60: 2859-2876.
- Loladze, I. 2002. Rising atmospheric CO₂ and human nutrition: toward globally imbalanced plant stoichiometry? *Trends Ecol. Evol.*, 17: 457-461.
- Mannetje, L. 2007. Climate change and grasslands through the ages: an overview. *Grass Forage Sci.*, 62: 113-117.
- NEPC Grazing Guide. 2011. Implications of rising atmospheric CO₂ and climate change for grazinglands. <http://grazingguide.net/2011/10/implications-of-rising-atmospheric-co2-and-climate-change-for-grazinglands/>.
- Owensby, C.E., Coyne P.I. and J.M. Ham. 1993. Biomass production in a tallgrass prairie ecosystem exposed to ambient and elevated CO₂. *Ecol. Applications*, 3: 644-653.
- Polley, H.W., H.B. Johnson, H.S. Mayeux, and C.R. Tischler. 1996. Are some of the recent changes in grassland communities a response to rising CO₂ concentrations? In: *Carbon Dioxide, Populations, and Communities* [Körner, C. and F.A. Bazzaz (eds.)]. Academic Press, San Diego, pp. 177-195.
- Poorter, H. and M.L. Navas. 2003. Plant growth and competition at elevated CO₂: on winners, losers and functional groups. *New Phytol.*, 157: 175-198.
- Queensland Government 2013. Role of climate and rainfall in grazing systems. <http://www.business.qld.gov.au/industry/agriculture/crop-growing/grazing-and-pasture-management/sustainable-grazing/climate>.
- Rogers, A., E. Ainsworth, et al. 2009. Will elevated carbon dioxide concentration amplify the benefits of nitrogen fixation in legumes? *Plant Physiol.*, 151: 1009-1016.
- Tang ,Y., I. Washitani, T. Tsuchiya and H. Iwaki. 1988. Fluctuations of photosynthetic photon flux density within a *Miscanthus sinensis* canopy. *Ecol. Res.*, 3: 253-266.
- Taub, D.R. and X.Z. Wang. 2008. Why are nitrogen concentrations in plant tissues lower under elevated CO₂? A critical examination of the hypotheses. *J. Integrative Plant Biol.*, 50: 1365-1374.
- Taub, D., B. Miller, et al. 2008. Effects of elevated CO₂ on the protein concentration of food crops: a meta-analysis. *Global Change Biol.*, 14: 565-575.
- Thompson, L. and J.L. Harper. 1988. The effect of grasses on the quality of transmitted radiation and its influence on the growth of white clover *Trifolium repens*. *Oecologia*, 75: 343-347.
- Trnka, M, Bartosova L., A. Schaumberger, F. Ruget, J. Eitzinger, H. Formayer, B. Seguin and J.E. Olesen. 2011. Climate change and impact on European grasslands. *Grassland Science in Europe*, 16: 39-51.
- Vitousek, P.M., C.M. D'Antonio, L.L. Loope and R. Westbrooks. 1996. Biological invasions as global environmental change. *Am. Scientist*, 84: 468-478.
- Wand, S.J.E., G.F. Midgley, M.H Jones. and P.S. Curtis. 1999. Responses of wild C₄ and C₃ grass (*Poaceae*) species to elevated atmospheric CO₂ concentration: a meta-analytic test of current theories and perceptions. *Global Change Biol.*, 5: 723-741.
- Wilson, G.W.T. and D.C. Hartnett. 1998. Interspecific variation in plant responses to mycorrhizal colonization in tallgrass prairie. *Am. J. Bot.*, 85: 1732-1738.
- Wilson, S.D. and J.W. Belcher. 1989. Plant and bird communities of native prairie and introduced Eurasian vegetation in Manitoba, Canada. *Conserv. Biol.*, 3: 39-44.
- Ziska, L. 2008. H. Rising atmospheric carbon dioxide and plant biology: the overlooked paradigm. In: *Controversies in Science and Technology, From Climate to Chromosomes*. (Kleinman, D.L., K.A. Cloud-Hansen, et al., eds.). New Rochele: Liebert, Inc., pp. 379-400.

Climatic changes and grasslands

Karatassiou M., P. Kostopoulou, A. Giandamidis

Laboratory of Range Ecology, Aristotle University of Thessaloniki, GR-54124, Thessaloniki, Greece, karatass@for.auth.gr

Abstract

Aim of the present study was to investigate the main parameters of climatic change (temperature, precipitation, CO₂ concentration) and their effects on grassland ecosystems, with special reference to plant distribution, biodiversity and productivity. The various climatic change scenarios predict an increase in temperature and a decrease in annual rainfall, and therefore, a decrease in plant production, especially for the countries of the Mediterranean zone. In addition, climatic changes are predicted to alter the C₃/C₄ species ratio, and the forage quality, through changes in the C/N ratio. Another important change will be the phenomenon of plant invasion of mainly grass species in places outside their natural distribution, strongly affecting the indigenous species. The biotic changes caused by the invasion species could increase the ecosystem's susceptibility and therefore the risk for new species invasions.

Key words: climatic changes, biodiversity, grasslands