



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ,
ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής στην παραγωγή τροφής σε παγκόσμιο επίπεδο

Διπλωματική Εργασία



Επιμέλεια: Κοντός Δημήτρης

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Όλγα Χριστοπούλου

Βόλος, Ιούλιος 2021

Δημήτρης Κοντός

*Οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής στην
παραγωγή τροφής σε παγκόσμιο επίπεδο*

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω για τη βοήθειά της την επιβλέπουσα καθηγήτρια, κυρία Όλγα Χριστοπούλου, για τη σωστή καθοδήγησή της κατά τη διάρκεια της υλοποίησης της διπλωματικής μου εργασίας και για το θέμα που μου ανέθεσε, καθώς επίσης και τους γονείς μου για τη στήριξή τους σε αυτή μου την προσπάθεια.

Περίληψη

Η κλιματική αλλαγή έχει αντίκτυπο στην παραγωγή τροφίμων παγκοσμίως. Οι σημαντικότερες επιπτώσεις της είναι η θέρμανση της ατμόσφαιρας, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, η καταστροφή των τροπικών δασών και η εκδήλωση βίαιων μετεωρολογικών φαινομένων. Η αλλαγή του κλίματος, η τεράστια απώλεια βιοποικιλότητας και η εξάπλωση καταστροφικών ασθενειών, καθιστούν αναγκαία την επανεξέταση της σχέσης μας με τη φύση.

Η παραγωγή των καλλιεργειών είναι εξαιρετικά ευαίσθητη στις ακραίες αλλαγές του κλίματος. Το υγιές έδαφος είναι πολύ σημαντικό στην παραγωγή τροφίμων. Μετά τους ωκεανούς, έχει μεγαλύτερη δυνατότητα και από τα δάση στη δέσμευση διοξειδίου του άνθρακα από τον αέρα.

Στην παρούσα εργασία εξετάζονται η ευπάθεια της παγκόσμιας παραγωγής τροφίμων σε ακραία καιρικά φαινόμενα και ο αντίκτυπος της ανόδου της θερμοκρασίας και της μεταβλητότητας των βροχοπτώσεων στη γεωργία (αποδόσεις μεγάλων καλλιεργειών), την κτηνοτροφία και την αλιεία. Επίσης, αναφέρονται οι επιπτώσεις στην επισιτιστική ασφάλεια, την ασφάλεια υδάτων και την παγκόσμια κατανάλωση πόρων.

Ακολουθώς γίνεται επιμερισμός των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην παραγωγή τροφής στις πέντε ηπείρους, και αναλύονται οι στρατηγικές προσαρμογής και μετριασμού των επιδράσεών της. Τέλος, προτείνονται δράσεις για τον περιορισμό των επιπτώσεών της στην παραγωγή τροφής και την ενίσχυση της επισιτιστικής ασφάλειας.

Λέξεις κλειδιά: Κλιματική Αλλαγή, Παγκόσμια Παραγωγή Τροφίμων, Επιπτώσεις, Μετριασμός-Προσαρμογή, Επισιτιστική Ασφάλεια

Abstract

Climate change is having an impact on food production worldwide. Its most important effects are the warming of the atmosphere, the sea level rise, the destruction of the tropical forests and the occurrence of violent meteorological phenomena. Climate change, the enormous loss of biodiversity and the spread of catastrophic diseases, make the reconsideration of our relationship with nature necessary.

Crop production is highly sensitive to extreme climate changes. Healthy soil is very important in food production. After the oceans, it has a greater potential than forests to capture carbon dioxide from the air.

This paper examines the vulnerability of global food production to extreme weather events and the impact of rising temperatures and rainfall variability on agriculture (large crop yields), livestock and fisheries. Impacts on food security, water security and global resource consumption are also reported.

The effects of climate change on food production on the five continents are then divided, and the strategies for adapting and mitigating its effects are analyzed. Finally, actions are suggested to reduce its impact on food production and enhance food security.

Key words: Climate Change, Global Food Production, Impacts, Mitigation-Adaptation, Food Security

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	1
Abstract.....	2
1. Εννοιολογικές και θεωρητικές προσεγγίσεις.....	3
1.1 Κλίμα και κλιματική αλλαγή-Ορισμοί.....	3
1.2 Ιστορική αναδρομή.....	3
1.3 Ατμοσφαιρική ρύπανση.....	4
1.4 Φαινόμενο του θερμοκηπίου.....	4
1.5 Φωτοχημικό νέφος.....	6
1.6 Όξινη βροχή.....	6
1.7 Προβλεπόμενες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.....	7
1.8 Συνεδριάσεις στα πλαίσια των Η.Ε. για την κλιματική αλλαγή.....	8
1.9 Παραγωγή τροφίμων.....	9
1.9.1 Γεωργική παραγωγικότητα και βιοποικιλότητα.....	9
1.9.2 Γεωργία.....	9
1.9.3 Αλιεία.....	12
1.9.4 Κτηνοτροφία.....	13
2. Επιπτώσεις ακραίων καιρικών φαινομένων στην παραγωγή τροφίμων.....	14
2.1 Ευπάθεια της παγκόσμιας παραγωγής τροφίμων σε ακραία καιρικά φαινόμενα.....	14
2.2 Άμεσοι κίνδυνοι των ακραίων καιρικών φαινομένων.....	16
2.2.1 Ξηρασία.....	16
2.2.2 Πλημμύρες των ποταμών.....	17
2.2.3 Οι κίνδυνοι από την αύξηση του επιπέδου της στάθμης της θάλασσας.....	17
2.2.4 Δεδομένα Κινδύνων.....	20
2.3 Απειλή για την επισιτιστική ασφάλεια.....	20
2.3.1 Περιβαλλοντικές πιέσεις στην ασφάλεια τροφίμων.....	20
2.3.2 Μυκοτοξίνες.....	22
2.4 Επιπτώσεις στη Γεωργία.....	23
2.5 Επιπτώσεις στην Κτηνοτροφία.....	26
2.6 Επιπτώσεις στην Αλιεία.....	29

2.7 Ακραία καιρικά φαινόμενα και ασφάλεια τροφίμων.....	32
3. Επιμερισμός των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην παραγωγή τροφής παγκοσμίως.....	33
3.1 Κλιματική αλλαγή – Προβλέψεις.....	33
3.2 Ευρώπη.....	33
3.3 Μεσόγειος.....	37
3.4 Ηνωμένο Βασίλειο.....	41
3.5 ΗΠΑ.....	44
3.6 Καναδάς.....	52
3.7 Βραζιλία.....	54
3.8 Ασία.....	56
3.9 Αφρική.....	59
3.10 Αραβικός κόσμος.....	60
3.11 Αυστραλία.....	63
3.12 Επιπτώσεις στις δέκα σημαντικότερες καλλιέργειες παγκοσμίως.....	65
3.13 Επιπτώσεις στην παγκόσμια κατανάλωση πόρων.....	68
4. Στρατηγικές προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή και μετριασμού των επιδράσεων στην παραγωγή τροφής.....	72
4.1 Ευαισθησία των τροφίμων στο κλίμα.....	72
4.2 Τρόποι αντιμετώπισης.....	73
4.2.1 Προσαρμογή.....	73
4.2.1.1 Μοντέλα που προτείνονται σε διάφορες χώρες.....	74
4.2.1.2 Στρατηγικές προσαρμογής για την Κτηνοτροφία.....	75
4.2.1.3 Στρατηγικές προσαρμογής για τη Γεωργία.....	76
4.2.1.4 Στρατηγικές προσαρμογής για την Αλιεία.....	77
4.2.2 Μετριασμός.....	78
4.2.2.1 Μοντέλα που προτείνονται σε διάφορες χώρες.....	78
4.2.2.2 Στρατηγικές μετριασμού για την Κτηνοτροφία.....	79
4.2.2.3 Στρατηγικές μετριασμού για τη Γεωργία.....	80
4.2.2.4 Στρατηγικές μετριασμού για την Αλιεία.....	83
4.3 Παραδείγματα Χωρών.....	84

5. Αντιμετώπιση των αναδυόμενων κινδύνων για τα τρόφιμα	92
6. Συμπεράσματα	97
6.1 Επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην πείνα, την επισιτιστική ασφάλεια και τη διατροφή.....	97
6.2 Συμπεράσματα σχετικά με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα συστήματα τροφίμων.....	97
7. Προτάσεις	99
7.1 Δράσεις στα μέτωπα της κλιματικής αλλαγής για αντιμετώπισή της.....	99
7.2 Ενίσχυση της μελλοντικής επισιτιστικής ασφάλειας.....	102
8. Βιβλιογραφία	104

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Σχηματική απεικόνιση του φαινομένου του θερμοκηπίου.....	4
Εικόνα 2: Σύγκριση μεταξύ Συμβατικής και Αναγεννητικής Γεωργίας.....	12
Εικόνα 3: Αλυσίδες επιπτώσεων που δείχνουν τα ακραία κλιματολογικά γεγονότα που σχετίζονται με τις περιβαλλοντικές πιέσεις στην ασφάλεια των τροφίμων.....	21
Εικόνα 4: Σχηματική αναπαράσταση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και της αλιευτικής δραστηριότητας στο θαλάσσιο οικοσύστημα.....	29
Εικόνα 5: Αλλαγές στην απόδοση καλλιεργειών για την περιοχή MENA σύμφωνα με την ανάλυση 16 διαφορετικών μελετών.....	39
Εικόνα 6: Μέση θερμοκρασία και βροχόπτωση στην καλλιεργητική περίοδο το 2004 και το 2040 σύμφωνα με το σενάριο υψηλών εκπομπών του UKCIP.....	42
Εικόνα 7: Αλλαγή στη χρήση γης (δημητριακά και προσωρινά λιβάδια) και στον αριθμό των ζώων (γαλακτοκομικά βοοειδή) σύμφωνα με το σενάριο χαμηλών εκπομπών UKCIP για το 2020, 2040, 2060. [ο αριθμός των εκταρίων και ο αριθμός των ζώων αναφέρεται σε αλλαγές εντός μιας μονάδας έκτασης τετραγώνου 4 km ² (400 εκτάρια)].....	43
Εικόνα 8: Συντελεστής μεταβλητότητας(CV) για (a) Αραβόσιτο (b) Αρδευόμενο αραβόσιτο (c) Μη αρδευόμενο αραβόσιτο (d) Σόργο (e) Αρδευόμενο σόργο (f) Μη αρδευόμενο σόργο (g) Σόγια (h) Αρδευόμενη σόγια (i) Μη αρδευόμενες αποδόσεις σόγιας στις κομητείες των Μεγάλων Πεδιάδων κατά την περίοδο 1968-2013.....	45
Εικόνα 9: Κλιματικές τάσεις στην καλλιεργητική περίοδο (1 Μαΐου έως 30 Σεπτεμβρίου) (α) Μέση θερμοκρασία αέρα (β) Σύνολο βροχοπτώσεων στις κομητείες των Μεγάλων Πεδιάδων κατά την περίοδο 1968-2013. Οι τάσεις θερμοκρασίας αντιπροσωπεύονται σε ° C/δεκαετία και οι τάσεις νετού παρουσιάζονται σε mm/δεκαετία.....	46

Εικόνα 10: Επιπτώσεις στην απόδοση των καλλιεργειών που προκαλούνται από τη θερμοκρασία για (a) αραβόσιτο, (b) αρδευόμενο αραβόσιτο, (c) Μη αρδευόμενο αραβόσιτο, (d) Σόργο, (e) αρδευόμενο σόργο, (f) Μη αρδευόμενο σόργο, (g) Σόγια, (h) αρδευόμενη σόγια, (i) Μη αρδευόμενη σόγια, στις κομητείες Great Plains κατά την περίοδο 1968-2013. Οι τιμές απεικονίζονται ως ποσοστό των μέσων αποδόσεων κάθε περιοχής. Οι παρατηρούμενες τάσεις στη θερμοκρασία, επηρεάζουν είτε θετικά είτε αρνητικά τις αποδόσεις των καλλιεργειών.....	49
Εικόνα 11: Επιπτώσεις στην απόδοση των καλλιεργειών που προκαλούνται από τη βροχόπτωση.....	50
Εικόνα 12: Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην καναδική γεωργία. [Οι επιταχυνόμενοι ρυθμοί ωρίμανσης (Accelerated maturation rates), μπορούν επίσης να οδηγήσουν σε χαμηλότερες αποδόσεις. Θα ήταν μόνο θετικό εάν ενεργούσε για την αποφυγή της καλοκαιρινής ξηρασίας και της θερμότητας].....	52
Εικόνα 13: Βιογενής κύκλος του άνθρακα.....	79
Εικόνα 14: Παράγοντες διαμόρφωσης επιλογών αγροδοασκομίας.....	87
Εικόνα 15: Η εντερική ζύμωση των μηρυκαστικών παράγει μεθάνιο(αέριο του θερμοκηπίου).....	96

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Επίπεδα CO ₂ και θερμοκρασιακή ανωμαλία (διαφορά από τη μέση θερμοκρασία της γης κατά τα έτη 1951-1980) από το 1880 έως το 2018.....	5
Διάγραμμα 2: Σύνοψη των προβλεπόμενων αλλαγών στις αποδόσεις των καλλιεργειών λόγω της κλιματικής αλλαγής κατά τον 21ο αιώνα.....	23
Διάγραμμα 3: Ρύζι, σιτάρι και αραβόσιτος - Μέση μέγιστη θερμοκρασία για το εύρος των ορίων ανάπτυξης των φύλλων, βλαστών, ριζών και θνησιμότητας των φυτών...24	
Διάγραμμα 4: Ποσοστό των κομητειών των Μεγάλων Πεδιάδων και η μεταβλητότητα των αποδόσεων αραβόσιτου, σόργου, σόγιας (αρδευόμενες και μη αρδευόμενες), όπου η θερμοκρασία και η βροχόπτωση ή και οι δύο, ήταν οι κυρίαρχοι κλιματικοί παράγοντες. Οι μπλε ράβδοι δείχνουν την αναλογία των κομητειών και οι κόκκινες ράβδοι υποδεικνύουν την αναλογία της παραγωγής για κάθε κλιματικό παράγοντα..48	
Διάγραμμα 5: Αλλαγή στις μελλοντικές τιμές (για τα έτη 2025, 2050 και 2100), των εποχικών απαιτήσεων για νερό των μεγάλων καλλιεργειών και λαχανικών, στον αραβικό κόσμο.....	62
Διάγραμμα 6: Η κλιματική αλλαγή αυξάνει το ποσοστό της μέσης ετήσιας έκτασης των καλλιεργήσιμων εκτάσεων που εκτίθενται σε ξηρασία, κάτω από δύο κλιματικά σενάρια (κόκκινο δυσμενέστερο, πράσινο ευνοϊκότερο), για έναν αριθμό χωρών παγκοσμίως.....	69
Διάγραμμα 7: Κατανομή παραγωγής και κατανάλωσης καλλιεργειών ανά περιοχές παγκοσμίως.....	70

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Καλούπια και μυκοτοξίνες παγκόσμιας σημασίας.....	23
Πίνακας 2: Αντίκτυπος της κλιματικής αλλαγής για σενάρια αύξησης της θερμοκρασίας κατά 1-3 ° C σε αποδόσεις μεγάλων καλλιεργειών σε ποσοστά(%)....	24
Πίνακας 3: Αλλαγή στην απόδοση επιλεγμένων καλλιεργειών (% της τρέχουσας), εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής.....	53
Πίνακας 4: Προβλεπόμενες αλλαγές στην παραγωγή ορισμένων σημαντικών καλλιεργειών στην Αίγυπτο υπό συνθήκες κλιματικής αλλαγής.....	62
Πίνακας 5: Ο αντίκτυπος της κλιματικής αλλαγής στις δέκα σημαντικότερες καλλιέργειες σε μεγάλες περιοχές παγκοσμίως.....	66
Πίνακας 6: Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής σε εκτάσεις δημητριακών ανά περιοχές παγκοσμίως.....	72
Πίνακας 7: Οφέλη στην απόδοση των καλλιεργειών λόγω των διαφόρων στρατηγικών προσαρμογής (σε ποσοστά%).....	76

1. Εννοιολογικές και θεωρητικές προσεγγίσεις

1.1 Κλίμα και κλιματική αλλαγή-Ορισμοί

Το κλίμα είναι το σύνολο των μέσων τιμών των στοιχείων που ορίζουν τον καιρό. Αυτά είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, οι βροχές, το χιόνι, οι άνεμοι, όπως και βίαια μετεωρολογικά φαινόμενα (καταιγίδες, τυφώνες κ.ά.). Τα στοιχεία αυτά είναι αποτελέσματα των μεταβολών της κατώτερης ατμόσφαιρας (τροπόσφαιρας), που αλληλεπιδρούν με διάφορες φυσικοχημικές διεργασίες, δράσεις ζωντανών οργανισμών και εκρήξεις ηφαιστειών. Κινητήριος μοχλός όλων αυτών είναι η ηλιακή ενέργεια που παγιδεύεται στην ατμόσφαιρα. (Χατζημπίρος, 2014)

Η κλιματική αλλαγή ορίζεται από την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (Intergovernmental Panel on Climate Change –IPCC), ως η αλλαγή στην κατάσταση του κλίματος, προσδιοριζόμενη (π.χ. από στατιστικούς ελέγχους), από την μεταβολή στις μέσες τιμές των μεταβλητών του κλίματος που μπορεί να διαρκέσουν από μερικές δεκαετίες ως και πολύ μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. (Βολουδάκης, 2015)

1.2 Ιστορική αναδρομή

Επιστημονικά έχει αποδειχθεί ότι το κλίμα της γης, από πολύ παλιά παρουσίαζε πολλές μεταβολές. Πριν από περίπου τρία δισεκατομμύρια χρόνια, άρχισαν να εμφανίζονται οι κλιματικές περιόδους της γης (θερμές και ψυχρές παγετώδεις και μεσοπαγετώδεις). Τα τελευταία 50 εκατομμύρια χρόνια η θερμοκρασία της γης βαίνει μειούμενη, παρόλο που πριν από 55 εκατομμύρια χρόνια ήταν 6 °C μεγαλύτερη από τη σημερινή (Ηώκαινος εποχή). Οι παγετώνες της Ανταρκτικής σχηματίστηκαν πριν από 34 εκατομμύρια χρόνια και πριν από 2,6 εκατομμύρια χρόνια οι παγετώνες της Αρκτικής. Αυτή είναι η αρχή της γεωλογικής περιόδου της Τεταρτογενούς εποχής, που έχει χαρακτηριστικά σύντομων εναλλαγών (10 έως 30 χιλ. χρόνια) μεσοπαγετωδών και παγετωδών περιόδων, οι οποίες εντάθηκαν τα τελευταία ένα εκατομμύριο χρόνια. Τέλος, πριν από 11.500 χρόνια, μετά την τελευταία έξαρση των παγετώνων (18.000 χρόνια πριν), αρχίζει η τελευταία γεωλογική περίοδος (Ολόκαινος εποχή), η οποία συνεχίζεται μέχρι τις μέρες μας.

Οι μεταβολές του κλίματος άρχισαν να μελετώνται από πολύ παλιά. Τον 4^ο αιώνα π.Χ. ο Θεόφραστος αναφέρθηκε στις διαφορές μεταξύ των κλιματικών ζωνών και στην επιρροή που είχαν οι δραστηριότητες του ανθρώπου (καταστροφές δασών και βιοτόπων), στο κλίμα. Το 1824 ο Γάλλος φυσικός Ζοζέφ Φουριέ, μίλησε πρώτη φορά για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, υπολογίζοντας την αύξηση της θερμοκρασίας της γης λόγω της ατμοσφαιρικής παρεμβολής. Το 1861 ο Ιρλανδός φυσικός Τζον Τίνταλ, απέδειξε ότι υδρατμοί και άλλα αέρια συμβάλλουν στη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου. (Βολουδάκης, 2015)

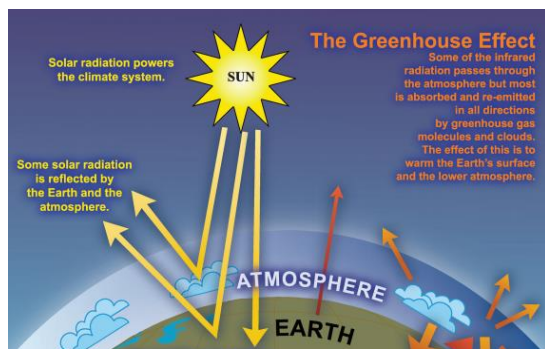
1.3 Ατμοσφαιρική ρύπανση

Γενικότερα, τα φαινόμενα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης έχουν ιδιαίτερη σημασία, γιατί σε μεγάλη κλίμακα είναι μη αναστρέψιμα. Ο ρόλος της ατμόσφαιρας είναι καθοριστικός για όλους τους οργανισμούς και την περιβαλλοντική ισορροπία της γης, επειδή έχει περιορισμένη δυνατότητα αντιστροφής των αλλοιώσεων της χημικής σύνθεσης του αέρα και δεν μπορεί να αφομοιώσει τη ρύπανση. Οι μορφές της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, που παρατηρούνται στα πιο χαμηλά στρώματα της τροπόσφαιρας, επηρεάζουν κυρίως πόλεις, βιομηχανικές περιοχές, και άλλους χώρους εκπομπής ρύπων.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορούμε να πούμε ότι άρχισε με την ανακάλυψη της φωτιάς, και συνεχίστηκε πολύ αργότερα με την βιομηχανική επανάσταση και την παραγωγή ενέργειας με καύση στερεών και υγρών καυσίμων, κάτι που κατά κόρον συμβαίνει στην εποχή μας. Βέβαια, η συντελούμενη κλιματική αλλαγή που επιτακτικά πρέπει να αντιμετωπιστεί, μας οδηγεί σε χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. (Χατζημήπιρος, 2014)

1.4 Φαινόμενο του θερμοκηπίου

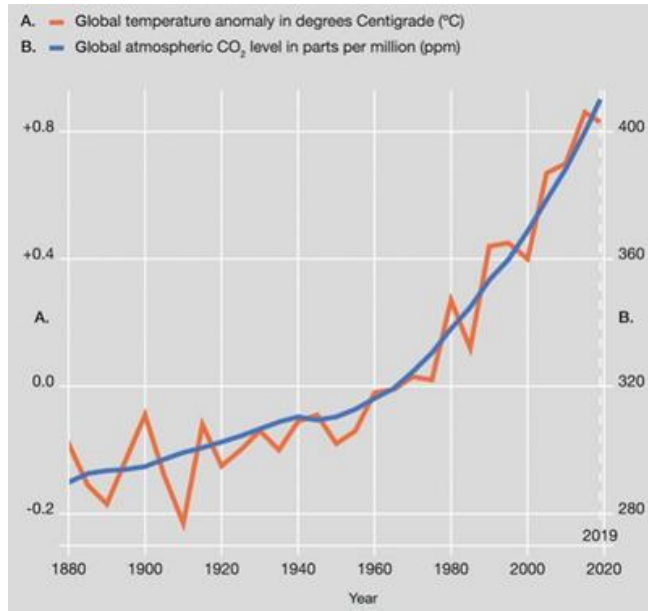
Το κλίμα της γης διαμορφώνεται από φυσικούς και ανθρωπογενείς παράγοντες. Η ενέργεια που προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία και η απορρόφηση και αναδιανομή της ακτινοβολίας αυτής μεταξύ ατμόσφαιρας, υδρόσφαιρας και γης, διαμορφώνει το κλίμα. Ενώ οι θερμοκρασίες του διαστήματος είναι εξαιρετικά χαμηλές, η επιφάνεια της γης διατηρεί μια κατάλληλη και ευνοϊκή για τη ζωή θερμοκρασία, περίπου 15°C. Η θέρμανση της γης, κυρίως από τον ήλιο και δευτερευόντως από το εσωτερικό της, δικαιολογούν μέση θερμοκρασία μέχρι -18°C. Η διαφορά των 33°C που παρατηρείται, οφείλεται στη φυσική διεργασία του φαινομένου του θερμοκηπίου, η οποία θερμαίνει την κατώτερη ατμόσφαιρα (τροπόσφαιρα), και συντελεί στο ευνοϊκό για ζωή περιβάλλον. Το φαινόμενο δημιουργείται από ορισμένα ίχνη αερίων (αναφερόμενα και ως αέρια θερμοκηπίου) της γήινης ατμόσφαιρας. Τα αέρια αυτά, κυρίως υδρατμοί και διοξείδιο του άνθρακα, επιτρέπουν τη διέλευση της ορατής και της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας, αλλά απορροφούν την υπέρυθρη ακτινοβολία, με συνέπεια να την παγιδεύουν σαν θερμοκήπιο.



Εικόνα 2: Σχηματική απεικόνιση του φαινομένου του θερμοκηπίου (Le Treut et al., 2007)

Η επιφάνεια της γης θερμαίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει πάνω της και εκπέμπει υπέρυθρη ακτινοβολία, ώστε να φτάνουμε σε θερμική ισορροπία. Αυτή η θερμική ισορροπία διαταράσσεται από την αλλαγή του ισοζυγίου της ακτινοβολίας που προκαλείται από οποιαδήποτε αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου και της αύξησης της ποσότητας της ενέργειας που παγιδεύεται στην τροπόσφαιρα. Αυτό έχει

σαν συνέπεια πολλά βίαια ατμοσφαιρικά φαινόμενα (καταιγίδες, τυφώνες, κ.ά.), αύξησης της μέσης θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας και των θαλασσών και γενικότερα αλλαγές στο κλίμα του πλανήτη. Όλα δείχνουν ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες που προκαλούν ρύπανση της ατμόσφαιρας αυξάνουν την ένταση του φαινομένου του θερμοκηπίου, τα αέρια του οποίου περιλαμβάνουν:



Διάγραμμα 1: Επίπεδα CO₂ και θερμοκρασιακή ανωμαλία (διαφορά από τη μέση θερμοκρασία της γης κατά τα έτη 1951-1980) από το 1880 έως το 2018. (Hull et al., 2020)

περίπου 19%, εξαιτίας της υπέρμετρης αύξησης της κτηνοτροφίας,

-το διοξείδιο του άνθρακα(CO₂), που καταλαμβάνει την πρώτη θέση με ποσοστό άνω του 60% (η αύξηση της συγκέντρωσης του οποίου, οφείλεται στην καύση ορυκτών καυσίμων και την αποψίλωση των δασών). Η συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα είναι σήμερα κατά 40% υψηλότερη από όση ήταν την εποχή της βιομηχανικής επανάστασης,

-οι χλωροφθοράνθρακες(CFC), με μερίδιο 20%, το οποίο μειώνεται αισθητά μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ,

-το μεθάνιο(CH₄), με ποσοστό

-το υποξείδιο του αζώτου(N₂O), με ποσοστό περίπου 6%, που οφείλεται στην καύση του άνθρακα και στα αζωτούχα λιπάσματα

-το όζον(O₃) της τροπόσφαιρας, με ποσοστό περίπου 10%. Η σταδιακή απαγόρευση της χρήσης των χλωροφθορανθράκων έγινε, επειδή είναι η κύρια αιτία της αραιώσης του στρώματος του όζοντος, με καταστροφική συνέπεια, την δημιουργία κυρίως στους πόλους της γης, της «τρύπας του όζοντος». Επίσης, καθώς το ατμοσφαιρικό όζον απορροφά την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία, προστατεύει τους ζωντανούς οργανισμούς του πλανήτη, κάτι το οποίο μας βοηθά να κατανοήσουμε, γιατί η οζονόσφαιρα ονομάζεται και ασπίδα του όζοντος.

Άλλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες που ενισχύουν το φαινόμενο είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (25%), η αλλαγή χρήσεων γης (18%), οι μεταφορές (13%), η αγροτική παραγωγή (13%) κ.λπ. Τέλος, η επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου που οφείλεται στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες και οδηγεί σε αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας, προκαλεί λιώσιμο των πολικών πάγων και άνοδο της στάθμης της θάλασσας, απώλεια χερσαίων εκτάσεων λόγω πλημμυρών και αλλαγή χρήσης καλλιεργήσιμων εκτάσεων (μετατροπή τους από γόνιμες σε άγονες). (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2020 ; Χάλκος, 2016 ; Χατζημπίρος, 2014)



(Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2020)

Σχετικά με την υπερθέρμανση του πλανήτη, η μέση θερμοκρασία της γης σήμερα είναι κατά 0,85 °C μεγαλύτερη από ό,τι ήταν στο τέλος του 19ου αιώνα. Κατά τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό (WMO), η δεκαετία 1995-2005 ήταν η θερμότερη των τελευταίων 500 ετών. Οι κλιματολόγοι όλου του κόσμου πιστεύουν ότι η κύρια αιτία της υπερθέρμανσης του πλανήτη που σημειώνεται από τα μέσα του 20ού αιώνα, είναι οι ανθρώπινες

δραστηριότητες. Η διεθνής κοινότητα, ως προς την αύξηση της θερμοκρασίας της γης σε σχέση με την προβιομηχανική εποχή, έχει θέσει το όριο των 2 °C, ώστε να μην υπάρξουν ακόμη μεγαλύτερες καταστροφές στο περιβάλλον, που προκαλούν την κλιματική αλλαγή. (Βολουδάκης, 2015 ; Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2020)

1.5 Φωτοχημικό νέφος

Το φωτοχημικό νέφος είναι ειδική μορφή ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Στην ατμόσφαιρα πολλών πόλεων βρίσκονται σε υψηλές συγκεντρώσεις οξειδία του αζώτου (κυρίως μονοξείδιο), και αέριοι υδρογονάνθρακες. Με την ηλιακή ακτινοβολία έχουμε διάσπαση των χημικών δεσμών των οξειδίων του αζώτου και των πτητικών υδρογονανθράκων και παραγωγή αερίων ρύπων, του τροποσφαιρικού όζοντος, του διοξειδίου του αζώτου και διαφόρων οργανικών ενώσεων. Το φωτοχημικό νέφος είναι βλαβερό για τον άνθρωπο προκαλώντας ερεθισμό των ματιών, του λαιμού και αναπνευστικά προβλήματα, μειωμένη ορατότητα, όπως επίσης και βλάβη στα φυτά. (Χατζημπίρος, 2014)

1.6 Όξινη βροχή

Η αύξηση της καύσης ορυκτών καυσίμων για θέρμανση και ηλεκτρισμό, όπως και της κυκλοφορίας των οχημάτων, είναι οι κυριότερες αιτίες του σοβαρού περιβαλλοντικού προβλήματος της όξινης βροχής στα βιομηχανικά και αναπτυσσόμενα κράτη. Πρόκειται για όξινες αποθέσεις που προκαλούνται κυρίως από διοξείδιο του θείου και οξειδία του αζώτου, αλλά και σκόνης, αμμωνίας και υδροχλωρικού οξέος. Αυτοί οι ρύποι προέρχονται από ανθρωπογενείς και φυσικές πηγές συνήθως τροπικών περιοχών. Οι επιπτώσεις της όξινης βροχής είναι καταστροφικές για την χλωρίδα και την πανίδα, την ανθρώπινη υγεία, τα κτίρια και

τους αρχαιολογικούς χώρους, όπως π.χ. η διάβρωση αγαλμάτων και μνημείων κατασκευασμένων από μάρμαρο ή ασβεστόλιθο. (Χάλκος, 2016)

1.7 Προβλεπόμενες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής

Η κλιματική αλλαγή και οι επιπτώσεις της, που προβλέπεται να επηρεάσουν σχεδόν ολόκληρο τον πλανήτη, είναι από τα πλέον έντονα θέματα συζήτησης των τελευταίων δεκαετιών. Αρχικά, η συνεχιζόμενη κατανάλωση συμβατικών καυσίμων εκτός από την προβλεπόμενη εξάντλησή τους επιφέρει σοβαρές κλιματικές μεταβολές με ανεπιθύμητες συνέπειες. Ακόμα και αν μηδενιζόταν η αύξηση της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων και σταματούσε αμέσως η καταστροφή των τροπικών δασών, η θέρμανση της ατμόσφαιρας και η άνοδος της στάθμης των θαλασσών, φαίνονται αναπόφευκτες. Η βέβαιη επίπτωση της ανόδου της θερμοκρασίας και οι μεταβολές των άλλων κλιματικών παραμέτρων, κυρίως του υδρολογικού κύκλου, θα έχουν ανομοιόμορφη κατανομή παγκοσμίως. Επίσης, θα έχουμε αύξηση της έντασης και της συχνότητας εκδήλωσης βίαιων μετεωρολογικών φαινομένων (θύελλες, τυφώνες, καταγίδες κ.λπ.). Άλλο ορατό αποτέλεσμα της ανόδου της θερμοκρασίας της γης, είναι η άνοδος της στάθμης των θαλασσών (0,15μ από το 1850 έως το 1995), λόγω της διαστολής των υδάτινων μαζών και το λιώσιμο των παγετώνων (πολικών και ορεινών). Εκτιμάται ότι οι παγετώνες της Ανταρκτικής θα μειωθούν λιγότερο εξαιτίας των αυξημένων χιονοπτώσεων. (Καρβούνης, 2014 ; Κουνναμάς, 2015 ; Χατζημπίρος, 2014)



(nasa.gov, 2020)

Ο πάγος της Αρκτικής θάλασσας ωστόσο, συρρικνώθηκε φέτος στη δεύτερη χαμηλότερη έκταση από τότε που ξεκίνησε η σύγχρονη τήρηση αρχείων των μετρήσεων της NASA στο τέλος της δεκαετίας του 1970. Μια ανάλυση των δορυφορικών δεδομένων από τη NASA και το Εθνικό Κέντρο Δεδομένων Χιονιού και Πάγου (NSIDC) στο Πανεπιστήμιο του Κολοράντο Μπόλντερ, έδειξε ότι η ελάχιστη έκταση του 2020, κάτι το οποίο πιθανότατα έγινε στις 15 Σεπτεμβρίου, ήταν 3,74

τετραγωνικά χιλιόμετρα. Το χειμώνα, το παγωμένο θαλασσινό νερό καλύπτει σχεδόν ολόκληρο τον Αρκτικό Ωκεανό με τις γειτονικές θάλασσες. Αυτός ο θαλάσσιος πάγος μεταβάλλεται κάθε εποχή. Προς τα τέλη της άνοιξης και το καλοκαίρι συρρικνώνεται, και το φθινόπωρο και το χειμώνα επεκτείνεται. Η μειωμένη έκταση του καλοκαιρινού θαλάσσιου πάγου στην Αρκτική μπορεί να επηρεάσει τα τοπικά και περιφερειακά οικοσυστήματα, τα παγκόσμια καιρικά φαινόμενα και τα ρεύματα των ωκεανών. Η έκταση αυτή παρατηρήθηκε ότι έχει μειωθεί σημαντικά τα τελευταία 20 χρόνια. Η δεύτερη ελάχιστη έκταση μετά τη φετινή, είχε καταγραφεί το 2012. Με τις θερμοκρασίες της Αρκτικής να είναι την άνοιξη του 2020, 8 έως 10 βαθμούς κελσίου θερμότερες από τον μέσο όρο, το φετινό κύμα καύσωνα της Σιβηρίας ξεκίνησε την τήξη του πάγου της Αρκτικής νωρίτερα και η έκταση του πάγου συνέχισε να μειώνεται.



(nasa.gov, 2020)

Επιπλέον, μια πρόσφατη μελέτη έδειξε ότι τα θερμότερα νερά του Ατλαντικού Ωκεανού, που είναι συνήθως βαθιά κάτω από τα ψυχρότερα ύδατα της Αρκτικής, μεταφέρονται πιο κοντά στον πυθμένα του θαλάσσιου πάγου, θερμαίνοντάς τον από κάτω. Τέλος, αυτή η χαμηλότερη έκταση του θαλάσσιου πάγου που καταγράφηκε, είναι ακόμη ένα από τα πολλά σημάδια της συνεχιζόμενης υπερθέρμανσης του πλανήτη,

που μαζί με το κύμα καύσωνα της Σιβηρίας, τις δασικές πυρκαγιές και τις θερμότερες από τον μέσο όρο θερμοκρασίες στην Κεντρική Αρκτική, μας οδηγεί δυστυχώς στην πρόβλεψη, ότι αν δεν ληφθούν άμεσα μέτρα, οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής θα είναι ολέθριες και μπορεί να γίνουν μη αναστρέψιμες. (nasa.gov, 2020)

1.8 Συνεδριάσεις στα πλαίσια των Η.Ε. για την κλιματική αλλαγή

Για την αντιμετώπιση όλων των παραπάνω, η Συνδιάσκεψη για το περιβάλλον στη Βραζιλία το 1992 κατέληξε στη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή (UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change), η οποία υπογράφηκε στο Ρίο ντε Τζανέιρο και κατόπιν στην έδρα του ΟΗΕ. Αυτή η σύμβαση αποτελεί το επίκεντρο της προσπάθειας της διεθνούς κοινότητας να αντιμετωπίσει το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής και αναγνωρίζει τη συμμετοχή του ανθρώπου στην μεταβολή του κλίματος, διαχωρίζοντας την κλιματική αλλαγή σε αυτή που προκαλείται από ανθρωπογενή αίτια και σε αυτή από φυσικά. Επιπλέον, η Σύμβαση αναφέρεται στις αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα οικοσυστήματα, τα κοινωνικοοικονομικά συστήματα και στην υγεία και ευημερία των ανθρώπων και των ζώων. Ο αντίκτυπος της κλιματικής αλλαγής σε διάφορες πτυχές της υγείας και της ευημερίας των ανθρώπων και των ζώων είναι ένα θέμα που συζητείται ευρέως. Ωστόσο, οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής στο σύστημα τροφίμων, το οποίο περιλαμβάνει όλα τα στάδια από το «αγρόκτημα στο πιρούνι» (κυρίως πρωτογενής παραγωγή, μεταποίηση, μεταφορά και εμπορία), έχουν λάβει λιγότερη προσοχή. Έτσι, ένας από τους κύριους στόχους της Σύμβασης είναι να βεβαιωθεί ότι η παραγωγή τροφίμων δεν θα τεθεί σε κίνδυνο από την κλιματική αλλαγή, υποδεικνύοντας τη σημαντική σχέση μεταξύ αυτών των δύο στοιχείων. Τέλος, μετά την υπογραφή της Σύμβασης-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών (UNFCCC) για την κλιματική αλλαγή, ακολούθησε η σημαντική διαπραγμάτευση του πρωτοκόλλου του Κιότο, με τη θέσπιση δεσμεύσεων για τις αναπτυγμένες χώρες, ώστε να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, όπως και πολλές ακόμη συνεδριάσεις στο πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, που γίνονται κάθε χρόνο μέχρι και τις μέρες μας. (Βολουδάκης, 2015 ; Καρβούνης, 2014 ; Miraglia et al., 2009)

1.9 Παραγωγή τροφίμων

1.9.1 Γεωργική παραγωγικότητα και βιοποικιλότητα

Η ανθρώπινη κοινωνία αντιμετωπίζει πολύπλοκα και αλληλένδετα προβλήματα μη βιωσιμότητας. Μια σημαντική απειλή, αποτελεί η συνεχιζόμενη αποσταθεροποίηση των δυνατοτήτων των συστημάτων τροφίμων, εξαιτίας συνδυασμού παραγόντων, όπως η κλιματική αλλαγή, η αύξηση του πληθυσμού, η κατάχρηση πόρων και η υπερκατανάλωση. Η «πράσινη επανάσταση» στη γεωργία, που ξεκίνησε τη δεκαετία του 1950, αύξησε τη γεωργική παραγωγικότητα και συνέβαλε στη μείωση των ποσοστών φτώχειας, αλλά με μεγάλη ανομοιογένεια μεταξύ των χωρών. Ένας λόγος αυτής της αύξησης είναι η παγκοσμιοποιημένη αγορά τροφίμων και γεωργίας. Όμως δεν λήφθηκαν, μέχρι τελευταία, υπόψη οι επιπτώσεις στο περιβάλλον, με αποτέλεσμα τα εδάφη να υποβαθμίζονται και τα υπόγεια ύδατα να έχουν εξαντληθεί, υπονομεύοντας τη βάση των οικολογικών πόρων. Επιπλέον, η εξάρτηση από την ορυκτή ενέργεια, οδηγεί σε λιγότερο ανθεκτικά συστήματα παραγωγής λόγω της μειωμένης ποικιλομορφίας των καλλιεργειών, καθιστώντας τα γεωργικά συστήματα, σε περιόδους κλιματικής αλλαγής όλο και πιο ευάλωτα. (Melkonyan et al., 2017)



(nasa.gov, 2019)

Η κλιματική αλλαγή, η τεράστια απώλεια βιοποικιλότητας και η εξάπλωση καταστροφικών ασθενειών, καθιστούν αναγκαία την επανεξέταση της σχέσης μας με τη φύση. Πρόσφατες διεθνείς εκθέσεις έχουν επισημάνει τον ανησυχητικό αντίκτυπο των συστημάτων παραγωγής τροφίμων στην κλιματική αλλαγή, τη γη και τη βιοποικιλότητα. Η πανδημία COVID-19, αποτελεί άλλη μια ένδειξη της ανάγκης για πιο βιώσιμα συστήματα τροφίμων,

διασφαλίζοντας παράλληλα επισιτιστική ασφάλεια, αειφόρο ανάπτυξη και αξιοπρεπή διαβίωση για τον ολόένα και περισσότερο αναπτυσσόμενο ανθρώπινο πληθυσμό. Επομένως, είναι επιτακτική ανάγκη, να προχωρήσουμε σε βιώσιμες γεωργικές πρακτικές που μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες μας για τρόφιμα, ζωοτροφές, φυτικές ίνες και ενέργεια, χωρίς να επεκταθεί η συνολική έκταση της καλλιεργήσιμης γης. Τα αγροκτήματα είναι οικοσυστήματα που εξαρτώνται από τη φύση, για παροχή θρεπτικών ουσιών, νερού, έλεγχο παρασίτων, επικονίαση και άλλες υπηρεσίες και αυτό θα επιτευχθεί αν διατηρηθεί η βιοποικιλότητα του εδάφους, που βελτιώνει την υγεία των γεωργικών γαιών.

1.9.2 Γεωργία

Η μεγάλη αύξηση της παραγωγικότητας του γεωργικού τομέα, τις τελευταίες δεκαετίες, όπως προαναφέρθηκε, συνέβαλε σημαντικά στην επισιτιστική ασφάλεια του ανθρώπου παγκοσμίως, αλλά η υπερβολική εντατικοποίηση της γεωργίας, επιφέρει απώλεια ενδιαιτημάτων, απειλεί τη βιοποικιλότητα και τα φυσικά και παρθένα οικοσυστήματα όπως δάση, λιβάδια ή τύρφη ειδικά σε αναπτυσσόμενες χώρες. Οι αγρότες υιοθετώντας γεωργικές πρακτικές φιλικές προς το έδαφος, μπορούν να αυξήσουν την βιοποικιλότητα των εδαφών τους, επιδρώντας θετικά στην ασφάλεια

τροφίμων και υδάτων και στον μετριασμό και στην επιτυχή προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Επιπλέον, κάτι εξίσου σημαντικό θα ήταν η αύξηση κατά 0,4% ετησίως της δέσμευσης οργανικού άνθρακα στις καλλιεργήσιμες εκτάσεις και τα λιβάδια, που θα επιφέρει στην παγκόσμια παραγωγή τριών μεγάλων καλλιεργειών, αραβόσιτου, σιταριού και ρυζιού, αύξηση κατά 23,4%, 22,9% και 41,9% αντίστοιχα, η οποία θα είναι υψηλότερη στις αναπτυσσόμενες χώρες, και κυρίως στην Αφρική, όπου υπάρχει το μεγαλύτερο πρόβλημα πείνας και φτώχειας. Επίσης, η αύξηση της παραγωγής αυτής, θα μειώσει αρκετά την εξάρτηση από τη χρήση φυτοφαρμάκων, ανόργανων λιπασμάτων και ζιζανιοκτόνων, υπεύθυνων για τη ρύπανση των υδάτων και υποβάθμιση της ποιότητας των καλλιεργούμενων εδαφών. (Larbodière et al., 2020)

Σε μια διάσκεψη υψηλού επιπέδου του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας (FAO), που πραγματοποιήθηκε στη Ρώμη τον Ιούνιο του 2008, οι εκπρόσωποι ισχυρίστηκαν ότι η γεωργία δεν είναι μόνο μια θεμελιώδης ανθρώπινη δραστηριότητα που κινδυνεύει από την κλιματική αλλαγή, αλλά είναι ο κύριος μοχλός της περιβαλλοντικής και της κλιματικής αλλαγής. Η παραγωγή τροφίμων από τη γεωργία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία και τις βροχοπτώσεις και συνεπώς είναι ευάλωτη στην αλλαγή του κλίματος. Οι συνολικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία, είναι αρνητικές και απειλούν την παγκόσμια επισιτιστική ασφάλεια. Γι' αυτό, δύο από τις μεγαλύτερες προκλήσεις του 21^{ου} αιώνα είναι η επισιτιστική ασφάλεια εννέα έως δέκα δισεκατομμυρίων ανθρώπων, όπως υπολογίζεται έως το 2050, και η αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων [εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (GHG), αλλαγή χρήσης γης, απώλεια βιοποικιλότητας και υπηρεσιών οικοσυστήματος]. Σύμφωνα με τον Οργανισμό των Ηνωμένων Εθνών, «επισιτιστική ασφάλεια υπάρχει όταν όλοι οι άνθρωποι, ανά πάσα στιγμή, έχουν φυσική και οικονομική πρόσβαση σε επαρκή, ασφαλή και θρεπτικά τρόφιμα για να καλύψουν τις διατροφικές τους ανάγκες για μια ενεργό και υγιή ζωή». (Abou Hadid, 2009 ; Smith & Gregory, 2012)

Παράλληλα, με την παροχή επισιτιστικής ασφάλειας, εξίσου σημαντική είναι η μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της παραγωγής τροφίμων, επειδή η κλιματική αλλαγή επηρεάζει την παραγωγή τροφής. Άρα, η απαιτούμενη αύξηση της παραγωγής τροφίμων, είναι αναγκαίο να συνδυαστεί και με τις επιπτώσεις της παραγωγής τροφής στο κλίμα, όπως επίσης και με τη βελτίωση της ανθεκτικότητας των παραγόμενων τροφίμων στις περιβαλλοντικές αλλαγές. Επιπλέον απαιτούνται, η εξασφάλιση νέων πόρων γλυκού νερού, η προστασία της βιοποικιλότητας, η μετάβαση σε πιο υγιεινές δίαιτες και η ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων της παραγωγής τροφίμων σε ολόκληρο το φάσμα υπηρεσιών οικοσυστήματος, και αυτό γιατί η συνεχιζόμενη καταστρεπτική επέκταση της γεωργίας σε δάση και φυσικά οικοσυστήματα συμβάλλει σημαντικά στην απώλεια υπηρεσιών οικοσυστήματος. Επομένως, είναι μεν απαραίτητη η αύξηση της προσφοράς τροφίμων, αλλά χωρίς αύξηση της καλλιεργούμενης έκτασης. Αυτό συμβαίνει τις τελευταίες δεκαετίες, καθώς η παραγωγή δημητριακών (σιτάρι, αραβόσιτος και ρύζι) αυξήθηκε από 877 εκατομμύρια τόνους το 1961 σε 2342 εκατομμύρια τόνους το 2007, η παγκόσμια μέση απόδοση δημητριακών αυξήθηκε από 1,35 τόνους/εκτάριο το 1961 σε 3,35 τόνους/εκτάριο το 2007, και προβλέπεται να είναι περίπου 4,8 τόνοι/εκτάριο το 2040. Ταυτόχρονα, η κατά κεφαλή καλλιεργήσιμη έκταση μειώθηκε από 0,415 εκτάρια το 1961 σε 0,214 εκτάρια το 2007. Δηλαδή, εάν δεν είχαν επιτευχθεί οι αυξήσεις στην

απόδοση των τελευταίων 60-70 ετών, θα χρειαζόταν σχεδόν τρεις φορές περισσότερη γη, για την παραγωγή καλλιεργειών, ικανών να θρέψουν τον σημερινό πληθυσμό.

Ωστόσο, στην Αφρική 1 δισεκατομμύριο άνθρωποι παραμένουν υποσιτισμένοι. Οι Hazell και Wood δηλώνουν: «το πρόβλημα της πείνας είναι ουσιαστικά πρόβλημα διανομής εισοδήματος και όχι έλλειψης τροφίμων» (Hazell and Wood 2008,22). Ενώ οι υποσιτισμένοι είναι πολύ φτωχοί για να αγοράσουν τα παραγόμενα τρόφιμα, οι πλούσιοι, λόγω πρόσληψης υπερβολικής τροφής, υποφέρουν από παχυσαρκία και συναφείς χρόνιες ασθένειες. Από αυτό συμπεραίνουμε, ότι η αύξηση της παγκόσμιας παραγωγής τροφίμων από μόνη της δεν θα λύσει αυτά τα προβλήματα. (Smith & Gregory, 2012)

Η σημασία του εδάφους στην παραγωγή τροφίμων

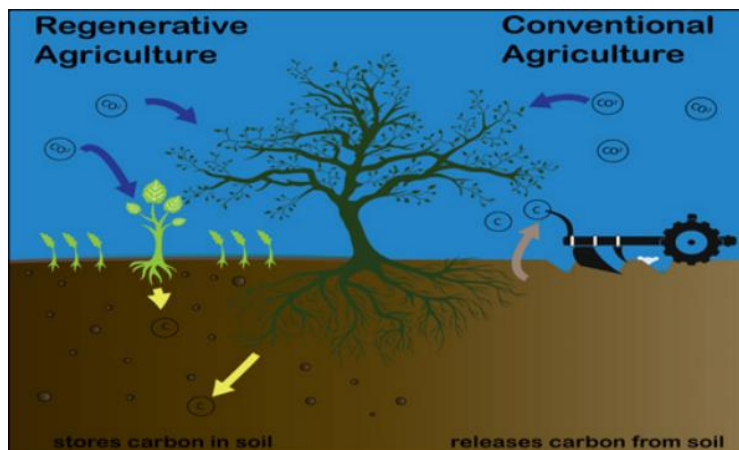
Σύμφωνα με τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO), τα πρώτα 30 εκατοστά του εδάφους της γης περιέχουν άνθρακα σε διπλάσια περίπου ποσότητα απ' ό,τι στον ατμοσφαιρικό αέρα. Το έδαφος είναι η δεύτερη μεγαλύτερη φυσική καταβόθρα άνθρακα, μετά τους ωκεανούς και έχει μεγαλύτερη δυνατότητα από τα δάση στη δέσμευση διοξειδίου του άνθρακα από τον αέρα. Τα στοιχεία αυτά δείχνουν πόσο σημαντικό είναι το υγιές έδαφος στην παραγωγή τροφίμων, αλλά και στην αποτροπή και αντιμετώπιση των επιδράσεων της κλιματικής αλλαγής.

Σε τελευταία έκθεση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (Climate change, impacts and vulnerability in Europe), αναφέρεται ότι η υγρασία του εδάφους έχει μειωθεί στην Μεσόγειο και έχει αυξηθεί στην βόρεια Ευρώπη από τη δεκαετία του 1950, και προβλέπεται ότι αυτό θα συνεχιστεί και τις επόμενες δεκαετίες, αφού η άνοδος της μέσης θερμοκρασίας συνεχίζεται και τα επίπεδα των βροχοπτώσεων θα μεταβάλλονται. Η συνεχιζόμενη μείωση της υγρασίας του εδάφους, οδηγεί στην ανάγκη μεγαλύτερης άρδευσης και σε μικρότερες σοδειές στη γεωργία, ακόμη και σε ερημοποίηση, με καταστροφικές συνέπειες στην παραγωγή τροφίμων. Συνολικά 13 κράτη της ΕΕ, δηλώνουν ότι πλήττονται από το φαινόμενο της ερημοποίησης. Με την προβλεπόμενη αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού όμως, η παραγωγή τροφίμων πρέπει να αυξηθεί. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μόνο με τη διατήρηση του εδάφους σε υγιή κατάσταση και τη βιώσιμη διαχείριση των γεωργικών εκτάσεων, χωρίς να αυξήσουμε τα καλλιεργούμενα εδάφη. Άλλη επίπτωση της κλιματικής αλλαγής στο έδαφος είναι η διάβρωση, που οφείλεται σε ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως καταιγίδες, ξηρασία και καύσωνες.

Επιπροσθέτως, η πιο ανησυχητική επίπτωση της κλιματικής αλλαγής σε σχέση με το έδαφος, αφορά στο λιώσιμο των πάγων και τον επακόλουθο κίνδυνο για το διοξείδιο του άνθρακα και το μεθάνιο που υπάρχουν παγιδευμένα στα παγωμένα εδάφη της αρκτικής, και κυρίως στη Σιβηρία. Δηλαδή, το σταδιακό λιώσιμο μέρους των πάγων θα έχει ως απόρροια την αποσύνθεση και αποδέσμευση τεράστιων ποσοτήτων αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα η περαιτέρω υπερθέρμανση του πλανήτη να καταστεί ανεξέλεγκτη. (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, 2020).

Οι πρακτικές που χρησιμοποιούνται σήμερα στη γεωργία και στην κτηνοτροφία, όπως και η αποψίλωση των δασών για επέκταση των απαιτούμενων καλλιεργούμενων εκτάσεων, ευθύνονται για το 25% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου,

σύμφωνα με την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος. Η σταδιακή μετάβαση από την συμβατική στην αναγεννητική γεωργία θα οδηγήσει σε υγιές και εύφορο έδαφος, ικανό να παράγει υψηλής ποιότητας πυκνά τρόφιμα, σε βιώσιμη παραγωγή τροφίμων και αποκατάσταση της ποιότητας του νερού και της βιοποικιλότητας. Η σύγκριση μεταξύ της συμβατικής γεωργίας και της αναγεννητικής γεωργίας σε σχέση με τον άνθρακα του εδάφους φαίνεται στην εικόνα 2.



Εικόνα 2: Σύγκριση μεταξύ Συμβατικής και Αναγεννητικής Γεωργίας (Sahu & Das, 2020)

Μειώνοντας ή μηδενίζοντας τη χρήση χημικών φυτοφαρμάκων και ανόργανων λιπασμάτων, οι μη χημικές μέθοδοι θα βοηθήσουν στην αύξηση του βιολογικού δυναμικού του εδάφους. Οι αναγεννητικές πρακτικές, θα βοηθούσαν τις χώρες να γίνουν πιο αυτοδύναμες στον εφοδιασμό τροφίμων μέσω ορθολογικής χρήσης των φυσικών πόρων. (Sahu & Das, 2020)

1.9.3 Αλιεία

Η αλιεία συμβάλλει σημαντικά στην παραγωγή τροφίμων, αλλά επηρεάζεται όλο και περισσότερο από ένα μεταβαλλόμενο κλίμα. Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα είδη και τα οικοσυστήματα έχουν διαδοχικές επιπτώσεις στην αλιεία και τα αλληλένδετα ανθρώπινα συστήματα (συστήματα τροφίμων, πολιτιστικά και κοινωνικά συστήματα), που βασίζονται σε υδρόβια τρόφιμα. Ο βαθμός των επιπτώσεων αυτών, θα εξαρτηθεί από το μέγεθος της τοπικής αλλαγής του κλίματος, την ευπάθεια των ψαριών και τις προσαρμοστικές αντιδράσεις. Ο εφοδιασμός με υδρόβια τρόφιμα επιτυγχάνεται με τέσσερις κύριους τρόπους:

- εμπορική αλιεία
- αλιεία πολιτισμού
- αλιεία διαβίωσης
- ερασιτεχνική αλιεία

Η εμπορική αλιεία ασχολείται με τη συγκομιδή αλιευμάτων σε άγριους βιότοπους, η αλιεία πολιτισμού αναφέρεται σε τρόφιμα που παράγονται σε εγκαταστάσεις υδατοκαλλιέργειας, η αλιεία διαβίωσης ασχολείται κυρίως με την αλιεία των αυτόχθονων (π.χ. αλιεία τροφίμων στη Νέα Γη), και η ερασιτεχνική αλιεία αναφέρεται στην αδειοδοτημένη συγκομιδή αλιευμάτων, περισσότερο για ψυχαγωγία.

Η κλιματική αλλαγή ενέχει κινδύνους στην παραδοσιακή, εμπορική αλιεία (υψηλή ευπάθεια), την αλιεία μικρής κλίμακας και την ερασιτεχνική αλιεία (μέτρια ευπάθεια) και την αλιεία πολιτισμού (χαμηλότερη ευπάθεια). Οι υδατοκαλλιέργειες επηρεάζονται από την κλιματική αλλαγή, δηλαδή την αύξηση της στάθμης της θάλασσας, την αύξηση της σοβαρότητας ή της συχνότητας των καταιγίδων, τις αλλαγές στη θερμοκρασία των ωκεανών, το διαλυμένο οξυγόνο, την αλατότητα και την οξύτητα. Οι απειλές για την θαλάσσια υδατοκαλλιέργεια ψαριών φαίνεται να είναι λιγότερες από ό, τι για τα οστρακοειδή. Η σίτιση των καλλιεργημένων ψαριών γίνεται συνήθως με ιχθυάλευρα, οι πηγές των οποίων όμως επηρεάζονται από το κλίμα. Απαιτούνται επομένως, εναλλακτικές πηγές ιχθυάλευρων και γενικότερα η βιομηχανία υδατοκαλλιέργειας πρέπει να προσαρμοστεί στις μεταβαλλόμενες κλιματολογικές συνθήκες. (Campbell et al., 2014)

1.9.4 Κτηνοτροφία

Η κτηνοτροφία καταλαμβάνει το 70% της γεωργικής γης και το 30% της επιφάνειας του πλανήτη χωρίς πάγο. Είναι υπεύθυνη για το 40% του παγκόσμιου γεωργικού ΑΕΠ, αλλά συμβάλλει και στα παγκόσμια περιβαλλοντικά προβλήματα. Η παγκόσμια ζήτηση για ζωικά προϊόντα αναμένεται να διπλασιαστεί έως το 2050, κυρίως λόγω της παρατηρούμενης αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού και βελτίωσης του βιοτικού του επιπέδου. Η κλιματική αλλαγή αποτελεί απειλή για την κτηνοτροφία λόγω του αντίκτυπου στην ποιότητα των καλλιεργειών και των ζωοτροφών, της διαθεσιμότητας νερού, της παραγωγής ζώων και γάλακτος, των ζωνοδόσων, της αναπαραγωγής των ζώων και της βιοποικιλότητας. Η κτηνοτροφία θα επηρεαστεί από την κλιματική μεταβλητότητα καθώς η κατανάλωση νερού από τα ζώα αναμένεται να αυξηθεί κατά τρεις φορές, από την ανάγκη για αύξηση της παραγωγής κατά 70% και υπάρχει ανησυχία για την επισιτιστική ασφάλεια, επειδή περίπου το ένα τρίτο των παγκόσμιων σιτηρών χρησιμοποιείται για ζωοτροφές. (Abberton et al., 2008 ; Rojas-Downing et al., 2017)

Τα ζώα συμβάλλουν άμεσα [από την απελευθέρωση μεθανίου και οξειδίου του αζώτου (N_2O)], στο 9% περίπου των παγκόσμιων ανθρωπογενών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (GHG). Εξετάζοντας όμως, όλα τα μέρη του κύκλου ζωής της ζωικής παραγωγής (χρήση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ζωοτροφών και σίτισης των ζώων, εκπομπές N_2O από τη χρήση λιπασμάτων, απελευθέρωση μεθανίου από τη διάσπαση λιπασμάτων και κοπριάς, αλλαγές στη χρήση γης για παραγωγή ζωοτροφών και για βόσκηση, υποβάθμιση της γης, κατανάλωση ορυκτών καυσίμων στην μεταφορά μεταποιημένων και καταλυγμένων ζωικών προϊόντων), η κτηνοτροφία εκτιμάται ότι αντιπροσωπεύει το 18% των παγκόσμιων ανθρωπογενών εκπομπών. Όσον αφορά τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά μονάδα ζωικού προϊόντος, τα μονογαστρικά ζώα εκπέμπουν λιγότερο από τα μηρυκαστικά. Κρίνεται απαραίτητη λοιπόν, η βελτίωση της αποτελεσματικότητας της ζωικής παραγωγής μέσω καλύτερης αναπαραγωγής, υγειονομικών παρεμβάσεων ή βελτίωσης της γονιμότητας. (Gill et al., 2009)

Όπως προαναφέρθηκε, η κτηνοτροφία συμβάλλει περίπου στο 18% στο φαινόμενο της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Επίσης, συμβάλλουν περίπου στο 9% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), στο 37% του μεθανίου (CH_4) και στο 65%

του υποξειδίου του αζώτου (N_2O). Η επέκταση του κτηνοτροφικού τομέα εξαρτάται όλο και περισσότερο από τις καλλιέργειες. Υπάρχει μια ποικιλία επιλογών μείωσης εκπομπών που μπορούν να εφαρμοστούν με λογικό κόστος και να αποτελέσουν στόχο επενδύσεων και περαιτέρω έρευνας και ανάπτυξης. Αυτές οι επιλογές περιλαμβάνουν: δέσμευση άνθρακα σε βοσκότοπους που χρησιμοποιούνται ευρέως, μείωση των εκπομπών μεθανίου από τη χρήση μικρών μονάδων παραγωγής μηρυκαστικών και γαλακτοκομικών προϊόντων και μείωση των εκπομπών μεθανίου και αζώτου από ζωικά απόβλητα, μέσω ανάκτησης ενέργειας και βελτιωμένης διαχείρισης των αποβλήτων. (Abberton et al., 2008)

Η κτηνοτροφική παραγωγή συμβάλλει σημαντικά στη βιώσιμη επισιτιστική ασφάλεια για πολλά έθνη, ιδίως σε περιοχές χαμηλού εισοδήματος και σε οριακούς οικοτόπους που δεν είναι κατάλληλοι για καλλιέργεια. Την ίδια στιγμή, το ζωικό κεφάλαιο είναι μια ανεκτίμητη πηγή διατροφής και διαβίωσης για εκατομμύρια φτωχούς. Τα ζωικά προϊόντα αντιπροσωπεύουν περίπου το ένα τρίτο της παγκόσμιας κατανάλωσης ανθρώπινης πρωτεΐνης. Η κτηνοτροφία ωστόσο, παρουσιάζει μεγαλύτερη ευπάθεια στην μεταβολή του κλίματος στην υποσαχάρια Αφρική και σε ορισμένα ασιατικά έθνη.

Οι πολιτικές μετριασμού της κλιματικής αλλαγής που στοχεύουν στις εκπομπές από την αλλαγή χρήσης γης είναι πιο αποτελεσματικές από τις πολιτικές που στοχεύουν στις εκπομπές μόνο από ζώα. Έτσι, η μετάβαση προς πιο παραγωγικά συστήματα ζωικής παραγωγής σε συνδυασμό με τις κλιματικές πολιτικές που στοχεύουν στην αλλαγή της χρήσης γης φαίνεται να είναι ο αποτελεσματικότερος τρόπος για την ενίσχυση της διαθεσιμότητας τροφίμων. Ο τομέας της κτηνοτροφίας συμβάλλει σημαντικά στην υπερθέρμανση του πλανήτη μέσω των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (GHG). Επομένως, οι πολιτικές μετριασμού του κλίματος, που αφορούν στα υπάρχοντα συστήματα ζωικής παραγωγής, σχεδιαζόμενες με προσοχή, με μετάβαση από τα πολύ παραγωγικά συστήματα (εντατικά), σε εκτατικά συστήματα, τα οποία είναι πιο φιλικά στο περιβάλλον, θα μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. (Godber & Wall, 2014 ; Havlík et al., 2014)

2. Επιπτώσεις ακραίων καιρικών φαινομένων στην παραγωγή τροφίμων

2.1 Ευπάθεια της παγκόσμιας παραγωγής τροφίμων σε ακραία καιρικά φαινόμενα

Είναι ευρέως γνωστό ότι η συχνότητα, η ένταση ή η διάρκεια των ακραίων κλιματολογικών γεγονότων έχουν αλλάξει σημαντικά, με συνέπεια οι τρέχουσες ευπάθειες της παγκόσμιας πρωτογενούς παραγωγής τροφίμων έναντι του ακραίου κλίματος να είναι οφθαλμοφανείς. Η κλιματική αλλαγή και οι κλιματικές ταλαντώσεις (όπως η ταλάντωση του νότιου Ελ Νίνιο και το δίπολο του Ινδικού Ωκεανού), επιδρούν στις αποδόσεις των καλλιεργειών (ειδικά των σπόρων), και επιφέρουν απώλειες ζώων σε διάφορες χωρικές κλίμακες. Για τη διασφάλιση της επισιτιστικής ασφάλειας

απαιτείται αύξηση της πρόσβασης στα τρόφιμα από πολύ μεγαλύτερους πληθυσμούς (μείωση της πείνας) αυξάνοντας τις αποδόσεις, εστίαση στην υγεία των ζώων και των φυτών, και στήριξη των ανθρώπων για πιο ισορροπημένη διατροφή.

Η ασφάλεια των τροφίμων προέκυψε από την αυξανόμενη ευαισθητοποίηση σχετικά με την ακούσια εξάπλωση ασθενειών που σχετίζονται με τα τρόφιμα, για την προάσπιση της δημόσιας υγείας και της ανθρώπινης ευημερίας. Σημαντικές συνέπειες της κλιματικής αλλαγής στην ασφάλεια των τροφίμων έχουν αναφερθεί ως αλλαγές στη θερμοκρασία, στα πρότυπα υετού, στην υπερθέρμανση και την οξίνιση των ωκεανών, και αλλαγές στη συχνότητα, την ένταση και τη διάρκεια ακραίων κλιματικών γεγονότων. (Yeni & Alpas, 2017)

Περίπου το 95% των τροφίμων παράγονται άμεσα ή έμμεσα στην ξηρά, ωστόσο η απερίωμη και η ξηρασία, απειλούν να μετατρέψουν τα εύφορα εδάφη σε άγονα, και ως εκ τούτου να καταστήσουν εκατομμύρια τρόφιμα ανασφαλής. Τα Ηνωμένα Έθνη έχουν σημάνει συναγερμό, αναφέροντας ότι το ένα πέμπτο της γης (περισσότερα από 2 δισεκατομμύρια εκτάρια), στα οποία περιλαμβάνονται πάνω από το μισό της συνολικής γεωργικής γης, υποβαθμίζονται, και ότι πάνω από το 90% θα μπορούσε να υποβαθμιστεί έως το 2050, εάν δεν αλλάξουμε τον τρόπο διαχείρισης του εδάφους.

Οι αγροτικές κοινότητες, ιδιαίτερα σε άνδρες και ημι-άνδρες περιοχές κινδυνεύουν πολύ περισσότερο, καθώς η υποβάθμιση της γης που προκαλείται από τον άνθρωπο σε συνδυασμό με τις ολοένα και χαμηλότερες και ακανόνιστες βροχοπτώσεις μειώνουν την παραγωγικότητα της γης, μειώνουν τη διαθεσιμότητα ύδατος και ασκούν πίεση στις ζωές των ανθρώπων. (FAO, 2021)

Σύμφωνα με το IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), η κατάσταση των ακραίων κλιματολογικών γεγονότων θα διαμορφώνεται ως εξής: Καθώς αυξάνονται οι παγκόσμιες μέσες θερμοκρασίες, τα ακραία γεγονότα βροχόπτωσης θα συνεχίσουν να αυξάνονται σε συχνότητα και ένταση γρηγορότερα από τον ετήσιο μέσο όρο, όπως και η αντίθεση της ετήσιας μέσης βροχόπτωσης μεταξύ ξηρών και υγρών περιοχών στο μεγαλύτερο μέρος του πλανήτη. Ομοίως, είναι πιθανό η ένταση και η διάρκεια της ξηρασίας και των πλημμυρών να αυξηθούν λόγω της μείωσης της υγρασίας του εδάφους. Επίσης, υπάρχει μια στροφή σε πιο έντονες ατομικές καταιγίδες και λιγότερες αδύναμες καταιγίδες όσον αφορά τα γεγονότα βροχόπτωσης βραχείας διάρκειας. Η μέγιστη ταχύτητα του ανέμου και της βροχής στον τροπικό κυκλώνα έχουν αυξηθεί, παρόλο που οι παγκόσμιες συχνότητες των τροπικών κυκλώνων είναι πιθανό να μειωθούν ή να παραμείνουν αμετάβλητες.

Κατά το EDO (European Drought Observatory), θα έχουμε αυξημένο αριθμό εμφανίσεων ακραίων θερμοκρασιών ετησίως, αυξημένη διάρκεια ξηρασίας και σοβαρά ελλείμματα υγρασίας του εδάφους σε μεγάλες περιοχές. Ομοίως, η περίοδος 2000-2017 ήταν η μεγαλύτερη και πιο επίμονη ξηρασία για τις Δυτικές Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Επιπλέον, ο U.S. Climate Extremes Index (USCEI) για το 2016 ήταν σχεδόν διπλάσιος από τον μέσο όρο και ήταν οι ελάχιστες και οι μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας που συνέβαλαν σε αυτές τις τιμές του δείκτη. Η παραγωγή τροφίμων είναι ιδιαίτερα ευάλωτη σε τέτοιες μεγάλης κλίμακας αλλαγές θερμοκρασίας, επειδή η αλυσίδα εφοδιασμού τροφίμων ξεκινά από την παραγωγή και ισχύει όχι μόνο για τις καλλιέργειες, αλλά και για την παραγωγή γαλακτοκομικών

προϊόντων και κρέατος, και εάν εμφανιστεί μόλυνση στη φάση της πρωτογενούς παραγωγής, ο κίνδυνος επέκτασής της στη διανομή των τροφίμων είναι μεγάλος. (Yeni & Alpas, 2017)

Τα ακραία καιρικά φαινόμενα που καταστρέφουν τις υποδομές, τις σοδειές και διαβρώνουν τους φυσικούς πόρους, πλήττουν τα προς το ζην των αγροτών, των ψαράδων και των δασολόγων. Οι ωκεανοί θερμαίνονται και οξύνονται, με αποτέλεσμα να απειλούνται τα αποθέματα ψαριών. Μακροχρόνιες, πιο έντονες ξηρασίες απειλούν τις προμήθειες και τις καλλιέργειες γλυκού νερού. Το μεταβαλλόμενο κλίμα είναι ο βασικός μοχλός της αύξησης του αριθμού των πεινασμένων ανθρώπων, η οποία ανήλθε σε πάνω από 820 εκατομμύρια το 2018. Χωρίς δράση, η κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει τη διαθεσιμότητα των τροφίμων και θα εμποδίσει την πρόσβαση σε αυτά, διαταράσσοντας τους βιοτικούς πόρους εκατομμυρίων αγροτών. Θα οδηγήσει σε υψηλότερες και πιο ασταθείς τιμές τροφίμων, θα προκαλέσει αναγκαστική μετανάστευση και θα θέσει σε κίνδυνο τους στόχους αειφόρου ανάπτυξης. (FAO, 2019)

Οι κίνδυνοι της κλιματικής αλλαγής μπορεί να χωριστούν σε δύο κατηγορίες: τους κινδύνους από ακραία καιρικά φαινόμενα και τους κινδύνους που οφείλονται σε μακροπρόθεσμες αλλαγές υπό ομαλές συνθήκες. Ο κίνδυνος των ακραίων καιρικών φαινομένων, παρόλο που έχει λιγότερες πιθανότητες να συμβεί, θα επιφέρει πολύ σοβαρότερες επιπτώσεις. Τα ακραία καιρικά φαινόμενα συμβαίνουν ήδη τα τελευταία χρόνια και αποτελούν βραχυπρόθεσμες μετεωρολογικές προβλέψεις. Εστιάζοντας στο χειρότερο σενάριο, σαν πιθανή περίπτωση, απαιτείται λήψη αποφάσεων για τη διαχείριση και των μακροπρόθεσμων επιπτώσεων των ακραίων κλιματικών φαινομένων. Η έκταση της κλιματικής αλλαγής έχει άμεση σχέση με την μέση αύξηση της θερμοκρασίας. Αν δεν ελεγχθούν οι κίνδυνοι του φαινομένου, υπάρχει η εκτίμηση ότι μπορεί να συμβεί αύξηση της θερμοκρασίας που να πλησιάζει ακόμη και τους 10 °C τους επόμενους αιώνες. Ωστόσο, φαίνεται ότι το μεγαλύτερο μέρος των επιστημονικών αξιολογήσεων εκτιμούν ότι με τα σημερινά δεδομένα, η αύξηση της θερμοκρασίας θα κρατηθεί σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα, της τάξεως των 2 °C για τις επόμενες δεκαετίες. (King et al., 2015)

2.2 Άμεσοι κίνδυνοι των ακραίων καιρικών φαινομένων

2.2.1 Ξηρασία

Η ξηρασία αποτελεί μεγάλη πρόκληση για τη γεωργία και τις οικονομίες παγκοσμίως. Υπάρχουν τέσσερις τύποι «ξηρασίας».

- Μετεωρολογική ξηρασία - έλλειψη βροχόπτωσης
- Αγροτική ξηρασία - έλλειψη νερού στο έδαφος
- Υδρολογική ξηρασία - έλλειμμα στις ροές ποταμών και στα υπόγεια ύδατα
- Ξηρασία υδάτινων πόρων - ένα έλλειμμα στην ποσότητα νερού που διατίθεται για διανομή στους καταναλωτές (για άρδευση). (King et al., 2015)

Η ξηρασία οποιουδήποτε τύπου, ποικίλλει στη διάρκεια, την ένταση (ποσό του ελλείμματος) και τη χωρική έκταση. Είναι δύσκολο να διαχωριστεί ο αντίκτυπος και ο

κίνδυνος της ξηρασίας από αυτούς της πλημμύρας. Υπάρχουν επίσης πολλοί διαφορετικοί δείκτες ξηρασίας. Η μετεωρολογική ξηρασία χαρακτηρίζεται από ένα δείκτη συσσωρευμένων ελλειμμάτων νετού, που εξετάζει το μέσο ποσοστό των καλλιεργήσιμων εκτάσεων που αντιμετωπίζει «ακραία» ξηρασία. Ως «ακραία ξηρασία» ορίζεται το επίπεδο του ελλείμματος βροχόπτωσης που εμφανίζεται σε ποσοστό περίπου 2% σε κάθε κλιματική περίοδο, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η επίδραση των αυξημένων θερμοκρασιών, οι οποίες, αυξάνοντας τους ρυθμούς εξάτμισης, θα αυξήσουν περισσότερο τον κίνδυνο.

Οι προσομοιώσεις κλιματικών μοντέλων δείχνουν συνήθως ότι οι βροχοπτώσεις αυξάνονται με την κλιματική αλλαγή, αλλά υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις. Γενικά, οι υγρές περιοχές γίνονται πιο υγρές και οι ξηρές περιοχές γίνονται πιο ξηρές. Η θερμοκρασία επίσης, αυξάνεται με την κλιματική αλλαγή στις χερσαίες περιοχές, αυξάνοντας την επίδραση των ελλειμμάτων βροχόπτωσης και την εξάτμιση. Ο τρόπος με τον οποίο οι αλλαγές στο κλίμα μετατρέπονται σε αλλαγές στην ξηρασία εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες. Τα περισσότερα γεωργικά συστήματα είναι προσαρμοσμένα στις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες, οπότε οι αποκλίσεις από αυτές τις συνθήκες αποδεικνύονται δύσκολες.

2.2.2 Πλημμύρες των ποταμών

Οι πλημμύρες των ποταμών είναι ο πιο σοβαρός και διαδεδομένος καιρικός κίνδυνος που πλήττει τον κόσμο. Οι πλημμύρες των ποταμών προκαλούνται από έντονες ή παρατεταμένες βροχοπτώσεις ή χιονοστιβάδες. Υπάρχουν τρεις κυρίως κλίμακες πλημμύρας ποταμών:

- Οι πλημμύρες που συμβαίνουν όταν ο όγκος του νερού που παράγεται από έντονες βροχοπτώσεις δημιουργεί σημαντική χερσαία ροή και συνήθως εντοπίζεται και είναι μικρής κλίμακας.
- Οι πλημμύρες που παράγονται τοπικά από βροχοπτώσεις και χιονοπτώσεις στην περιοχή της λεκάνης απορροής.
- Πλημμύρες κατά μήκος μεγάλων ποταμών, μετά από παρατεταμένες περιόδους ισχυρών βροχοπτώσεων ή χιονοστιβάδων, με εκτεταμένες πλημμυρισμένες περιοχές, που μπορεί να συνεχιστούν για εβδομάδες.

Υπάρχει αβεβαιότητα στις προβλεπόμενες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στις πλημμύρες των ποταμών. Οι περισσότερες πληροφορίες σε παγκόσμια κλίμακα σχετίζονται με πλημμύρες κατά μήκος μεγάλων ποταμών και πεδινών καλλιεργημένων περιοχών με λεκάνες απορροής αρκετών χιλιάδων τετραγωνικών χιλιομέτρων.

2.2.3 Οι κίνδυνοι από την αύξηση του επιπέδου της στάθμης της θάλασσας

Παράκτιες πόλεις

Ο πολιτισμός έχει αναδυθεί και αναπτυχθεί για μια περίοδο αρκετών χιλιάδων ετών κατά την οποία η στάθμη της θάλασσας ήταν ασυνήθιστα σταθερή από γεωλογική άποψη. Έχουμε πλέον απομακρυνθεί από αυτήν την γεωλογική περίοδο και η πρόκληση της σημερινής εποχής θα είναι η ανάπτυξη μιας μακροπρόθεσμης προληπτικής προσέγγισης για τη διαχείριση του φαινομένου της αύξησης του επιπέδου

της στάθμης των θαλασσών. Το 2005 υπήρχαν 136 παράκτιες πόλεις με πληθυσμό άνω του ενός εκατομμυρίου ανθρώπων και συνολικό πληθυσμό 400 εκατομμυρίων ανθρώπων. Όλες αυτές οι παράκτιες πόλεις απειλούνται σε διάφορους βαθμούς, από πλημμύρες από τη θάλασσα, με σημαντική αύξηση των κινδύνων αυτών λόγω του ακραίου κλίματος, και ορισμένων ανθρωπίνων δραστηριοτήτων (αποχέτευση κ.λπ.).

Ο μετριασμός του κλίματος μπορεί να σταθεροποιήσει το ρυθμό αύξησης της στάθμης της θάλασσας, γεγονός που θα καθιστούσε την προσαρμογή πιο εφικτή. Ωστόσο, ακόμα και στην περίπτωση που επιτευχθεί σταθεροποίηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας, η στάθμη της θάλασσας θα συνεχίσει να αυξάνεται για πολλούς αιώνες καθώς ο βαθύς ωκεανός θα συνεχίσει να θερμαίνεται έστω και αργά και τα παγόβουνα θα φτάνουν σε μια νέα ισορροπία. Αυτό υποδηλώνει ότι στις παράκτιες περιοχές ο μετριασμός και η προσαρμογή πρέπει να εξεταστούν από κοινού, καθώς η έλλειψη γνώσεων σχετικά με τα όρια αύξησης της στάθμης της θάλασσας για τις παράκτιες πόλεις προκαλεί πραγματική ανησυχία. Επομένως, η προληπτική προσέγγιση αποτελεί τη βέλτιστη πρακτική για τον προγραμματισμό της αντιμετώπισης του ζητήματος.

Μολονότι είναι δύσκολο να καθοριστούν κατώτατα όρια στο ύψος και το ρυθμό αύξησης της στάθμης της θάλασσας που θα προκαλέσουν σημαντικά προβλήματα στις παράκτιες πόλεις, είναι σαφές ότι όσο πιο γρήγορα ανεβαίνει η στάθμη της θάλασσας, τόσο πιο δύσκολη καθίσταται η προσαρμογή σε αυτήν. Μπορεί η μακροπρόθεσμη αύξηση της στάθμης της θάλασσας από την τήξη πολικών φύλλων πάγου, να είναι αναπόφευκτη, αλλά μπορεί να περιοριστεί ο ρυθμός τήξης. Επομένως, αυτό που πρέπει να αποφευχθεί, είναι οποιαδήποτε αλλαγή που προκαλεί σημαντική επιτάχυνση του ρυθμού αύξησης της στάθμης της θάλασσας.

Πάνω από το 90% της ενεργειακής ανισορροπίας που προκαλείται από τις αυξανόμενες συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα απορροφάται από τους ωκεανούς, ενώ το 3% περίπου θερμαίνει την επιφάνεια της Γης. Αυτή η επιπλέον ενέργεια αυξάνει το θερμικό περιεχόμενο του ωκεανού, και αντίστοιχα τον όγκο, λόγω της θερμικής διαστολής. Επιπλέον, ο πάγος που λιώνει από τα πολικά φύλλα πάγου της Γροιλανδίας και της Ανταρκτικής όπως και από τους παγετώνες των βουνών, αυξάνει τον όγκο των ωκεανών. Ανεξάρτητα από την κλιματική αλλαγή, τα υπόγεια ύδατα αντλούνται από υδροφόρους ορίζοντες και στη συνέχεια απελευθερώνονται σε ρέματα και ποτάμια, συμβάλλοντας επίσης στην παγκόσμια αύξηση της στάθμης της θάλασσας. Από τους προ-βιομηχανικούς χρόνους, η παγκόσμια μέση στάθμη της θάλασσας έχει αυξηθεί κατά περίπου 20 εκατοστά. Με βάση ακριβείς μετρήσεις από τη δορυφορική υψομετρία, γνωρίζουμε ότι ο ρυθμός αύξησης ήταν κατά μέσο όρο 3,4 χιλιοστά / έτος από τη δεκαετία του 1990 και είναι γνωστό ότι αυτός ο ρυθμός επιταχύνεται. Δορυφορικές εικόνες δείχνουν ότι η περιοχή τήξης της επιφάνειας του πάγου της Γροιλανδίας επεκτείνεται ραγδαία. Η τήξη στη Γροιλανδία θα μπορούσε να περιοριστεί, εάν καταφέρουμε να μειώσουμε την αύξηση της θερμοκρασίας, για παράδειγμα μέσω προτάσεων για την ψύξη της Γης με τη διαχείριση της ηλιακής ακτινοβολίας ή της γεωμηχανικής. (King et al., 2015)

Οι επιπτώσεις από την αύξηση του επιπέδου της στάθμης της θάλασσας στην παραγωγή τροφίμων

Η κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει τις αποδόσεις των καλλιεργειών και η άνοδος της στάθμης της θάλασσας μπορεί να κατακλύσει τα εδάφη που παράγουν. Οι παράγοντες αυτοί θα επηρεάσουν την παραγωγή, το εμπόριο και την κατανάλωση ρυζιού, τη νούμερο ένα καλλιεργημένη τροφή στον κόσμο. Ο συνδυασμός των επιπτώσεων αυτών προκαλεί σημαντική μείωση της παραγωγής και αύξηση των τιμών του ρυζιού που μπορεί να έχουν αρνητικές συνέπειες στην ασφάλεια των τροφίμων. Η παγκόσμια παραγωγή ρυζιού θα μειωθεί από 1,60% έως 2,73%, ενώ η παγκόσμια τιμή του ρυζιού θα αυξηθεί από 7,14% έως 12,77%. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας αποτελεί κρίσιμο παράγοντα κινδύνου στο Μπαγκλαντές, την Ιαπωνία, την Ταϊβάν, την Αίγυπτο, τη Μιανμάρ και το Βιετνάμ. (Chung Chen et al., 2012)

Σύμφωνα με τους Nicholls and Leatherman (1995), η άνοδος της στάθμης της θάλασσας κατά 1 μέτρο περίπου, θα επηρέαζε 6 εκατομμύρια ανθρώπους στην Αίγυπτο, με 12% έως 15% των γεωργικών γαιών να χάνονται, 13 εκατομμύρια στο Μπαγκλαντές, με το 16% της εθνικής παραγωγής ρυζιού να χάνεται, και 72 εκατομμύρια στην Κίνα με "δεκάδες χιλιάδες" εκτάρια γεωργικής γης να χάνονται. Περισσότερο από την άμεση απώλεια γης, οι έμμεσοι παράγοντες αναφέρονται γενικά ως οι κύριες δυσκολίες που σχετίζονται με την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, και αφορούν στις ζημιές στις παράκτιες υποδομές, στην αλάτωση των φρεατίων, στη βέλτιστη λειτουργία των συστημάτων αποχέτευσης παράκτιων πόλεων με επακόλουθες επιπτώσεις στην υγεία, στην απώλεια παράκτιων οικοσυστημάτων και βιοτικών πόρων.

Τα δέλτα σε κλειστές θάλασσες, όπως ο Νείλος και ο Δούναβης, δεν αντιμετωπίζουν τις ίδιες δυσκολίες. Αυτή η αλληλεπίδραση εδάφους-θάλασσας οδηγεί σε περίπλοκα γεωργικά συστήματα, όπου οι αρδευόμενες καλλιέργειες και οι γεωργικές καλλιέργειες που εξαρτώνται από τη βροχή, μπορεί να γίνονται σε εναλλακτικές εποχές, με προσοχή στην ποιότητα του νερού άρδευσης (αλατότητα) και στο πλύσιμο των αλάτων από βροχές πριν από τη φύτευση καλλιεργειών.

Λόγω της πολύ υψηλής παραγωγικότητας των εδαφών στις περιοχές των δέλτα των ποταμών (γενικά εύφορα εδάφη, διαθεσιμότητα νερού, πολλαπλές καλλιέργειες, ειδικά σε τροπικές περιοχές), η παραγωγή τροφής είναι πολύ περισσότερη από την τοπική κατανάλωση. Στο Βιετνάμ, για παράδειγμα, το 50% της εθνικής παραγωγής ρυζιού προέρχεται από το δέλτα του Μεκόνγκ στο νότο, ενώ το 20% παράγεται στο δέλτα του Ερυθρού ποταμού κοντά στο Ανόι. Αν και μεγάλο μέρος αυτής της παραγωγής προορίζεται για εξαγωγή, μια καταστροφή στα δέλτα θα είχε βαθύτερες επιπτώσεις, κάτι που δείχνει μια εύθραυστη κατάσταση στην οποία οποιαδήποτε μεγάλη διαταραχή θα είχε ολέθρια αποτελέσματα σε ολόκληρη τη χώρα.

Η επιταχυνόμενη άνοδος της στάθμης της θάλασσας φαίνεται να είναι μία από τις σημαντικότερες συνέπειες της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής, με το χειρότερο σενάριο να υπολογίζει σε αύξηση κατά 95 περίπου εκατοστά έως το 2100. Γι' αυτό οι χώρες πρέπει να αναλάβουν δράση τώρα για να διασφαλίσουν ότι η γεωργική παραγωγή τους δεν θα συγκεντρωθεί σε περιοχές που είναι πιθανό να γίνουν πιο ευάλωτες υπό συνθήκες αύξησης της στάθμης της θάλασσας. Είναι σαφές ότι πρέπει να καταβληθούν προσπάθειες για τον εντοπισμό και παρακολούθηση πιθανών καταστροφών, ώστε να αντιμετωπιστούν εγκαίρως. (FAO, 1998)

2.2.4 Δεδομένα Κινδύνων

Σύμφωνα με την 4η έκθεση αξιολόγησης IPCC, η κλιματική αλλαγή αλλάζει τα δεδομένα του κινδύνου επερχόμενων καταστροφών με τρεις βασικούς τρόπους:

-αύξηση της συχνότητας και της έντασης των ακραίων γεγονότων, όπως συχνότερες ακραίες θερμοκρασίες και έντονες βροχοπτώσεις, πιο έντονοι τροπικοί κυκλώνες και διευρυμένες περιοχές που πλήττονται από ξηρασία και πλημμύρες.

-αλλαγές στη γεωγραφική κατανομή των περιοχών που πλήττονται από κινδύνους.

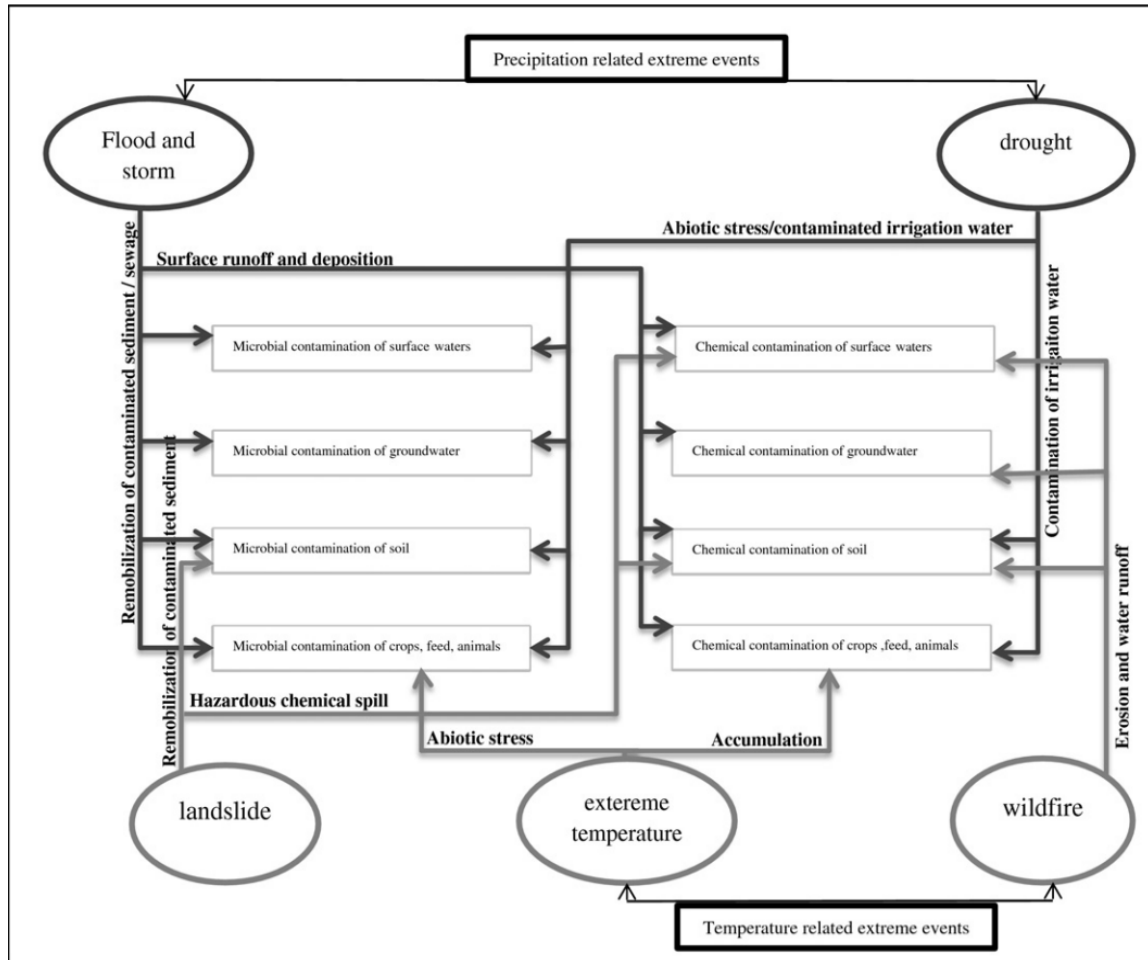
-αύξηση της ευπάθειας συγκεκριμένων κοινωνικών ομάδων και οικονομικών τομέων λόγω της αύξησης της στάθμης της θάλασσας, και της τήξης των παγετώνων.

Εκατομμύρια άνθρωποι υφίστανται την αυξημένη πίεση νερού στην υποσαχάρια Αφρική και έως το 2080, ακόμη περισσότεροι θα επηρεαστούν ετησίως, από τις παράκτιες πλημμύρες. Ο αριθμός των καταστροφών που σχετίζονται με το κλίμα (π.χ. ξηρασίες, πλημμύρες, καταιγίδες, πυρκαγιές κ.λπ.) αυξήθηκε σημαντικά από 195 κατά μέσο όρο ετησίως, από το 1987 έως το 1998, σε 365 κατά μέσο όρο ετησίως, από το 2000 έως το 2006. Από τα 262 εκατομμύρια που επηρεάστηκαν ετησίως από κλιματικές καταστροφές μεταξύ 2000 και 2004, περισσότερο από το 98% ζούσε σε αναπτυσσόμενες χώρες. Η κλιματική μεταβλητότητα αναμένεται να οδηγήσει σε συχνότερες και πιο εκτεταμένες καταστροφές, με σοβαρότερες συνέπειες στην ασφάλεια των τροφίμων και των υδάτων, στην ασφάλεια και τη διαβίωση των ευάλωτων παράκτιων και αγροτικών πληθυσμών. (FAO, 2009)

2.3 Απειλή για την επισιτιστική ασφάλεια

2.3.1 Περιβαλλοντικές πιέσεις στην ασφάλεια τροφίμων

Στη συνέχεια, αναπτύσσονται αλυσίδες επιπτώσεων με στόχο τον καθορισμό σχέσεων αιτίου-αποτελέσματος, μεταξύ ακραίων κλιματικών γεγονότων και πιθανών απειλών για την ασφάλεια των τροφίμων. Τα ακραία κλιματολογικά γεγονότα βρέθηκαν να εκδηλώνονται ως οκτώ κύριες πιέσεις στην ασφάλεια των τροφίμων μέσω άμεσων και έμμεσων επιδράσεων (Εικ. 3). Αυτές οι πιέσεις μπορούν να ομαδοποιηθούν σε δύο κατηγορίες: μικροβιακή (βακτηριακή, ιογενής, μυκητιακή και παρασιτική) και χημική μόλυνση.



Εικόνα 3: Αλυσίδες επιπτώσεων που δείχνουν τα ακραία κλιματολογικά γεγονότα που σχετίζονται με τις περιβαλλοντικές πιέσεις στην ασφάλεια των τροφίμων. (Yeni & Alpas, 2017)

Κατά τη φάση παραγωγής, τα ανθρώπινα παθογόνα μπορούν να μολύνουν τις καλλιέργειες, τρεφόμενα μέσω νερού, εδάφους, εντόμων ή άλλων ζώων, ενώ η άμεση επαφή, τα σπόρια, τα αυγά, οι μολυσμένες ζωοτροφές και το νερό είναι οχήματα μετάδοσης για τα ζώα. Τα ακραία κλιματικά γεγονότα, μπορεί να μολύνουν άμεσα ή έμμεσα ένα ή περισσότερα από αυτά τα οχήματα μετάδοσης, είτε με χημικά είτε με μικροοργανισμούς.

Το μολυσμένο νερό άρδευσης μολύνει τις καλλιέργειες, οδηγεί παθογόνα φορτία στα επιφανειακά ύδατα και μπορεί να μολύνει και το έδαφος. Οι ακραίες βροχοπτώσεις εξάλλου, συνδέονται με μεταδοτικές ασθένειες. Οι πλημμύρες συνδέονται άμεσα με τη μόλυνση των τροφίμων φυτικής και ζωικής προέλευσης, του εδάφους, των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, των ζωοτροφών και των προϊόντων διατροφής (καλλιέργειες, γάλα και κρέας). Ομοίως, οι καταιγίδες μπορούν να συνδεθούν με μικροβιακή μόλυνση των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων, του εδάφους και των προϊόντων διατροφής με ανθρώπινα παθογόνα και χημική μόλυνση. Σε περιόδους ξηρασίας, όταν δεν υπάρχει καθαρό νερό για άρδευση, αυτή γίνεται με τη χρήση μη επεξεργασμένων λυμάτων ή μολυσμένων υπόγειων υδάτων, κάτι που μπορεί να προκαλέσει μικροβιακή μόλυνση των τροφίμων.

Επιπλέον, η ασφάλεια της ζωικής παραγωγής απειλείται από τον πολλαπλασιασμό των ζωικών ασθενειών, οι οποίες αυξάνουν τη χρήση κτηνιατρικών φαρμάκων και φυτοφαρμάκων. Επίσης, ο συνδυασμός ξηρασίας με υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος προκαλεί πυρκαγιές και η παραγόμενη ατελής καύση μπορεί να οδηγήσει σε σχηματισμό ορισμένων οργανικών ρύπων, που με την απόθεσή τους στο νερό ή το έδαφος μολύνουν τα τρόφιμα. Τα πολύ αυξημένα επίπεδα θερμοκρασίας ακόμη, συνδέονται με τη χημική μόλυνση των καλλιεργειών προκαλώντας συσσώρευση βαρέων μετάλλων. Χημική μόλυνση του εδάφους και των υδάτων όμως, προκαλείται και από τη διάβρωση του εδάφους, σαν επακόλουθο των πυρκαγιών, που σε συνδυασμό με έντονες βροχοπτώσεις μπορεί να προκαλέσει και κατολισθήσεις.

Τέλος, εκτός από τις προαναφερθείσες συνέπειες που σχετίζονται με την ασφάλεια των τροφίμων, τα ακραία κλιματολογικά φαινόμενα έχουν επίσης άμεσες επιπτώσεις στην επισιτιστική ασφάλεια, λόγω απώλειας καλλιεργειών και ζώων και της αύξησης των τιμών των τροφίμων, ιδίως σε περιοχές που αντιμετωπίζουν ήδη υποσιτισμό και ανεπάρκεια τροφίμων. (Yeni & Alpas, 2017)

2.3.2 Μυκοτοξίνες

Άλλα ακραία κλιματικά γεγονότα, όπως ασυνήθιστα υψηλές θερμοκρασίες μαζί με ξηρασία μπορούν να προκαλέσουν σχηματισμό μυκοτοξίνης στα γεωργικά προϊόντα και τις ζωοτροφές, με αποτέλεσμα να απειλείται η ασφάλεια της ζωικής παραγωγής. Οι μυκοτοξίνες είναι μια ομάδα εξαιρετικά τοξικών χημικών ουσιών που παράγονται από τοξικογόνα καλούπια (όπως οι νηματοειδείς μύκητες), που συνήθως αναπτύσσονται σε διάφορες καλλιέργειες. Αυτές οι τοξίνες μπορούν να παραχθούν πριν από τη συγκομιδή στη μόνιμη σοδειά και πολλές μπορούν να αυξηθούν, ακόμη και δραματικά, μετά τη συγκομιδή, εάν οι συνθήκες μετά τη συγκομιδή είναι ευνοϊκές για περαιτέρω ανάπτυξη μυκήτων. Η ανθρώπινη διατροφική έκθεση σε μυκοτοξίνες μπορεί να γίνει άμεσα, μέσω της κατανάλωσης μολυσμένων καλλιεργειών. Οι μυκοτοξίνες μπορούν επίσης να φτάσουν στον ανθρώπινο εφοδιασμό τροφίμων μέσω ζώων που έχουν καταναλώσει μολυσμένες ζωοτροφές. (FAO, 2009 ; Yeni & Alpas, 2017)

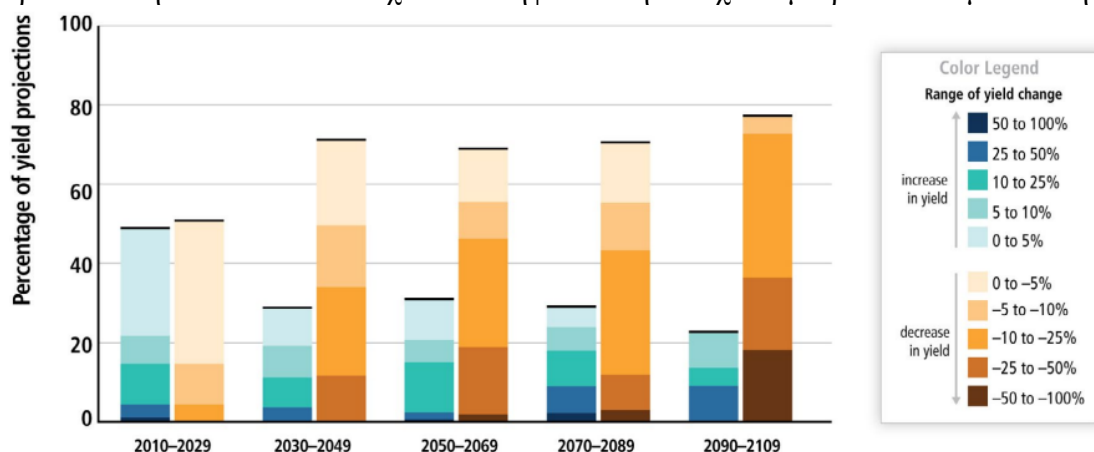
Το πρόβλημα της μόλυνσης των τροφίμων από μυκοτοξίνες και η επακόλουθη επίπτωση στη δημόσια υγεία δεν είναι κάτι καινούριο. Υπάρχει μεγάλη πιθανότητα οι μυκοτοξίνες να μαστίζουν την ανθρωπότητα από τότε που οι άνθρωποι ξεκίνησαν να καλλιεργούν. Σε υψηλές δόσεις οι μυκοτοξίνες προκαλούν έντονα συμπτώματα και θανάτους, αλλά, αναμφισβήτητα, οι χαμηλότερες δόσεις που δεν παράγουν κλινικά συμπτώματα είναι πιο σημαντικές για τη δημόσια υγεία, επειδή υπάρχει μεγαλύτερος κίνδυνος έκθεσής μας σε αυτές. Ορισμένες μυκοτοξίνες μπορεί να έχουν καρκινογόνο, ανοσοκατασταλτική, νευροτοξική, οιστρογόνο ή τερατογόνο δράση. Στον πίνακα 1 παρατίθενται οι μυκοτοξίνες παγκόσμιας σημασίας, που έχει αποδειχθεί ότι έχουν σημαντικό αντίκτυπο στη δημόσια υγεία και την παραγωγικότητα των ζώων σε διάφορες χώρες. Υπάρχουν πολλές άλλες μυκοτοξίνες που θεωρούνται περιφερειακής σημασίας. (FAO, 2009)

Mould Species	Mycotoxins Produced
<i>Aspergillus parasiticus</i>	Aflatoxins B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂
<i>Aspergillus flavus</i>	Aflatoxins B ₁ , B ₂
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	T-2 toxin
<i>Fusarium graminearum</i>	Deoxynivalenol (or nivalenol)
	Zearalenone
<i>Fusarium moniliforme</i> (<i>F. verticillioides</i>)	Fumonisin B ₁
<i>Penicillium verrucosum</i>	Ochratoxin A
<i>Aspergillus ochraceus</i>	Ochratoxin A

Πίνακας 1: Καλούπια και μυκοτοξίνες παγκόσμιας σημασίας (FAO, 2009).

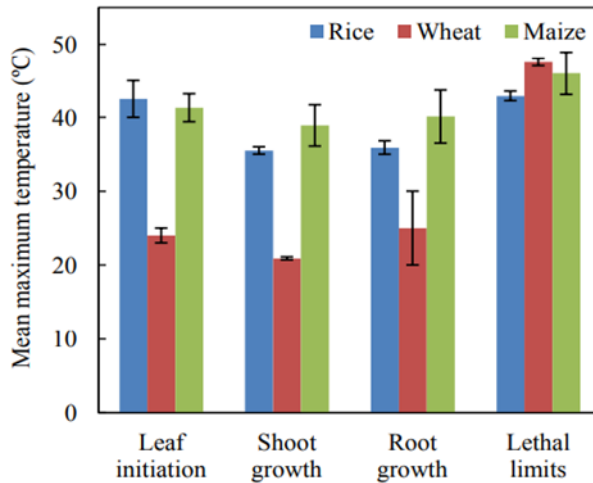
2.4 Επιπτώσεις στη Γεωργία

Καθώς η κλιματική αλλαγή εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου, η επίδρασή της στις αποδόσεις των καλλιεργειών προβλέπεται να είναι όλο και πιο αρνητική. Το μέγεθος αυτού του φαινομένου είναι εξαιρετικά αβέβαιο. Αυτή η εξέλιξη, και η αβεβαιότητά της, απεικονίζονται στο διάγραμμα 2. Το διάγραμμα 2 δείχνει μια συγκέντρωση προβλέψεων για αλλαγή στην απόδοση διαφορετικών καλλιεργειών, σε διαφορετικές περιοχές, σε διαφορετικούς βαθμούς κλιματικής αλλαγής, και υπό την προϋπόθεση αν θα έχουν ληφθεί ή όχι μέτρα αντιμετώπισης.



Διάγραμμα 2: Σύνοψη των προβλεπόμενων αλλαγών στις αποδόσεις των καλλιεργειών λόγω της κλιματικής αλλαγής κατά τον 21ο αιώνα (King et al., 2015).

Από αυτήν την απεικόνιση, μπορεί να συναχθούν ορισμένες πληροφορίες για το χειρότερο σενάριο: Από το 2030-2049, το χαμηλότερο δέκατο των προβλέψεων δίνει μείωση της απόδοσης 25% - 50%. Από το 2090-2109, το χαμηλότερο πέμπτο των προβλέψεων μειώνει την απόδοση 50% - 100%. Δηλαδή, υπάρχει περίπτωση εμφάνισης μεγάλου κινδύνου μείωσης των αποδόσεων των καλλιεργειών λόγω της βλαβερής επίδρασης των ακραίων θερμοκρασιών. Αυτή η μείωση των αποδόσεων των καλλιεργειών θα συμβεί επειδή θα μειωθεί η καλλιεργητική περίοδος.



Διάγραμμα 3: Ρύζι, σιτάρι και αραβόσιτος - Μέση μέγιστη θερμοκρασία για το εύρος των ορίων ανάπτυξης των φύλλων, βλαστών, ριζών και θνησιμότητας των φυτών (King et al., 2015).

αραβόσιτο και το ρύζι, μαζί με τα θανατηφόρα όρια 45-47 ° C, κατά τα οποία το φυτό πεθαίνει. (King et al., 2015)

Ταυτόχρονα, οι καλλιέργειες μπορούν επίσης να υποστούν σοβαρές ζημιές από βραχυπρόθεσμα και ακραία θερμικά συμβάντα. Οι θερμοκρασίες που υπερβαίνουν τα κρίσιμα κατώφλια (όρια), ειδικά σε ευαίσθητες περιόδους, μπορεί να προκαλέσουν δραστικές πτώσεις των αποδόσεων των καλλιεργειών. Θερμοκρασίες ίσες ή υψηλότερες από 30-34 ° C, κατά τη διάρκεια της ανθοφορίας μπορεί να εμποδίσουν την παραγωγή γύρης και τη ρύθμιση των κόκκων δίνοντας ασταθείς αποδόσεις από έτος σε έτος. Το διάγραμμα 3 δείχνει ένα εύρος ορίων ανάπτυξης για το σιτάρι, τον

Αντίκτυπος των υψηλών επιπέδων αύξησης της θερμοκρασίας στις αποδόσεις των μεγάλων καλλιεργειών παγκοσμίως

Καλλιέργειες με σιτάρι, ρύζι, βαμβάκι και σόγια παρουσιάζουν μεγαλύτερη αρνητική επίδραση στη συγκέντρωση CO₂ από ότι οι καλλιέργειες με καλαμπόκι και σόργο. Αυτό συμβαίνει επειδή τα ποσοστά φωτοσύνθεσης σε καλλιέργειες με καλαμπόκι και σόργο, είναι λιγότερο ανταποκρινόμενα στις αυξήσεις του CO₂ στο περιβάλλον.

Crop	Change in crop yields (%)
Wheat	-10 to -13
Maize	-4 to -12
Rice	-9.5 to -12
Sorghum	-11 to -15
Barley	-1 to -8
Millet	-10 to -20
Beans	-1.5 to +45
Soybean	-14 to -25
Potato	0 to -5
Oilseeds	-50 to +25

Πίνακας 2: Αντίκτυπος της κλιματικής αλλαγής για σενάρια αύξησης της θερμοκρασίας κατά 1-3 ° C σε αποδόσεις μεγάλων καλλιεργειών σε ποσοστά(%).(Kanitkar, 2014).

Ο πίνακας 2 δείχνει μερικές από τις προβλεπόμενες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στις αποδόσεις των καλλιεργειών έως το 2050 για μερικές μεγάλες καλλιέργειες. Ο πίνακας 2 δείχνει σημαντική μείωση των αποδόσεων έως το 2050 ακόμη και με αύξηση θερμοκρασίας 2 ° Κελσίου. Για υψηλότερη θέρμανση, που οδηγεί σε τοπικές μέσες αυξήσεις θερμοκρασίας 3 ° -4 ° Κελσίου, η μείωση των αποδόσεων προβλέπεται να είναι πολύ υψηλότερη, με «μεγάλες αρνητικές επιπτώσεις στη γεωργική παραγωγικότητα και σημαντικούς κινδύνους για την παγκόσμια παραγωγή και ασφάλεια τροφίμων» (IPCC 2014,161). Οι τροπικές χώρες αντιμετωπίζουν υψηλότερα επίπεδα

κινδύνου λόγω της μείωσης των αποδόσεων, καθώς οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής αναμένεται να είναι υψηλότερες στην τροπική περιοχή. Είναι επίσης ευάλωτοι λόγω του υψηλότερου επιπολασμού της φτώχειας στις τροπικές περιοχές, από ό, τι στις εύκρατες περιοχές. Αλλαγές στη σχέση μεταξύ των κλιματικών συνθηκών και της καλλιέργειας μπορούν να συμβούν λόγω αλλαγών στη συμπεριφορά των αγροτών ως αποτέλεσμα της εισαγωγής μιας συγκεκριμένης τεχνολογίας. Για παράδειγμα, η εισαγωγή μιας νέας πηγής άρδευσης σε μια περιοχή ή η αύξηση της χρήσης λιπασμάτων θα επηρεάσει την παραγωγή των καλλιεργειών και, κατά συνέπεια, θα έχει αντίκτυπο στις τάσεις της παραγωγής των καλλιεργειών ανεξάρτητα από την κλιματική αλλαγή. (Kanitkar, 2014)

Γίνεται αντιληπτό συνεπώς, ότι η παραγωγή των καλλιεργειών είναι εξαιρετικά ευαίσθητη στις ακραίες αλλαγές του κλίματος. Υπολογίστηκε ότι οι κλιματικές αλλαγές θα μειώσουν τις αποδόσεις και είναι πιθανό να καταστρέψουν τις καλλιέργειες τον 21ο αιώνα, αν και οι επιπτώσεις θα διαφέρουν πολύ σε διαφορετικά μέρη του κόσμου. Η κλιματική αλλαγή επηρεάζει τον μικροβιακό πληθυσμό του μακροπεριβάλλοντος (έδαφος, αέρας και νερό), όπως και τον πληθυσμό παρασίτων ή άλλων φορέων. Συμβάλλει επίσης στην εμφάνιση σοβαρών βιοτικών ασθενειών, που αποδίδονται σε μικροοργανισμούς όπως μύκητες, βακτήρια, ιούς αλλά και έντομα. Αβιοτικοί παράγοντες όπως ανεπάρκεια θρεπτικών συστατικών, ατμοσφαιρικοί ρύποι και ακραίες τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας επηρεάζουν επίσης την υγεία και την παραγωγικότητα των φυτών. Οι βιοτικοί και αβιοτικοί παράγοντες δηλαδή, έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην παραγωγή των φυτών και την ασφάλεια των καλλιεργειών τροφίμων. Περαιτέρω ανησυχία υπάρχει, από τον αντίκτυπο της κλιματικής αλλαγής στην εμφάνιση περισσότερων περιβαλλοντικών ρύπων και χημικών καταλοίπων στην τροφική αλυσίδα. (FAO, 2009)

Στη συνέχεια αναφέρονται συνοπτικά επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος στη γεωργία:

- Αύξημένη συχνότητα και ένταση ακραίων κλιματικών γεγονότων, όπως κύματα θερμότητας, ξηρασίες και πλημμύρες, που οδηγούν σε απώλεια γεωργικών υποδομών και βιοτικών πόρων
- Μείωση πόρων γλυκού νερού, που οδηγεί σε λειψυδρία σε αρόσιμες περιοχές
- Αύξηση της στάθμης της θάλασσας και παράκτιες πλημμύρες, που οδηγούν σε αλάτωση εδάφους και νερού
- Προβλήματα υγιεινής καθαρού νερού και τροφίμων
- Η αύξηση της θερμοκρασίας και η λειψυδρία επηρεάζουν τη φυσιολογία και την παραγωγικότητα των φυτών και των ζώων
- Βλαβερές επιδράσεις του αυξημένου τροποσφαιρικού όζοντος στις αποδόσεις των καλλιεργειών
- Αλλαγές στις ασθένειες των φυτών και στα είδη παρασίτων
- Ευεργετικές επιπτώσεις στην παραγωγή καλλιεργειών μέσω της λίπανσης με διοξείδιο του άνθρακα (FAO, 2016)

Τέλος, η παγκόσμια κλιματική αλλαγή μπορεί να βλάψει την παραγωγή τροφίμων παγκοσμίως με ποικίλη ένταση και συχνότητα βροχοπτώσεων, εμφάνιση ακραίων καιρικών συνθηκών και αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου. Η συχνή εμφάνιση

ακραίων κλιματικών γεγονότων οδηγεί σε υψηλότερη μεταβλητότητα της γεωργικής παραγωγής. Τα γεγονότα αυτά μπορεί να οφείλονται σε αύξηση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από ανθρωπογενείς και φυσικές συνθήκες, που επιταχύνουν την υπερθέρμανση του πλανήτη. Αυτές οι μεταβολές έχουν επιπτώσεις στα δάση, τη γεωργία και άλλους φυσικούς πόρους, όπως το νερό. Στον γεωργικό τομέα, η κλιματική αλλαγή θα έχει επιπτώσεις τόσο στις αποδόσεις των καλλιεργειών όσο και στις γεωργικές τιμές, παραγωγή, ζήτηση και εμπόριο. Ως γνωστόν, ο αντίκτυπος στις αναπτυσσόμενες χώρες θα είναι πολύ μεγαλύτερος απ' ό,τι στις αναπτυγμένες. (King et al., 2015)

2.5 Επιπτώσεις στην Κτηνοτροφία

Η κλιματική αλλαγή και κυρίως η αύξηση της θερμοκρασίας, μπορεί να έχει άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις στην παραγωγή ζώων. Η θερμική πίεση, που προκαλείται από την αδυναμία των ζώων να διαχειριστούν και να αντιμετωπίσουν την περιβαλλοντική θερμότητα, μπορεί να έχει άμεση και επιβλαβή επίδραση στην υγεία, την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή τους. Αλλαγές στις διατροφικές συνήθειες των ζώων, όπως η διαθεσιμότητα των ζωοτροφών και η ποσότητα και η ποιότητα των βοσκοτόπων και των ζωοτροφών, μπορεί να έχει έμμεσο αποτέλεσμα. Αυτά τα αποτελέσματα αναμένονται πιο έντονα σε εύκρατες περιοχές. Η κλιματική αλλαγή μπορεί να επηρεάσει τις ζωνοσους (ασθένειες και λοιμώξεις που μεταδίδονται μεταξύ σπονδυλωτών ζώων και ανθρώπων), με ποικίλους τρόπους. Μπορεί να προκαλέσει αύξηση στον κύκλο μετάδοσης πολλών φορέων και να διευρύνει το εύρος και τον επιπολασμό φορέων και δεξαμενών ζώων. Ακόμη, υπάρχει πιθανότητα σε ορισμένες περιοχές να οδηγήσει στη δημιουργία νέων ασθενειών. Οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής, όπως οι αλλαγές στους τρόπους διατροφής, οι αλλαγές στο οικολογικό περιβάλλον στο οποίο εκτρέφονται τα ζώα και η ανάγκη για αυξημένη άρδευση, μπορεί να επιδεινώσουν αυτές τις επιπτώσεις στα ζώα. (FAO, 2009)

Ο δείκτης δυσφορίας (temperature humidity index), που είναι ο συνδυασμός της ανόδου θερμοκρασίας και υγρασίας, υπερβαίνει τα ανεκτά επίπεδα για όλο και μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα στις αμερικανικές και ευρωπαϊκές ηπείρους. Η εντατικοποίηση της παραγωγής των βοοειδών, αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις, εξαιτίας της αύξησης του δείκτη THI, που επιφέρει σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, τη βιολογική λειτουργία και κυρίως στην αναπαραγωγική απόδοση των αγελάδων. Εκτός των άλλων, μπορεί να προκαλέσει συναισθήματα πείνας και δίψας μεταξύ των βοοειδών. Η κατάσταση αυτή αυξάνει την ανησυχία, επειδή η μειωμένη παραγωγή και ποιότητα του γάλακτος, αποτελούν ένδειξη μειωμένης ευημερίας. (Gomez-Zavaglia et al., 2020)

Ο δυνητικός αντίκτυπος της κλιματικής αλλαγής στα ζώα δεν έχει λάβει την ίδια δημόσια αναγνώριση με τον αντίκτυπο στα συστήματα καλλιέργειας. Τα ζώα μπορούν να αντιμετωπίσουν τις μεταβαλλόμενες μετεωρολογικές παραμέτρους πιο εύκολα από τις καλλιέργειες, λόγω της δυνατότητας που έχουν να κινούνται και της ικανότητάς τους να προσαρμόζονται σε διαφορετικό περιβάλλον και σε διαφορετικές τροφές. Για παράδειγμα, υπάρχει η επιλογή τεχνητής προσαρμογής, με την εγκατάσταση συστημάτων εξαερισμού και ψύξης στους στάβλους, για την αντιμετώπιση της αύξησης της θερμοκρασίας. Η κλιματική αλλαγή μπορεί να έχει άμεσες επιπτώσεις στα

ζώα, από την επίδραση παραγόντων άγχους, όπως η υψηλή θερμοκρασία, στην όρεξη των ζώων. Εμμέσως, θα υπάρξει τροποποίηση της ποσότητας και της ποιότητας των ζωοτροφών στα λιβάδια αλλά και της προμήθειας ζωοτροφών, πλούσιων σε ενέργεια και πρωτεΐνες αλλά με χαμηλές φυτικές ίνες, όπως καλαμπόκι, σόγια, βρώμη, σιτάρι, μελάσα κ.λπ.

Οι θετικές επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών, όπως η αυξημένη θερμοκρασία και η επαρκής υγρασία, δημιουργούν ευεργετικές συνέπειες στην απόδοση παραγωγής των ζώων στις πληγείσες περιοχές. Όσον αφορά την εξασφάλιση πόσιμου νερού, μια απάντηση στην κλιματική αλλαγή θα ήταν η αναβάθμιση των σχετικών εγκαταστάσεων, με τεχνικές συσκευές απαραίτητες για την ποιότητα και την επεξεργασία του νερού, προκειμένου να διασφαλιστεί η επιβίωση και η διατήρηση της υγείας των ζώων. Ωστόσο, η απόδοση της παραγωγής των ζώων μπορεί να επηρεαστεί και αρνητικά από τις αλλαγές της θερμοκρασίας. Οι εκτιμήσεις της ζωικής παραγωγής υποδηλώνουν αρνητικές επιδράσεις των κυμάτων καύσωνα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, αλλά αυτό θα μπορούσε να εξισορροπηθεί από τα θετικά αποτελέσματα των θερμότερων χειμώνων. (Miraglia et al., 2009)

Επιπροσθέτως, η κλιματική αλλαγή θα επιφέρει κινδύνους για την ασφάλεια των τροφίμων στην αλυσίδα παραγωγής γαλακτοκομικών προϊόντων. Η τέταρτη έκθεση της Διεθνούς Ομάδας του ΟΗΕ για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) προέβλεψε τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής, όπως θερμοκρασία, βροχόπτωση, επίπεδα CO₂ και ακραίες καιρικές συνθήκες. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες, οι αυξημένες συγκεντρώσεις CO₂, οι αυξομειώσεις των βροχοπτώσεων και τα ακραία καιρικά φαινόμενα θα οδηγήσουν σε αύξηση παρασίτων και ζιζανίων και αυξημένη ευπάθεια των δεξαμενών οργανικού άνθρακα, κάτι που θα επηρεάσει τα συστήματα παραγωγής τροφίμων. Οι συγκεκριμένες συνέπειες των κλιματικών επιπτώσεων διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή.

Η υπερθέρμανση του πλανήτη μπορεί να επηρεάσει τα βοοειδή γαλακτοπαραγωγής με εμφάνιση ζωικών ασθενειών και αυξημένο θερμικό στρες βοοειδών, με άμεση επίπτωση στην παραγωγή γάλακτος. Οι αυξημένες θερμοκρασίες και τα ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως ξηρασία και πλημμύρες, μπορεί να επηρεάσουν και έμμεσα την παραγωγή γάλακτος και την ποιότητά της, επειδή θα συμβούν αλλαγές στη διαθεσιμότητα και την ποιότητα των ζωοτροφών και του νερού. Η παρουσία μυκήτων που παράγουν μυκοτοξίνη στον αραβόσιτο και το σιτάρι εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις περιβαλλοντικές συνθήκες και αναμένεται, τα είδη που παράγουν αφλατοξίνη που ανήκουν στο γένος *Aspergillus* (πίνακας 1), να πολλαπλασιαστούν με την προβλεπόμενη αλλαγή του κλίματος. Αυτό συνεπάγεται απειλή για την ανθρώπινη υγεία, καθώς αυτή η τοξίνη μεταφέρεται στο γάλα όταν τα βοοειδή γαλακτοπαραγωγής που θηλάζουν τρέφονται με μολυσμένες με αφλατοξίνη Β1 ζωοτροφές.

Επομένως, η παρακολούθηση και η έγκαιρη αναγνώριση των κινδύνων για την ασφάλεια των τροφίμων είναι πολύ σημαντικά για την πρόληψη των επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία. Υπάρχουν διάφορα συστήματα ειδοποίησης σχετικά με την εμφάνιση κινδύνου, όπως το RASFF (Rapid Alert System for Food and Feed), το WHO (World Health Organization), το GOARN (Global Outbreak Alert and Response Network), και το GPHIN (Global Public Health Intelligence Network) στον Καναδά.

«Τέτοια συστήματα προειδοποίησης αντιμετωπίζουν γνωστούς, καλά χαρακτηρισμένους κινδύνους για την ασφάλεια των τροφίμων και των ζωοτροφών» (Marvin et al., 2009, 202).

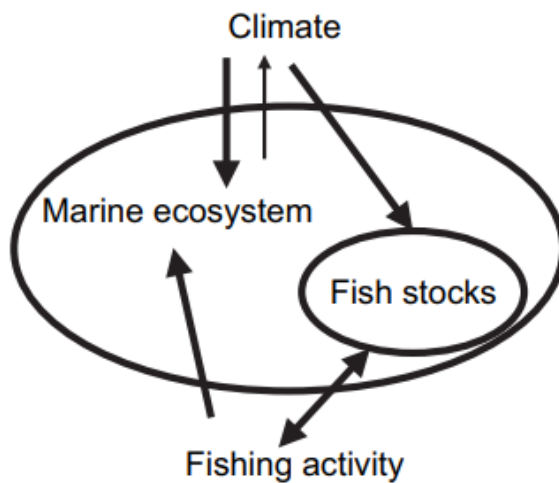
Δεν αποτελούν όλες οι επικίνδυνες προσμείξεις στην αλυσίδα παραγωγής γαλακτοκομικών προϊόντων σοβαρό πρόβλημα για την ανθρώπινη υγεία. Τα μολυσματικά συστατικά στις ζωοτροφές, το νερό και το χόμα μπορούν να διηθηθούν ή να αποσπαστούν εν μέρει, ώστε να μην μεταφερθούν στο κρέας ή στο γάλα από την αγελάδα και, ως εκ τούτου, να μην φτάσουν στο τελικό προϊόν. Μόνο οι τοξικές μολυσματικές ουσίες που μεταφέρονται στο γάλα ή τα προϊόντα κρέατος ενδέχεται να έχουν συνέπειες για την ανθρώπινη υγεία. Επίσης, τις τελευταίες πέντε δεκαετίες έχουν αναφερθεί περιπτώσεις που σχετίζονται με τις διοξίνες στην αλυσίδα ζωοτροφών και τροφίμων, εξαιτίας χρήσης μολυσμένων συστατικών ζωοτροφών .

Οι αντίξοες καιρικές συνθήκες θα επηρεάσουν αρνητικά την υγεία των αγελάδων. Αυξημένη θερμοκρασία και υγρασία μπορεί να οδηγήσει σε λιγότερη πρόσληψη τροφής από τις αγελάδες και περισσότερες λοιμώξεις του αναπνευστικού τους συστήματος. Ενδέχεται να εμφανιστούν νέες ζωνόσοι, να έχουμε αύξηση λοιμώξεων από κατανάλωση τροφίμων, ανάπτυξη μικροβίων και αύξηση του κύκλου ζωής πολλών παρασίτων. Επομένως, τα μέτρα υγιεινής των ζώων και ο ποιοτικός έλεγχος της καταλληλότητας του γάλακτος καθίστανται κρίσιμα για τον έλεγχο των κινδύνων της ασφάλειας των τροφίμων.

Ο επηρεασμός της παραγωγής ζωοτροφών και της μόλυνσης των βοσκοτόπων, από την αλλαγή του κλίματος, οδήγησε τελευταία σε παραγωγή συστατικών ζωοτροφών από βιοκαύσιμα και βιοαέρια (σύνθετες ζωοτροφές). Επίσης, χρησιμοποιείται η πρακτική της ενσίρωσης (η διαδικασία της ζύμωσης φυτικών προϊόντων με υψηλό περιεχόμενο υγρασίας και υπό αναερόβιες συνθήκες, με σκοπό τη διατήρηση του προϊόντος αλλά και τη βελτίωση της θρεπτικής του αξίας για χρήση ως ζωοτροφή). Τα ακραία καιρικά φαινόμενα όμως εμποδίζουν την διαδικασία της ενσίρωσης. Η υψηλότερη υγρασία προκαλεί αύξηση μυκητιασικών λοιμώξεων και σχηματισμού μυκοτοξινών, ενώ η ξηρασία μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερη περιεκτικότητα σε ξηρά ύλη των προϊόντων, με επακόλουθο αυξημένο επίπεδο ρύπων. Καταλήγοντας, μπορούμε να επισημάνουμε ότι η εμφάνιση ακραίων κλιματικών συνθηκών, όπως η μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας και οι υπερβολικές βροχοπτώσεις, δημιουργεί ζητήματα στις ζωοτροφές, στις πρώτες ύλες, στα λιβάδια, στην ενσίρωση, στην αποθήκευση και κατασκευή σύνθετων ζωοτροφών και στην υγεία των ζώων, παράγοντες που δημιουργούν σοβαρούς κινδύνους στην ασφάλεια τροφίμων. (Van der Spiegel et al., 2012)

2.6 Επιπτώσεις στην Αλιεία

Η αλιευτική δραστηριότητα είναι η μεγαλύτερη απειλή για τη μελλοντική παγκόσμια



Εικόνα 4: Σχηματική αναπαράσταση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και της αλιευτικής δραστηριότητας στο θαλάσσιο οικοσύστημα. (pnas.org, 2007)

παραγωγή ψαριών. Ωστόσο, οι επιπτώσεις της αλιείας και της κλιματικής αλλαγής αλληλεπιδρούν με διάφορους τρόπους και δεν μπορούν να αντιμετωπίζονται ως ξεχωριστά ζητήματα (εικ. 4). Η αλιεία προκαλεί αλλαγές στην κατανομή, τη δημογραφία και τη δομή των αποθεμάτων μεμονωμένων αλιευμάτων και άμεσες ή έμμεσες αλλαγές σε κοινότητες ψαριών και θαλάσσιων οικοσυστημάτων. Αυτές οι

αλλαγές επιδρούν επίσης σε άλλες υπηρεσίες οικοσυστημάτων (όπως η ανακύκλωση θρεπτικών συστατικών), στη βιωσιμότητα, την ανθεκτικότητα και την ικανότητα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή και σε άλλες πιέσεις. Η άγρια αλιεία συνεχίζει να συλλέγει άγριους πληθυσμούς μεγάλων περιοχών, που αποτελούν μέρος των φυσικών οικοσυστημάτων. Η μελλοντική βιώσιμη αλιεία εξαρτάται από την αποτελεσματική διαχείριση της αλιευτικής δραστηριότητας, η οποία με τη σειρά της απαιτεί κατανόηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην παραγωγικότητα και τη διανομή των εκμεταλλευόμενων αποθεμάτων.

Η διαχείριση πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις αλληλεπιδραστικές επιπτώσεις της αλιείας, του κλίματος και άλλων πιέσεων. Η αλιεία επειδή είναι επιλεκτική ως προς το μέγεθος, προκαλεί αλλαγές στο μέγεθος και την ηλικιακή δομή των πληθυσμών, γεγονός που οδηγεί σε μεγαλύτερη μεταβλητότητα στην ετήσια πρόσληψη των αλιευόμενων πληθυσμών. Η περικοπή της ηλικιακής δομής και η απώλεια της γεωγραφικής υποδομής στους πληθυσμούς, τους καθιστά πιο ευαίσθητους στις κλιματικές διακυμάνσεις. Γι' αυτό, η ηλικία και η γεωγραφική δομή των πληθυσμών των ψαριών πρέπει να διατηρηθούν, ώστε να διατηρηθεί η ανθεκτικότητά τους, ιδίως όταν αντιμετωπίζουν πρόσθετες πιέσεις όπως η κλιματική αλλαγή. Αυτήν τη στιγμή αλιεύουμε υπερβολικά αποθέματα, σε επίπεδα που τα εκθέτουν σε υψηλό κίνδυνο κατάρρευσης, λαμβάνοντας υπόψη τις τάσεις στο κλίμα και την αβεβαιότητα σχετικά με τις επιπτώσεις.

Η κλιματική αλλαγή επηρεάζει την επιβίωση, την ανάπτυξη, την αναπαραγωγή και την κατανομή ενός είδους, αλλά οι επιπτώσεις μπορούν επίσης να εμφανιστούν σε επίπεδο πληθυσμών, κοινοτήτων και ολόκληρων οικοσυστημάτων. Οι παράγοντες που σχετίζονται με το κλίμα περιλαμβάνουν τη θερμοκρασία, την αλατότητα, τα αιολικά πεδία, το οξύγονο, το pH και τη δομή πυκνότητας της στήλης νερού. Τα ακόλουθα παραδείγματα των παρατηρούμενων κλιματικών επιπτώσεων αποσκοπούν στην

απεικόνιση ορισμένων από τις κύριες διαδικασίες που εμπλέκονται, την πολυπλοκότητά τους και τις αλληλεπιδράσεις τους. Κυμαίνονται σε εύρος κλίμακας από πειραματικές μελέτες σε μεμονωμένα ψάρια, με συνδυασμό πειραματικών και επιτόπιων μελετών, έως μοντελοποίηση και παρατήρηση ολόκληρων οικοσυστημάτων και μεγάλων θαλάσσιων περιοχών.

Πειραματικές μελέτες

Η ιριδίζουσα πέστροφα (*Oncorhynchus mykiss*) χρησιμοποιήθηκε σε μία από τις ελάχιστες πειραματικές μελέτες που είχαν σχεδιαστεί για να δείξουν τα αποτελέσματα της ανόδου της θερμοκρασίας. Η αύξηση της θερμοκρασίας στους 2 ° C παρήγαγε θετικά αποτελέσματα στην όρεξή τους, στην ανάπτυξη, στη σύνθεση πρωτεϊνών και στην κατανάλωση οξυγόνου το χειμώνα, αλλά η ίδια αύξηση το καλοκαίρι είχε αρνητικές επιπτώσεις. Λόγω αυτών των εποχιακών διαφορών, είναι δύσκολο να γενικευτεί η εξισορρόπηση των επιπτώσεων. Απαιτούνται πληροφορίες για το εύρος της εποχιακής μεταβλητότητας της θερμοκρασίας, καθώς και πληροφορίες για τον ετήσιο μέσο όρο. Η κλιματική αλλαγή μπορεί δηλαδή, να επηρεάσει το εύρος τέτοιων εποχιακών κύκλων, καθώς και το μέσο όρο. Η θερμοκρασία αλληλεπιδρά επίσης με το μειωμένο pH και την αύξηση του αζώτου και της αμμωνίας, για αύξηση του μεταβολισμού.

Οι αλλαγές στην κατανομή του κοινού χελιού (*Zoarces viviparus*) στα νότια της Βόρειας Θάλασσας, έχουν συσχετιστεί με θερμικά περιορισμένη παροχή οξυγόνου κατά τη διάρκεια των θερινών ζεστών περιόδων, χρησιμοποιώντας έναν συνδυασμό πειραματικών επιτόπιων εργασιών για τον εντοπισμό των φυσιολογικών επιπτώσεων και συνεπειών για τη θνησιμότητα. Ο σολομός στον ποταμό Fraser του Καναδά, υπέστη αυξημένη θνησιμότητα όταν οι θερμοκρασίες του καλοκαιριού υπερέβησαν τα επίπεδα που είχαν προηγουμένως καταγραφεί σε μια χρονική σειρά 60 ετών για περίοδο εβδομάδων το καλοκαίρι του 2004. Αυτά τα παραδείγματα δείχνουν ότι οι επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος μπορούν να εμφανιστούν σε σύντομες περιόδους εντός ενός έτους και, ως εκ τούτου, πρέπει να αποδοθούν σε αλλαγές στη συχνότητα και την ένταση των ακραίων γεγονότων (πλημμύρες, ξηρασία, καύσωνας, τυφώνες), καθώς και σε αλλαγές στις μέσες τιμές.

Η Βαλτική Θάλασσα είναι σχεδόν εντελώς κλειστή θάλασσα και το αλάτι και το οξυγόνο εξαρτώνται από τις εισροές αλατούχου και οξυγονωμένου νερού από τον πορθμό Skagerrak, που ενώνει την Βόρεια με τη Βαλτική θάλασσα. Ο γάδος του Ατλαντικού (*Gadus morhua*) είναι το κύριο είδος ψαριού του βυθού της Βαλτικής, παράγοντας ετήσια αλιεύματα έως 400.000 τόνους κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1980. Ωστόσο, λόγω της κλιματικής αλλαγής έχουν επικρατήσει από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 ήπιοι χειμώνες με ισχυρούς δυτικούς ανέμους και αυξημένες βροχοπτώσεις, τα οποία έχουν οδηγήσει με τη σειρά τους σε αύξηση των ποσοτήτων γλυκού νερού στην Βαλτική. Αυτό επιφέρει μείωση της αλατότητας, με συνέπεια τα αυγά του γάδου να βυθίζονται, επειδή η πυκνότητά τους είναι μεγαλύτερη από εκείνη του νερού. Στα βαθύτερα στρώματα όμως, επικρατούν ανοξικές συνθήκες και τα αυγά δεν μπορούν να επιβιώσουν. (pnas.org, 2007)

Πρόσθετες επιδράσεις στην αλιεία και στην υδατοκαλλιέργεια

Η μεγάλη άνοδος της θερμοκρασίας, που προέρχεται από την κλιματική αλλαγή, επηρεάζει την παγκόσμια αλιευτική παραγωγή. Η μετανάστευση των ψαριών από τη μια περιοχή στην άλλη σε αναζήτηση κατάλληλων συνθηκών, μεταβάλλει τη χωρική κατανομή των αποθεμάτων τους. Άλλες κλιματολογικές αλλαγές που επηρεάζουν την αλιεία, περιλαμβάνουν:

- τους επιφανειακούς ανέμους, που αλλάζουν την παροχή θρεπτικών ουσιών στην ευφωτική ζώνη (ανώτατο στρώμα της θάλασσας που δέχεται ηλιακό φως), όσο και τη δύναμη και την κατανομή των ρευμάτων των ωκεανών,
- τα υψηλά επίπεδα CO₂ (που αλλάζουν την οξύτητα των ωκεανών) και
- τη μεταβλητότητα στις βροχοπτώσεις (επηρεάζοντας τα επίπεδα της θάλασσας).

Οι κλιματικές αλλαγές επηρεάζουν επίσης, την παραγωγικότητα των συστημάτων υδατοκαλλιέργειας και αυξάνουν την ευπάθεια των καλλιεργημένων ψαριών σε ασθένειες, μειώνοντας και τις αποδόσεις στους αγρότες. Τα ακραία καιρικά φαινόμενα οδηγούν σε διαφυγή εκτρεφόμενων αποθεμάτων και συμβάλλουν στη μείωση της γενετικής ποικιλομορφίας των άγριων αποθεμάτων που επηρεάζουν τη βιοποικιλότητα.

Από μικροβιολογική άποψη, η κλιματική αλλαγή επιδεινώνει τον ευτροφισμό, προκαλώντας ανάπτυξη φυτοπλαγκτού, αυξημένες συχνότητες άνθισης επιβλαβών φυκών, που είναι ιδιαίτερα τοξικά είδη. Η συσσώρευση αυτών των τοξινών στα δίθυρα μαλάκια (μύδια, στρείδια, χτένια), που φυσιολογικά φιλτράρουν το νερό, και η επακόλουθη κατανάλωση αυτών των προϊόντων έχουν σοβαρές επιπτώσεις στον άνθρωπο. Επιπλέον, η αύξηση των θερμοκρασιών του νερού οδηγεί στην ανάπτυξη οργανισμών όπως το *Vibrio vulnificus*, που κάνει την κατανάλωση ψαριών που καλλιεργούνται σε αυτά τα νερά επικίνδυνη. Επίσης, διευκολύνει τη μεθυσία του υδραργύρου (μετατροπή του ανόργανου υδραργύρου σε μεθυλοϋδράργυρο, μια ιδιαίτερος τοξική ένωση), με επακόλουθο την πρόσληψή του από τα ψάρια. (FAO, 2009)

Η υδατοκαλλιέργεια και η εξορυκτική αλιεία συμβάλλουν στην επισιτιστική ασφάλεια και τα προς το ζην εκατομμυρίων ανθρώπων παγκοσμίως. Η συνδυασμένη παγκόσμια παραγωγή και των δύο τομέων ήταν περίπου 171 δισεκατομμύρια κιλά το 2016, με 53% και 47% από την εξορυκτική αλιεία και την υδατοκαλλιέργεια αντίστοιχα. Έχει εκτιμηθεί αξία 323 δισεκατομμυρίων ευρώ, εκ των οποίων τα 207 δισεκατομμύρια προέρχονται από την υδατοκαλλιέργεια. Η αύξηση της παραγωγής υδατοκαλλιέργειας ήταν σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνη για τη μέση ετήσια αύξηση της παγκόσμιας κατανάλωσης ψαριών από το 1961 έως το 2016 (3,2%), που ήταν διπλάσιο του ρυθμού αύξησης του ανθρώπινου πληθυσμού (1,6%). Η κατά κεφαλή κατανάλωση ψαριών αυξήθηκε παγκοσμίως από 9 κιλά το 1961 σε 20,2 κιλά το 2015. Αυτή η οικονομική δραστηριότητα, συνδυάζοντας και τους δύο τομείς, απασχολεί άμεσα ή έμμεσα περίπου 200 εκατομμύρια άτομα.

Ωστόσο, πρέπει να γνωρίζουμε ότι η κατάσταση των πόρων, που παρακολουθείται από τον FAO, συνεχίζει να μειώνεται. Η εμπορική αλιεία θα επηρεαστεί σημαντικά λόγω αλλαγών στην αφθονία στα ψάρια και άλλα είδη οστρακοειδών. Η αλιεία

συμβάλλει ουσιαστικά στην παγκόσμια ζήτηση για τρόφιμα, ειδικά σε φτωχές χώρες, με μεγαλύτερη επισιτιστική ανασφάλεια.

Ο ωκεανός αποτελεί το 71% του πλανήτη και παρέχει πολλές υπηρεσίες στις ανθρώπινες κοινότητες, όπως είναι ο μετριασμός των ακραίων καιρικών συνθηκών, η δημιουργία του οξυγόνου που αναπνέουμε, η παραγωγή της τροφής που τρώμε και η αποθήκευση της περίσσειας διοξειδίου του άνθρακα που παράγουμε. Ωστόσο, οι επιπτώσεις της αύξησης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου απειλούν τα παράκτια και θαλάσσια οικοσυστήματα μέσω αλλαγών στη θερμοκρασία των ωκεανών και την τήξη του πάγου, οι οποίες με τη σειρά τους επηρεάζουν τα ρεύματα των ωκεανών, τα καιρικά φαινόμενα και τη στάθμη της θάλασσας. Οι ακραίες θερμοκρασίες και η οξίνιση των ωκεανών θέτουν σε κίνδυνο τους κοραλλιογενείς υφάλους, τα θεμέλια πολλών τύπων αλιείας, τροποποιώντας επίσης την ποσότητα και την ποιότητα του φυτοπλαγκτού και του ζωοπλαγκτού και επηρεάζοντας δραματικά ολόκληρη την τροφική αλυσίδα. (Gomez-Zavaglia et al., 2020)

2.7 Ακραία καιρικά φαινόμενα και ασφάλεια τροφίμων

Το μεταβαλλόμενο κλίμα θα έχει βαθύ αντίκτυπο στην ασφάλεια τροφίμων και στη γεωργία, όπως μεταβολές στις εποχές, μεταβολές στην αρόσιμη γη και τις αποδόσεις των καλλιεργειών, αλλαγές στην ποιότητα του εδάφους (όπως αύξηση των απωλειών ορυκτών εδάφους, διακύμανση της βιοδιαθεσιμότητάς τους και αλλαγή στο οικοσύστημα μικροοργανισμών του εδάφους). Οι αλλαγές είναι επίσης πιθανό να συμβούν τόσο σε αριθμό όσο και σε τύπους φυτικών παρασίτων, στη διάδοση φορέων, όπως από δαγκώματα εντόμων, καθώς και σε ζωνοσους που πλήττουν κατοικίδια ζώα και ανθρώπους που καταναλώνουν μολυσμένα φυτικά και ζωικά προϊόντα.

Αναλυτικότερα, οι υψηλότερες θερμοκρασίες, η αλλαγή στην ετήσια συνολική βροχόπτωση και η μεγαλύτερη συχνότητα και ένταση ακραίων καιρικών συνθηκών μπορεί να οδηγήσει όχι μόνο σε σημαντικές τροποποιήσεις στα συστήματα και την απόδοση των καλλιεργειών, αλλά και σε αυξημένη δυνατότητα μετάδοσης εντόμων, παρασίτων, ζιζανίων και φυτικών ασθενειών, που θα επιδεινώσουν τη μείωση της απόδοσης και θα βλάψουν την ασφάλεια των τροφίμων, εάν δεν ληφθούν κατάλληλα μέτρα σε εύθετο χρόνο. Οι προβλεπόμενες αυξήσεις της θερμοκρασίας αναμένεται να προκαλέσουν πολλαπλασιασμό παρασίτων στο ευαίσθητο προγενέστερο στάδιο της καλλιέργειας. Η δυσανάλογα αυξημένη θερμοκρασία σε μεγάλα υψόμετρα, ειδικά κατά τη διάρκεια του χειμώνα και της νύχτας, μπορεί να επηρεάσει όχι μόνο την ανάπτυξη των καλλιεργειών, αλλά και να αλλάξει την οικολογική ισορροπία μεταξύ της καλλιέργειας και των παρασίτων της.

Ειδικότερα, οι κλιματικές αλλαγές θα μπορούσαν να επηρεάσουν την ικανότητα των εντόμων να ανταπεξέλθουν κατά τη διάρκεια των επιβαρυνμένων χειμερινών περιόδων. «Η ακριβής επίδραση της κλιματικής αλλαγής στα έντομα και τα παθογόνα είναι κάπως αβέβαιη επειδή ορισμένες κλιματικές αλλαγές μπορεί να ευνοήσουν, ενώ άλλες μπορεί να αναστείλουν μερικά έντομα και παθογόνα». (Petzoldt and Seaman 2005,1012). Επιπλέον, είναι πολύ πιθανό οι ακραίες τιμές θερμοκρασιών και τα κύματα καύσωνα να συνεχίσουν να γίνονται πιο συχνά και μακροχρόνια. Η μεγάλη αύξηση της

θερμοκρασίας όμως, και η πρόβλεψη μείωσης των ημερών παγετού, θα επιφέρει επίσης, μικρή αύξηση της διάρκειας των καλλιεργειών. (Miraglia et al., 2009)

3. Επιμερισμός των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην παραγωγή τροφής παγκοσμίως.

3.1 Κλιματική αλλαγή - Προβλέψεις

Η κλιματική αλλαγή έχει αντίκτυπο στην ασφάλεια των τροφίμων παγκοσμίως. Παρ' όλα αυτά το ζήτημα αυτό δεν έτυχε της πρέπουσας αντιμετώπισης τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε διεθνές επίπεδο. Οι ευρωπαϊκές όπως και άλλες περιοχές θα αντιμετωπίσουν μάλλον διαφορετικά αποτελέσματα του μεταβαλλόμενου κλίματος και, κατά συνέπεια, οι επιπτώσεις του στη γεωργία και την ασφάλεια των τροφίμων θα ποικίλλουν για διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές.

Η αύξηση της θερμοκρασίας που προβλέπεται κατά τον 21ο αιώνα αναμένεται να είναι υψηλότερη πάνω από την ξηρά σε υψηλά βόρεια γεωγραφικά πλάτη (με λιγότερη θέρμανση στους Νότιους ωκεανούς και τον Βόρειο Ατλαντικό), και στο βόρειο ημισφαίριο κατά τη χειμερινή περίοδο. Η μεταβολή της θερμοκρασίας προβλέπεται χαμηλότερη στις ακτές και η θέρμανση είναι συνήθως μεγαλύτερη σε ξηρές από ό, τι σε υγρές περιοχές. Στα μεσαία και τα υψηλά γεωγραφικά πλάτη, προβλέπεται μείωση του παγετού και ως εκ τούτου αύξηση της διάρκειας της καλλιεργητικής περιόδου.

Σύμφωνα με το IPCC (2007), το ύψος της βροχόπτωσης είναι πιθανό να αυξηθεί σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, ενώ στις περισσότερες υποτροπικές χερσαίες περιοχές πιθανόν να μειωθούν οι βροχοπτώσεις. Οι ημερήσιες βροχοπτώσεις θεωρούνται πολύ πιθανό να αυξηθούν στη Βόρεια Ευρώπη, τη Νότια και Ανατολική Ασία, την Αυστραλία και τη Νέα Ζηλανδία, ενώ η ετήσια βροχόπτωση σε ευρωπαϊκές και αφρικανικές περιοχές κοντά στη Μεσόγειο θα μειωθεί σημαντικά, καθώς και η χειμερινή βροχή στη Νοτιοδυτική Αυστραλία.

3.2 Ευρώπη

Οι αναδυόμενοι κίνδυνοι στα τρόφιμα στην Ευρώπη μπορούν να είναι το αποτέλεσμα κλιματικών αλλαγών που συμβαίνουν σε παγκόσμιο επίπεδο, λόγω της παγκοσμιοποίησης του εμπορίου τροφίμων και ζωοτροφών με την Ευρώπη.

Το 2007, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε την πράσινη βίβλο της για την αλλαγή του κλίματος, παρέχοντας προβλέψεις για την κλιματική αλλαγή στην Ευρώπη. Στο σενάριο του IPCC, όπου δεν λαμβάνονται μέτρα για τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (GHG), με επακόλουθη αύξηση της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας περίπου 3,4 °C έως τα τέλη αυτού του αιώνα, η έκθεση αναλύει τις προβλεπόμενες αλλαγές στις κλιματικές μεταβλητές. Σε αυτό το σενάριο, προβλέπεται ότι σχεδόν τα μισά είδη φυτών διατρέχουν κίνδυνο. Τα κύρια αποτελέσματα της έκθεσης σχετικά με τις μεταβλητές που επηρεάζουν την ασφάλεια των τροφίμων και των ζωοτροφών αναφέρονται ανά περιοχή.

Νότια και Νοτιοανατολική Ευρώπη

Αυτή η περιοχή περιλαμβάνει την Πορτογαλία, την Ισπανία, τη Νότια Γαλλία, την Ιταλία, τη Σλοβενία, την Ελλάδα, τη Μάλτα, την Κύπρο, τη Βουλγαρία και τη Νότια Ρουμανία. Για τη μέση ετήσια θερμοκρασία, προβλέπεται αύξηση της τάξης των 4-5 °C στη Νότια Ευρώπη και στην περιοχή του Εύξεινου Πόντου. Επίσης, προβλέπεται μείωση της διαθεσιμότητας νερού, με κίνδυνο διακοπής της υδροηλεκτρικής ενέργειας, ιδιαίτερα το καλοκαίρι. Αυτό το αποτέλεσμα σε συνδυασμό με την άνοδο της θερμοκρασίας θα μπορούσε να προκαλέσει μειωμένες γεωργικές αποδόσεις (10-30% σε πολλές περιοχές του Νότου), ξηρασία, κύματα θερμότητας, υποβάθμιση εδάφους και οικοσυστημάτων και τελικά ερημοποίηση. Η αύξηση των βίαιων βροχοπτώσεων θα αυξήσει τη διάβρωση και την απώλεια οργανικής ύλης από το έδαφος.

Δυτική και βρεγόμενη από τον Ατλαντικό Ευρώπη

Στην περιοχή αυτή περιλαμβάνονται οι χώρες: Βέλγιο, Ολλανδία, Λουξεμβούργο, Δυτική και Βόρεια Γαλλία, Βόρεια Γερμανία, Ηνωμένο Βασίλειο, Ιρλανδία και Δανία. Για ετήσια μέση αύξηση θερμοκρασίας της τάξης των 2,5-3,5 °C (2-3 °C για το Ηνωμένο Βασίλειο και την Ιρλανδία), προβλέπονται ξηρότερα και θερμότερα καλοκαίρια. Λόγω υψηλότερων όγκων και εντάσεων βροχοπτώσεων, ιδιαίτερα το χειμώνα, αναμένονται συχνότερες ισχυρές καταιγίδες και πλημμύρες.

Κεντρική Ευρώπη

Αυτή η περιοχή περιλαμβάνει την Πολωνία, την Τσεχία, τη Σλοβακία, την Ουγγαρία, τη Βόρεια Ρουμανία, τη Νότια και Ανατολική Γερμανία και την Ανατολική Αυστρία. Για την ετήσια μέση θερμοκρασία, προβλέπεται αύξηση της τάξης των 3-4 °C (4-4,5 °C για τις περιοχές της Κεντρικής Ευρώπης και της Μαύρης Θάλασσας). Η βροχόπτωση προβλέπεται να αυξηθεί το χειμώνα και να μειωθεί το καλοκαίρι, με αυξημένο κίνδυνο πλημμυρών. Η γεωργία αναμένεται να επηρεαστεί από τη διάβρωση του εδάφους, την απώλεια οργανικής ύλης στο έδαφος, τη μετανάστευση παρασίτων και ασθενειών, την καλοκαιρινή ξηρασία και την υψηλή θερμοκρασία. Σε ορισμένες περιοχές, η μεγαλύτερη καλλιεργητική περίοδος θα ωφελήσει τις καλλιέργειες.

Βόρεια Ευρώπη

Σε αυτή περιλαμβάνονται η Νορβηγία, η Σουηδία, η Φινλανδία και οι χώρες της Βαλτικής. Προβλέπεται μέση ετήσια αύξηση θερμοκρασίας της τάξης των 3-4,5 °C και αύξηση της ετήσιας βροχόπτωσης έως και 40% με υπαρκτό τον κίνδυνο πλημμυρών. Ο χειμώνας θα είναι πιο υγρός. Για τη γεωργία, αναμένεται αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών (10-30% για αύξηση της θερμοκρασίας 1-3 °C). Θα υπάρχει επίσης δυνατότητα ανάπτυξης νέων καλλιεργειών, παρόλο που θα μπορούσαν να εμφανιστούν νέα παράσιτα και ασθένειες. Στις χώρες αυτές, θα υπάρξει αύξηση της επάρκειας της φυτικής παραγωγής, λόγω επιμήκυνσης της καλλιεργητικής περιόδου και της περιόδου παγετού. Η άνθιση των φυκών και η ρύπανση στη Βαλτική Θάλασσα, ενδεχομένως να οδηγήσει σε προβλήματα που σχετίζονται με τα τρόφιμα, όπως στη συγκέντρωση βιοτοξινών στα οστρακοειδή.

Θαλάσσιες περιοχές

Λόγω της προβλεπόμενης αύξησης της μέσης θερμοκρασίας σε μεγάλα βάθη (τουλάχιστον 3000 μέτρων), προβλέπονται τροποποιήσεις στη σύνθεση των ειδών του θαλάσσιου οικοσυστήματος, επηρεάζοντας επομένως τους τομείς των αλιευμάτων και των οστρακοειδών. Επίσης, η αυξημένη οξύτητα των θαλασσών λόγω της μεγαλύτερης απορρόφησης CO₂ θα επηρεάσει τη χημική σύσταση του νερού των ωκεανών, με συνέπεια ελάττωση της ασβεστοποίησης, κάτι που θα προκαλέσει δυσκολίες στους θαλάσσιους οργανισμούς που δημιουργούν ασβεστολιθικά κοχύλια και σκελετούς (οστρακοειδή, κοράλλια). Η προβλεπόμενη άνοδος της θερμοκρασίας του νερού μπορεί επίσης να έχει άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις στους θαλάσσιους οργανισμούς, όπως στον μεταβολισμό τους και τη μετανάστευσή τους σε άλλες γεωγραφικές περιοχές. Επιπλέον, μπορεί να δημιουργηθούν επιβλαβή φυτικά φύκια που θα μπορούσαν να σχηματίσουν θαλάσσιες βιοτοξίνες και να μολύνουν, για παράδειγμα, μύδια που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τροφίμων.

Λεκάνες απορροής και πλημμύρες

Οι προβλεπόμενες παρενέργειες των πλημμυρών στην Ευρώπη που σχετίζονται με την ασφάλεια και την παραγωγή τροφίμων, περιλαμβάνουν τη διάβρωση του εδάφους, τη ρύπανση των υδάτων και τις αλλαγές στα οικοσυστήματα, συμπεριλαμβανομένου του υδάτινου οικοσυστήματος, με ευτροφισμό και άνθηση φυκιών.

Προβλεπόμενος αντίκτυπος της κλιματικής αλλαγής στη γεωργική παραγωγή της Ευρώπης

Η κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει τη γεωργία, σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό, αναλογικά με την αύξηση της θερμοκρασίας, το μοτίβο των βροχοπτώσεων και τη φυσιολογική απόκριση των καλλιεργειών στο εμπλουτισμένο CO₂ της ατμόσφαιρας. Οι πιθανές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία περιλαμβάνουν επίσης μεταξύ άλλων, διακυμάνσεις των εποχών, τροποποιήσεις των εδαφών που είναι κατάλληλα για ανάπτυξη καλλιεργειών και βοσκή ζώων και αλλαγές στα φυτικά παράσιτα.

Οι κλιματικές αλλαγές θα επιφέρουν μια πιθανή γεωγραφική μετατόπιση των καλλιεργούμενων εδαφών, ενώ οι αποδόσεις και η έκταση των καλλιεργειών αναμένεται να επεκταθούν στα βόρεια μέρη της Ευρώπης, αλλά να μειωθούν στα νότια, λόγω της αυξημένης ανεπάρκειας νερού και της συχνότητας εμφάνισης ακραίων καιρικών φαινομένων, που μπορεί να καταστήσουν τις κοινωνίες ευάλωτες. Οι αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, θα επηρεάσουν πιθανόν περισσότερο τη γεωργία, αλλά επίσης και το θαλάσσιο οικοσύστημα και την κτηνοτροφία.

Ανάλυση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στους κύριους τομείς των γεωργικών συστημάτων της Ευρώπης

Τα συστήματα καλλιέργειας θα επηρεαστούν από τη μείωση του ποσού της ετήσιας βροχόπτωσης, τις παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας και τις προβλεπόμενες αυξήσεις της θερμοκρασίας που θα μπορούσαν να προκαλέσουν ταχύτερες περιόδους ανάπτυξης και μικρότερους κύκλους ζωής. Ο χρόνος και η διάρκεια των εποχών καλλιέργειας ενδέχεται να μετατοπιστούν γεωγραφικά, και ενδεχομένως να αλλάξουν οι

ημερομηνίες φύτευσης και συγκομιδής, που πιθανόν θα οδηγήσουν στην ανάγκη αλλαγής ποικιλιών καλλιεργειών που χρησιμοποιούνται σήμερα σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Τα συστήματα καλλιεργειών θα μπορούσαν επίσης να επηρεαστούν από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας και την ερημοποίηση καλλιεργήσιμων περιοχών.

Ποιότητα εδάφους

Ως προβλεπόμενη συνέπεια της κλιματικής αλλαγής σε ορισμένες ευρωπαϊκές περιοχές, η ποιότητα των εδαφών γενικά θα επιδεινωθεί και σε ορισμένες περιπτώσεις θα εμφανιστούν κατολισθήσεις και φαινόμενα διάβρωσης λόγω απορροής των υδάτων και πυρκαγιών. Η αυξημένη θερμοκρασία και τα μεταβαλλόμενα πρότυπα βροχόπτωσης ενδέχεται να οδηγήσουν σε αυξημένες απώλειες ορυκτών του εδάφους. Το έδαφος, τα θρεπτικά συστατικά και τα ιχνοστοιχεία επηρεάζουν την ανάπτυξη των φυτών. Ο σίδηρος, για παράδειγμα, είναι ένα σημαντικό στοιχείο για τα φυτά αλλά συχνά είναι περιορισμένης διαθεσιμότητας στο έδαφος λόγω της χαμηλής διαλυτότητάς του, γι' αυτό και τα φυτά έχουν αναπτύξει στρατηγικές για να ξεπεράσουν αυτό το πρόβλημα, όπως η απελευθέρωση φυτοσιδηροφόρων εκκρίσεων στις ρίζες. Οι μικροοργανισμοί επίσης, παίζουν καθοριστικό ρόλο στην πρόσληψη ιχνοστοιχείων, αντιδρώντας σε υψηλές ή χαμηλές συγκεντρώσεις στοιχείων στο έδαφος με διάφορους τρόπους και επηρεάζουν την κατανομή και τη βιοδιαθεσιμότητα των βασικών στοιχείων.

Αποδόσεις καλλιεργειών

Οι αποδόσεις των καλλιεργειών αναμένεται να αλλάξουν στις ευρωπαϊκές χώρες. Η Νότια Ευρώπη πιθανότατα θα παρουσιάσει μειώσεις των καλλιεργειών κατά την άνοιξη, όπως ο αραβόσιτος, οι ηλιάνθοι και η σόγια, ενώ θα αυξηθούν στις περιοχές της Βόρειας Ευρώπης. Για παράδειγμα, η παραγωγή αραβοσίτου αναμένεται να αυξηθεί κατά 30-50%, αλλά θα μειωθεί έντονα στη Νότια Ευρώπη. Η χρήση λιπασμάτων θα προσαρμοστεί ώστε να ταιριάζει τόσο στην πρόσληψη θρεπτικών συστατικών από τις καλλιέργειες όσο και σε τυχόν απώλειες θρεπτικών ουσιών που μπορεί να συμβούν κατά τις περιόδους των καλλιεργειών.

Οι αυξήσεις της συγκέντρωσης CO₂ στην ατμόσφαιρα θα προκαλέσουν υψηλότερη ανάγκη πρόσληψης αζώτου από τις καλλιέργειες, με συνέπεια μεγαλύτερες απαιτήσεις χρήσης λιπασμάτων. Η κλιματική αλλαγή μπορεί επίσης να επηρεάσει τις απώλειες αζώτου μέσω της έκπλυσης ή της πτητικοποίησης με απρόβλεπτο τρόπο. Οι παράγοντες αυτοί, θα οδηγήσουν σε αλλαγές στη ζήτηση λιπασμάτων και ενδεχομένως σε μεγαλύτερους κινδύνους όσον αφορά την εκμετάλλευση πηγών και πρώτων υλών, με επιμόλυνση από ακαθαρσίες ιχνοστοιχείων, λόγω αυξημένης κατανάλωσης. Ο τύπος λιπασμάτων καθορίζεται μεταξύ άλλων, από το βαθμό της διαθέσιμης υγρασίας. Σε ξηρές συνθήκες, το νερό που περιέχεται στην υγρή λάσπη επιτρέπει στα θρεπτικά συστατικά να φτάσουν στις ρίζες των φυτών πιο αποτελεσματικά από ό, τι στην περίπτωση ενός συνθετικού λιπάσματος. Έχει παρατηρηθεί ότι τα επίπεδα ορισμένων ορυκτών όπως ο φωσφόρος, το ασβέστιο και ο σίδηρος είναι υψηλότερα σε καλλιέργειες που γονιμοποιούνται με λάσπη. (Miraglia et al., 2009)

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής επηρεάζουν την παγκόσμια διαθεσιμότητα πόρων, του νερού και της εργασίας, την διασπορά της ελονοσίας και την ευπάθεια των

καλλιεργειών σε διάφορες περιοχές του κόσμου. Είναι σημαντική η ανάλυση τόσο των άμεσων όσο και των έμμεσων επιπτώσεων της αλλαγής του κλίματος. Η Ευρώπη επηρεάζεται κυρίως έμμεσα, μέσω εισαγωγών από το εξωτερικό, ενώ στην περιοχή Ασίας-Ειρηνικού και Βόρειας Αμερικής, στην περίπτωση κατανάλωσης περισσότερων πόρων, οι άμεσες επιπτώσεις είναι πολύ ισχυρότερες. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η κατανάλωση τροφίμων των καλλιεργειών όλων των περιοχών επηρεάζεται κυρίως από τις εγχώριες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, ενώ στην περίπτωση κατανάλωσης των πόρων εργασίας και νερού, οι έμμεσες επιπτώσεις είναι καθοριστικές. Στην Ευρώπη, κυριαρχούν οι έμμεσες επιπτώσεις, γιατί είναι η μόνη περιοχή παγκοσμίως που εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από ξένους πόρους για τη διατήρηση της επισιτιστικής ασφάλειας. Επίσης, η έκθεση της ΕΕ σε διασυννοριακούς κινδύνους που σχετίζονται με το κλίμα είναι πολύ υψηλότερη από τον παγκόσμιο μέσο όρο. (Kulmer et al., 2020)

3.3 Μεσόγειος

Η παραγωγή τροφίμων στη λεκάνη της Μεσογείου, τόσο στη ξηρά όσο και στη θάλασσα, επηρεάζεται από την κλιματική αλλαγή. Οι ακραίες κλιματικές συνθήκες, μαζί με την υποβάθμιση του περιβάλλοντος, την υπεραλίευση, την οξίνιση των ωκεανών και την αλάτωση των παράκτιων εδαφών, αποτελούν απειλή για την παραγωγή τροφίμων. Τα συχνότερα ακραία γεγονότα, όπως θερμική πίεση, ξηρασία αλλά και πλημμύρες, προκαλούν απώλειες στην απόδοση των καλλιεργειών, μείωση της ποιότητας των καλλιεργειών και επιπτώσεις στα ζώα. Οι διαταραχές στις παγκόσμιες γεωργικές αγορές, εξαιτίας των παραπάνω γεγονότων επιδεινώνουν τις τοπικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, ειδικά επειδή οι περισσότερες μεσογειακές χώρες είναι καθαροί εισαγωγείς δημητριακών και ζωοτροφών. Για παράδειγμα, οι συνολικές εκφορτώσεις ψαριών στη Μεσόγειο Θάλασσα μειώθηκαν κατά 28% από το 1994 έως το 2017, κυρίως λόγω της μη βιώσιμης αλιείας.

Οι κλιματολογικές προβλέψεις δείχνουν μείωση της διαθεσιμότητας νερού και εντατικοποίηση των ακραίων φαινομένων στην περιοχή της Μεσογείου, και συνεπώς υψηλότερο κίνδυνο για τον γεωργικό τομέα. Για τις επόμενες δεκαετίες προβλέπονται μειώσεις στις περισσότερες καλλιέργειες. Η παραγωγή καλλιεργειών που απαιτούν νερό, όπως ο αραβόσιτος ή τα λαχανικά θα μπορούσε να καταστεί αδύνατη σε πολλές περιοχές της Μεσογείου εάν δεν υπάρχει αρκετό νερό για άρδευση. Αυτό πιθανότατα θα επιδεινωθεί από αναδυόμενα παράσιτα και παθογόνα και από διαταραχές στις παγκόσμιες αγορές τροφίμων λόγω περιβαλλοντικών κρίσεων σε άλλες περιοχές. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, που συνεπάγεται αύξηση της αλατότητας του εδάφους, θα επηρεάσουν επίσης αρνητικά τον γεωργικό τομέα πολλών παραθαλάσσιων περιοχών. Η παραγωγή ρυζιού στην Αίγυπτο και την Ισπανία θα μπορούσε να επηρεαστεί περισσότερο.

Η κλιματική αλλαγή αναμένεται να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό τους θαλάσσιους πόρους τις επόμενες δεκαετίες. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες, η οξίνιση και η ρύπανση των υδάτων θα μειώσουν πιθανώς τη θαλάσσια παραγωγικότητα, και σε συνδυασμό με την υπεραλίευση θα επηρεάσουν την κατανομή των ειδών και θα προκαλέσουν τοπική εξαφάνιση άνω του 20% των αλιευμάτων γύρω στο 2050.

Επιπτώσεις ακραίων καιρικών και κλιματικών γεγονότων στην παραγωγή τροφίμων

Τα ακραία καιρικά και κλιματικά γεγονότα, όπως πλημμύρες, ξηρασίες, καύσωνες, καταιγίδες και ψυχρές αέριες μάζες, αποτελούν απειλή για τη γεωργική παραγωγή. Οι επιπτώσεις της μεγάλης θερμικής καταπόνησης που συμβαίνουν σε κρίσιμες φαινολογικές φάσεις, μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές απώλειες στις αποδόσεις των καλλιεργειών και μείωση της ποιότητάς τους. Για παράδειγμα, στην Ιταλία, τα πρώιμα κύματα καύσωνα έχουν συσχετιστεί με απώλειες στην απόδοση σκληρού σίτου που σημειώθηκαν τις τελευταίες δεκαετίες. Στην Ελλάδα, οι πρόσφατες τάσεις ακραίων θερμοκρασιών μείωσαν τις αποδόσεις των δημητριακών κατά 1,8-7,1% ανά βαθμό αύξησης στις μέγιστες θερμοκρασίες. Επίσης, από τη θερμική καταπόνηση επηρεάζονται η παραγωγή γάλακτος και η ποιότητά του, καθώς και η γονιμότητα των ζώων. Μεγάλες αυξομειώσεις θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια σημαντικών φαινολογικών σταδίων όπως η άνθηση, μπορεί να επηρεάσουν τις αποδόσεις αραβοσίτου, αλφάλφα, μήλων, αμυγδάλων και άλλων καλλιεργειών.

Επιπλέον, τα γεγονότα ξηρασίας στην περιοχή επηρεάζουν πολύ, ολόκληρο τον τομέα της γεωργίας. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκαν σοβαρές επιπτώσεις που προκλήθηκαν από φαινόμενα ξηρασίας το 2007 και το 2015-2016 στη μαροκινή γεωργία, που προκάλεσαν μεγάλες απώλειες στην παραγωγή σίτου, εσπεριδοειδών και ελαιών, απειλώντας επίσης τον κτηνοτροφικό τομέα. Εξάλλου, οι σοβαρές ξηρασίες μπορούν να τροποποιήσουν το αγροτικό τοπίο, αποτρέποντας την υιοθέτηση νέων καλλιεργειών από τους αγρότες, οι οποίοι τελικά αναγκάζονται να μεταναστεύσουν.

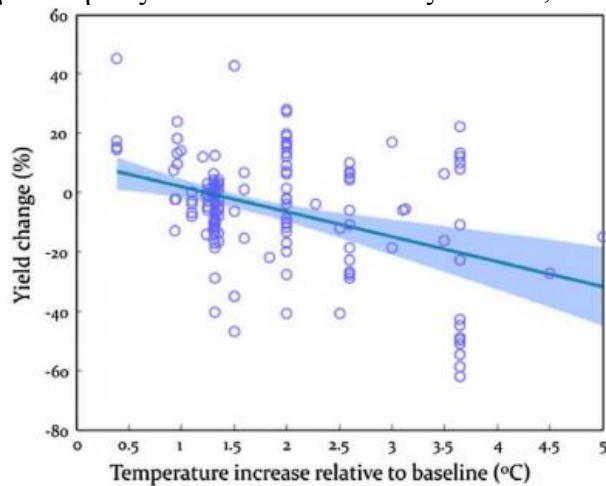
Η Μεσόγειος είναι επίσης μια περιοχή αυξημένου κινδύνου δασικών πυρκαγιών, που επιφέρουν σημαντικές γεωργικές και περιβαλλοντικές απώλειες, ακόμη και ανθρώπινα θύματα. Ο αυξημένος κίνδυνος δασικών πυρκαγιών προκαλείται και από την εγκατάλειψη της γεωργικής γης, που σταδιακά καταλαμβάνεται από δάση, θάμνους και δυνητικά πιο εύφλεκτα φυτά. Ακόμη, ορισμένες δασικές πυρκαγιές μπορεί να προκληθούν εσκεμμένα για τη δημιουργία περισσότερων βοσκοτόπων ή αγροτικών εκτάσεων.

Ευπάθειες και κίνδυνοι από τις κλιματολογικές προβλέψεις

Οι κλιματολογικές προβλέψεις δείχνουν σημαντική αύξηση θερμοκρασίας και ξηρότητας στη λεκάνη της Μεσογείου, μαζί με εντατικοποίηση των ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως η ξηρασία και τα κύματα καύσωνα. Συνεπώς, απαιτούνται προσαρμογή και μετριασμός στην κλιματική αλλαγή, για να αντιμετωπιστούν οι σοβαρές επιπτώσεις στον γεωργικό τομέα. Αυτές οι επιπτώσεις περιλαμβάνουν αλλαγές στη φαινολογία και τον κύκλο ανάπτυξης πολλών καλλιεργειών, και υψηλότερες απαιτήσεις σε νερό λόγω της αυξημένης εξάτμισης. Η καλλιεργητική περίοδος σιταριού στην Τυνησία αναμένεται να μειωθεί κατά 16 ημέρες για αύξηση μέσης θερμοκρασίας 2,5 °C και κατά 30 ημέρες για 4 °C. Επιπροσθέτως, προβλέπεται αύξηση λειψυδρίας και αλατότητας του εδάφους. Έτσι, οι αποδόσεις των καλλιεργειών και της κτηνοτροφίας προβλέπεται να μειωθούν σε πολλές περιοχές.

Στην Μεσόγειο αρκετές περιοχές ενδέχεται να χάσουν εντελώς την καταλληλότητά τους για συγκεκριμένες καλλιέργειες. Οι αποδόσεις των καλλιεργειών στις χώρες της Μέσης Ανατολής και της Βόρειας Αφρικής αναμένεται να μειωθούν κατά περίπου 30% για αύξηση θερμοκρασίας 1,5-2 °C στην Ιορδανία και παρόμοια στη Βόρεια Αφρική και έως 60% για αύξηση 3-4 °C.

Γενικότερα στην Μεσόγειο, ο αραβόσιτος αναμένεται να επηρεαστεί περισσότερο σε σχέση με τις υπόλοιπες καλλιέργειες, με σημαντική μείωση της απόδοσης, π.χ. 10-17% στην Ιταλία, τη Βουλγαρία και την Ελλάδα από το 2021 έως το 2050. Οι απώλειες της απόδοσης του σιταριού, για ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες στην περιοχή της Μεσογείου υπολογίζεται να είναι από 5% έως 22% από το 2021 έως το 2050. Επίσης, είναι πιθανές οι μειώσεις στην απόδοση του σίτου στην Αλγερία, σε περίπτωση μη προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή. Ωστόσο, οι μειώσεις στη διαθεσιμότητα νερού για άρδευση αραβόσιτου θα μπορούσαν να φέρουν πολύ μεγαλύτερες απώλειες. Από την ανάλυση πολλών μελετών, συμπεραίνεται ότι η κλιματική αλλαγή αποτελεί σημαντικό κίνδυνο για τις αποδόσεις των καλλιεργειών σε ολόκληρη την περιοχή MENA (Middle East and North Africa) (Εικ. 5). Έχουν επίσης αναφερθεί αλλαγές για την απόδοση σιταριού σε μια ιταλική περιοχή, δείχνοντας μέτρια αύξηση της απόδοσης, καθώς και έντονη μείωση έως 63% από το 2040 έως το 2070, ανάλογα με την ποιότητα του εδάφους.



Εικόνα 5: Αλλαγές στην απόδοση καλλιεργειών για την περιοχή MENA σύμφωνα με την ανάλυση 16 διαφορετικών μελετών. (Mrabet et al., 2020)

Στην Τυνησία, υπάρχει ισχυρή εξάρτηση από τη διαθεσιμότητα νερού για την απόδοση της ντομάτας, ενώ μια μείωση κατά 10% του νερού για άρδευση, θα μπορούσε να καταστήσει κάποιες παραγωγές ανέφικτες. Επιπλέον, οι αποδόσεις σιταριού ενδέχεται να αυξηθούν σε ορισμένες περιοχές παραγωγής της Τυνησίας. Όμως, τα επαναλαμβανόμενα γεγονότα ξηρασίας, μπορεί να προκαλέσουν απώλειες περίπου -50% στην παραγωγή ελιάς, και η αύξηση των πλημμυρών θα μπορούσε να οδηγήσει σε μείωση -13% στην

παραγωγή δημητριακών. Οι επιπτώσεις των μειωμένων βροχοπτώσεων στην παραγωγή ελιάς στην περιοχή της Μεσογείου μπορεί να είναι καταστροφικές, κάτι που ίσως οδηγήσει στην ανάγκη άρδευσης στη μελλοντική ελαιοκαλλιέργεια. Οι μεγάλες κλιματικές επιπτώσεις στην αναπτυσσόμενη γεωργία της Αιγύπτου, προκαλούν μεγάλες αυξήσεις στις τιμές των τροφίμων. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας θα αποτελέσει επίσης απειλή για τη γεωργία στην Αίγυπτο, επειδή θα οδηγήσει σε απώλειες καλλιεργήσιμων περιοχών και θα επηρεάσει την παραγωγή ρυζιού. Παρομοίως στην Ισπανία, οι σοβαρές επιπτώσεις της αύξησης της στάθμης της θάλασσας και η μεγάλη αύξηση της αλατότητας του εδάφους (εκτιμάται ότι θα είναι τριπλάσια από την τρέχουσα), θα επηρεάσει σημαντικά την παραγωγή ρυζιού μέχρι το τέλος του αιώνα.

Η αύξηση της συγκέντρωσης CO₂ στην ατμόσφαιρα θα μπορούσε να έχει κάποια ευεργετικά αποτελέσματα στις αποδόσεις, αυξάνοντας τις μέρες καλλιέργειας, ειδικά για το σιτάρι και το κριθάρι, υπό συνθήκες ξηρασίας και έλλειψης νερού. Εκτιμάται ότι θα υπάρχουν μειώσεις στην απόδοση πρωτεΐνης σίτου κατά 5-10%, σε ορισμένες νοτιοδυτικές περιοχές της Μεσογείου από το 2040 έως το 2069. Οι ακραίες κλιματικές συνθήκες, αποτελούν την κύρια απειλή για τη σταθερότητα και την ανθεκτικότητα των συστημάτων παραγωγής τροφίμων της Μεσογείου. Επίσης, τα ακραία κλιματικά φαινόμενα που συμβαίνουν σε άλλες περιοχές του κόσμου, μπορούν να έχουν αρνητικές επιπτώσεις μέσω της αυξημένης αστάθειας της αγοράς και των αυξήσεων των τιμών. Μια άλλη απειλή για την ασφάλεια και την ποιότητα των τροφίμων είναι η μόλυνση από μυκοτοξικά γενετικά παθογόνα, όπως και από νέα και επανεμφανιζόμενα παράσιτα και παθογόνα, που προκαλούν απώλειες απόδοσης. Τέλος, η γεωργία στην περιοχή θα επηρεαστεί από τον κίνδυνο μεγάλων πυρκαγιών, οι οποίες μπορεί να αυξηθούν από 34 έως 140% ανάλογα με την τοποθεσία.

Θαλάσσιοι πόροι τροφίμων

Η προβλεπόμενη αλλαγή του κλίματος αναμένεται επίσης να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό τους θαλάσσιους πόρους τροφίμων, οι οποίοι κινδυνεύουν ήδη από την υπερεκμετάλλευση. Η αύξηση της θερμοκρασίας των ωκεανών, η οξίνιση και η ρύπανση των υδάτων, όπως και οι περιορισμένες δυνατότητες μετανάστευσης σε πιο δροσερές περιοχές (λόγω της κλειστής θάλασσας της Μεσογείου), μπορεί να οδηγήσουν σε τοπική εξαφάνιση έως και του 50% των αλιευμάτων και των θαλάσσιων ασπόνδυλων γύρω στο 2050.

Η ρύπανση από ανθρωπογενείς δραστηριότητες επηρεάζει επίσης τον πληθυσμό των ψαριών, ιδίως στο δέλτα του Νείλου, με δυνητικά σοβαρές συνέπειες για την ανθρώπινη επισιτιστική ασφάλεια. Επιπλέον, εκτός από την αύξηση της θερμοκρασίας, τα θαλάσσια οικοσυστήματα είναι ευαίσθητα στην αύξηση της ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης CO₂, το οποίο διαλύεται αμέσως στο θαλασσινό νερό, και προκαλεί χημικές μεταβολές στον ανόργανο άνθρακα με χαμηλότερο pH και υψηλότερη συγκέντρωση των ανθρακικών ιόντων. Τα ανθρακικά ιόντα είναι απαραίτητα στοιχεία στους οργανισμούς που εξαρτώνται από την εναπόθεση ανθρακικού ασβεστίου (CaCO₃), μέσω της βιομεταποίησης για το σχηματισμό ασβεστολιθικών δομών, όπως τα κελύφη των μαλακίων.

Εξαιτίας των παραπάνω κλιματολογικών επιπτώσεων στη θάλασσα της Μεσογείου, η διαδικασία της βιομεταποίησης δεν γίνεται σωστά, με αποτέλεσμα να μειώνεται ο ρυθμός ανάπτυξης των οργανισμών, οι οποίοι μπορεί να παρουσιάσουν μορφολογικές ανωμαλίες. Η αύξηση της θερμοκρασίας και η οξίνιση των ωκεανών, μπορεί επίσης να προκαλέσουν ορισμένες βιολογικές αλλαγές, όπως μειωμένη παραγωγικότητα των ωκεανών, μειωμένη ανάπτυξη και επιβίωση των ασβεστοποιητικών οργανισμών, αλλαγές στις κατανομές ειδών, αλλοίωση της δυναμικής των τροφίμων και μεταβολή της συχνότητας εμφάνισης ασθενειών. Όλα αυτά θα οδηγήσουν σε μείωση της αφθονίας και της αλιευτικής παραγωγής.

Ειδικότερα, θα επηρεαστούν τόσο η αλιεία των οστρακοειδών, όσο και η υδατοκαλλιέργεια που χρησιμοποιείται εκτενώς σε παράκτιες περιοχές. Εκτός από τα μαλάκια, και άλλοι οργανισμοί υπόκεινται σε διαδικασίες βιομεταποίησης για το

σχηματισμό του σκελετού (π.χ. ψάρια), και έτσι, μπορούν επίσης να επηρεαστούν αρνητικά. Οι επιπτώσεις στους οικοτόπους είναι επίσης πολύ σημαντικές, διότι σε χαμηλότερο pH ορισμένα φυτά μπορούν να επηρεαστούν άμεσα ή έμμεσα, ακόμη και ασβεστολιθικά υποστρώματα βιολογικής ή ορυκτής προέλευσης. (Mrabet et al., 2020)

Η περιοχή της Σερβίας και του Μαυροβουνίου, αλλά και γενικότερα η περιοχή της Βαλκανικής χερσονήσου, έχει ευνοϊκές κλιματολογικές συνθήκες για την παραγωγή καλλιεργειών. Ωστόσο, η κατανομή των βροχοπτώσεων είναι συχνά ένας παράγοντας που επηρεάζει τις υψηλές αποδόσεις και τη σταθερή καλλιέργεια. Οι συνολικές βροχοπτώσεις ποικίλλουν από έτος σε έτος και η μεταβλητότητα είναι ουσιαστικά έντονη κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Όταν υπάρχει ανεπαρκής βροχόπτωση, κάτι που μπορεί να συμβαίνει σχεδόν κάθε χρόνο, η ξηρασία επηρεάζει τις καλλιέργειες. Η ποσότητα και η κατανομή των βροχοπτώσεων σπάνια ικανοποιούν τις ανάγκες των φυτών για νερό που καλλιεργείται υπό φυσικές συνθήκες. Οι ανάγκες σε νερό των φυτών ποικίλλουν και εξαρτώνται από τον τύπο και την ποικιλία των φυτών, την ηλικία τους κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου και τις καιρικές συνθήκες.

Ως εκ τούτου, η άρδευση παίζει σημαντικό ρόλο στην παροχή νερού στα φυτά, ώστε να επιτευχθούν υψηλές και σταθερές αποδόσεις επαρκούς ποιότητας. Η άρδευση ρυθμίζει επίσης εκτός από το νερό, και άλλες απαραίτητες συνθήκες όπως ο αέρας, το θερμικό, μικροβιολογικό και ορυκτό καθεστώς του εδάφους, εξασφαλίζοντας τις βέλτιστες συνθήκες για την ανάπτυξη των φυτών. Η υγρασία του εδάφους συμβάλλει στην αύξηση της υγρασίας του αέρα, ειδικά το καλοκαίρι, που η άρδευση είναι πιο έντονη και η υγρασία είναι πολύ χαμηλή. Η άρδευση μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως μέσο προστασίας του καρπού από τον παγετό το φθινόπωρο και την άνοιξη, σχηματίζοντας υγρό πάγο γύρω από τα μπουμπούκια και τους καρπούς που σχηματίζονται, απελευθερώνοντας έτσι τη θερμότητα στο περιβάλλον.

Στις νέες συνθήκες της κλιματικής αλλαγής, κυρίως λόγω της αύξησης των θερμοκρασιών του αέρα και της μεγάλης ξηρασίας, η άρδευση θα διαδραματίσει πολύ σημαντικό ρόλο στην παραγωγή τροφίμων που είναι απαραίτητη για τον ταχέως αναπτυσσόμενο πληθυσμό του κόσμου. Υπολογίζεται ότι έως το 2050 ο πληθυσμός θα αυξηθεί σε 9,6 δισεκατομμύρια. Έτσι, η παραγωγή τροφίμων πρέπει να αυξηθεί κατά περισσότερο από 50%, σε σχέση με την τρέχουσα παραγωγή. Ως αποτέλεσμα της αύξησης της θερμοκρασίας του αέρα, θα υπάρξουν αλλαγές στην ποσότητα της βροχόπτωσης και της κατανομής της καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, οι οποίες θα επηρεάσουν σημαντικά την παραγωγή τροφίμων. Επιπλέον, αναμένονται συχνότερες πλημμύρες με καταστροφικές συνέπειες. Οι αναμενόμενες αλλαγές στις κλιματολογικές συνθήκες θα οδηγήσουν σε έλλειψη γλυκού πόσιμου νερού και νερού για άρδευση, επηρεάζοντας σημαντικά την παραγωγή τροφίμων στο μέλλον. (Spalevic et al., 2020)

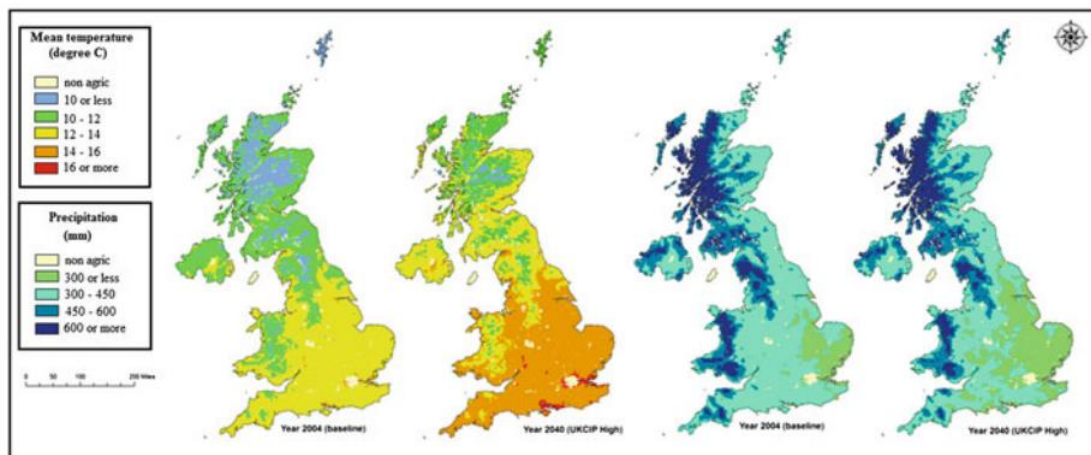
3.4 Ηνωμένο Βασίλειο

Η κλιματική αλλαγή στο Ηνωμένο Βασίλειο, παράγει κυρίως θετικά αποτελέσματα, αν και προβλέπονται απώλειες για τις περιοχές του Νότου που είναι πιο ευάλωτες σε

θερμική πίεση και ξηρασία. Το Πρόγραμμα Κλιματικών Επιπτώσεων του Ηνωμένου Βασιλείου (UKCIP 2009), παρέχει σενάρια σχετικά με την αλλαγή του κλίματος. Αυτά τα σενάρια παρουσιάζουν διακυμάνσεις στις βροχοπτώσεις και τη θερμοκρασία, που προκύπτουν από τη μελλοντική κλιματική αλλαγή. Πιο συγκεκριμένα, εξετάζονται οι επιπτώσεις αυτών των διακυμάνσεων για τη γεωργική παραγωγή και τα έσοδα στο Ηνωμένο Βασίλειο. Πολλές μελέτες δείχνουν ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη θα έχει σημαντικές επιπτώσεις στη γεωργία, ιδίως στα χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη. Οι πιθανές απειλές για τη γεωργική παραγωγή περιλαμβάνουν: (1) παρατεταμένη και συχνότερη ξηρασία, (2) αλλαγές στην κατανομή των βροχοπτώσεων, (3) αύξηση των καταιγίδων και άλλων ακραίων καιρικών φαινομένων, (4) αύξηση της στάθμης της θάλασσας, (5) αύξηση και αλλαγή παρασιτικού φορτίου, (6) αυξημένος κίνδυνος θερμικής καταπόνησης στην κτηνοτροφία και (7) πιθανές αλλαγές στην ισορροπία του εδάφους.

Παρά τις σοβαρές αυτές ανησυχίες, η κλιματική αλλαγή ενδέχεται να δημιουργεί και νέες ευκαιρίες για τη γεωργία. Πιο συγκεκριμένα, οι αυξημένες θερμοκρασίες μπορεί να επιταχύνουν την ανάπτυξη των καλλιεργειών, να επιμηκύνουν την καλλιεργητική περίοδο και να δημιουργήσουν το κατάλληλο κλίμα για τη γεωργία σε υψίπεδα και υψηλότερα πλάτη. Ομοίως, σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Τροφίμων και Αγροτικών Υποθέσεων του Ηνωμένου Βασιλείου (UK Department for Environment, Food and Rural Affairs), η αύξηση των συγκεντρώσεων του CO₂ στην ατμόσφαιρα, μπορεί να ενισχύσει το ρυθμό φωτοσύνθεσης, να μειώσει την ποσότητα νερού που απαιτείται ανά μονάδα βιομάζας και να οδηγήσει σε υψηλότερες αποδόσεις καλλιέργειας.

Σε σχέση με τις μηνιαίες τιμές μέσης θερμοκρασίας και βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (από τον Απρίλιο έως τον Σεπτέμβριο), για χρονικό επίπεδο αναφοράς 2004 έως 2060, σύμφωνα με το UKCIP (UK Climate Impacts Programme), οι μέσες θερμοκρασίες της καλλιεργητικής περιόδου αυξάνονται από 14,9 °C το 2004 σε λίγο πάνω από 18 °C το 2060. Ενώ, το επίπεδο βροχόπτωσης της καλλιεργητικής περιόδου μειώνεται κατά την ίδια περίοδο, έτσι ώστε να έχουμε θερμότερες και ξηρότερες εποχές καλλιέργειας.

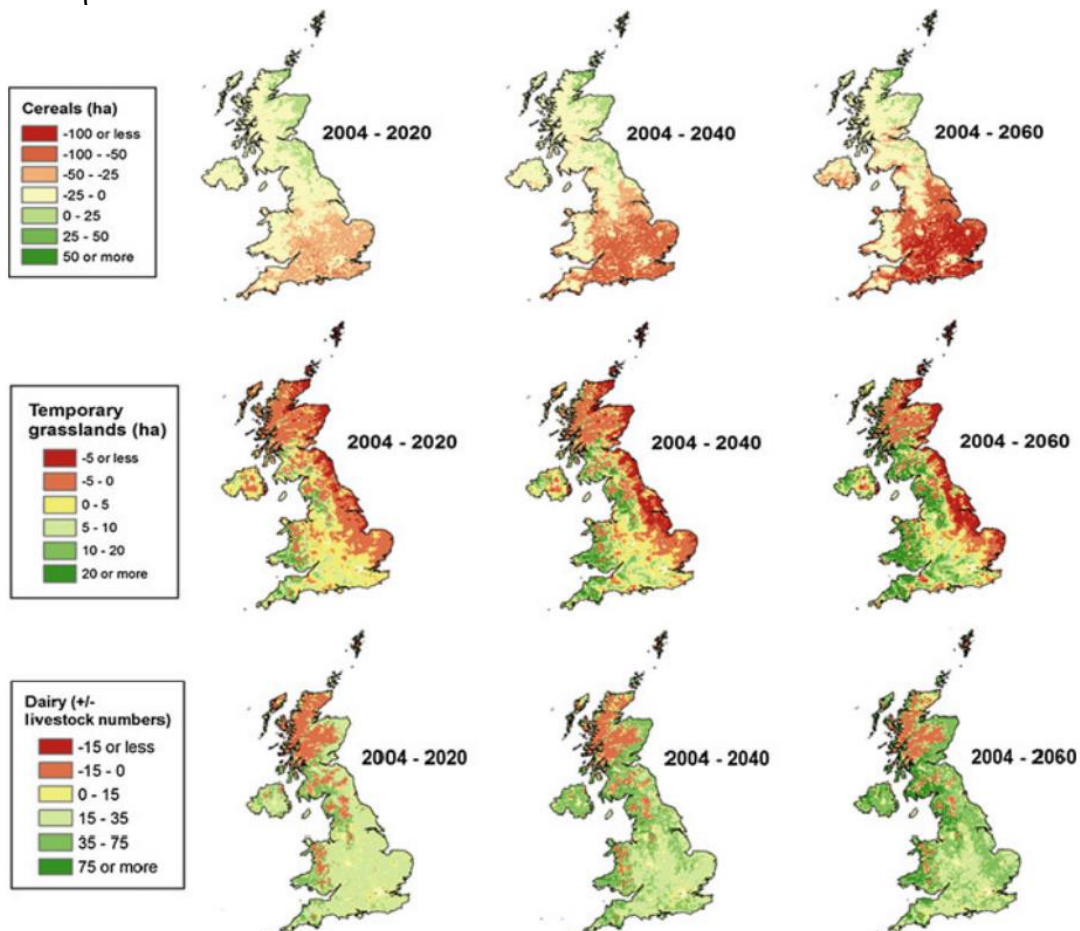


Εικόνα 6: Μέση θερμοκρασία και βροχόπτωση στην καλλιεργητική περίοδο το 2004 και το 2040 σύμφωνα με το σενάριο υψηλών εκπομπών του UKCIP. (Bateman et al., 2014)

Η εικόνα 6 δείχνει τη χωρική απεικόνιση αυτών των αλλαγών. Η προσεκτική εξέταση δείχνει ότι οι αυξήσεις της θερμοκρασίας είναι αρκετά ομοιόμορφες σε ολόκληρη τη χώρα, ενώ οι μειώσεις των βροχοπτώσεων είναι κάπως μεγαλύτερες στα νοτιοανατολικά πεδινά της Αγγλίας. Αυτά τα σενάρια δεν είναι προβλέψεις του μέλλοντος, αλλά δείχνουν τον αντίκτυπο της κλιματικής αλλαγής στους τρέχοντες τομείς της γεωργίας και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δικαιολογήσουν αλλαγές στην εφαρμοζόμενη αγροτική πολιτική.

Στη συνέχεια, εξετάζονται οι αναμενόμενες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη χρήση γης και την κτηνοτροφία του Ηνωμένου Βασιλείου. Τα σενάρια δείχνουν συνολική αύξηση των μόνιμων και των προσωρινών εύφορων λιβαδιών και μείωση των φτωχών για βοσκή εδαφών. Αυτό έχει επίδραση στα ζώα, που χρησιμοποιούν αυτούς τους τύπους των βοσκοτόπων, με τα γαλακτοκομικά προϊόντα να αυξάνονται και τον αριθμό των βοοειδών και των προβάτων να μειώνεται. Η καθαρή αύξηση της γης για ζώα υψηλής ποιότητας, γίνεται εις βάρος των εκτάσεων δημητριακών. Η μείωση αυτών των καλλιεργήσιμων εκτάσεων, επιδεινώνεται περαιτέρω από την αύξηση των μη αποδοτικών καλλιεργειών, οι οποίες θα γίνουν βιώσιμες σε ξηρότερο και θερμότερο κλίμα.

Η εικόνα 7 παρουσιάζει χάρτες πρόβλεψης των αλλαγών για επιλεγμένους τύπους χρήσης γης και ζώων, όπως δημητριακά, προσωρινά λιβάδια και γαλακτοκομικά βοοειδή.



Εικόνα 7: Αλλαγή στη χρήση γης (δημητριακά και προσωρινά λιβάδια) και στον αριθμό των ζώων (γαλακτοκομικά βοοειδή) σύμφωνα με το σενάριο χαμηλών εκπομπών UKCIP για το 2020, 2040, 2060. [ο αριθμός των εκταρίων και ο αριθμός των ζώων αναφέρεται σε αλλαγές εντός μιας μονάδας έκτασης τετραγώνου 4 km² (400 εκτάρια)]. (Bateman et al., 2014)

Οι καλλιέργειες των δημητριακών αναμένεται να μειωθούν σημαντικά στη Νότια και Ανατολική Αγγλία καθώς το θερμότερο κλίμα αυξάνει τις ευκαιρίες για νέες καλλιέργειες. Ωστόσο, αυτό αντισταθμίζεται κάπως από την αύξηση των δημητριακών στην ανατολική Σκωτία, επειδή οι ίδιες διεργασίες μειώνουν τα προβλήματα του κρύου και της υπερχειλίσης στην περιοχή (ο κορεσμός του εδάφους με νερό δημιουργεί αναερόβιες συνθήκες και οι ρίζες των φυτών δεν μπορούν να αναπνεύσουν επαρκώς), αυξάνοντας την έκταση που είναι κατάλληλη για αρόσιμες καλλιέργειες. Στη δεύτερη σειρά, έχουμε τις προβλέψεις για τα προσωρινά λιβάδια, όπου παρατηρούμε ένα έντονο χάσμα Ανατολής-Δύσης, με αυτόν τον τύπο χρήσης γης να αυξάνεται στη Δύση, κυρίως λόγω του θερμότερου κλίματος και να μειώνεται στην Ανατολή, λόγω προβλημάτων ξηρασίας. Τέλος, ο αριθμός των αγελάδων γαλακτοπαραγωγής, αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά, λόγω των αλλαγών στη χρήση γης αλλά και των ευνοϊκότερων κλιματολογικών συνθηκών.

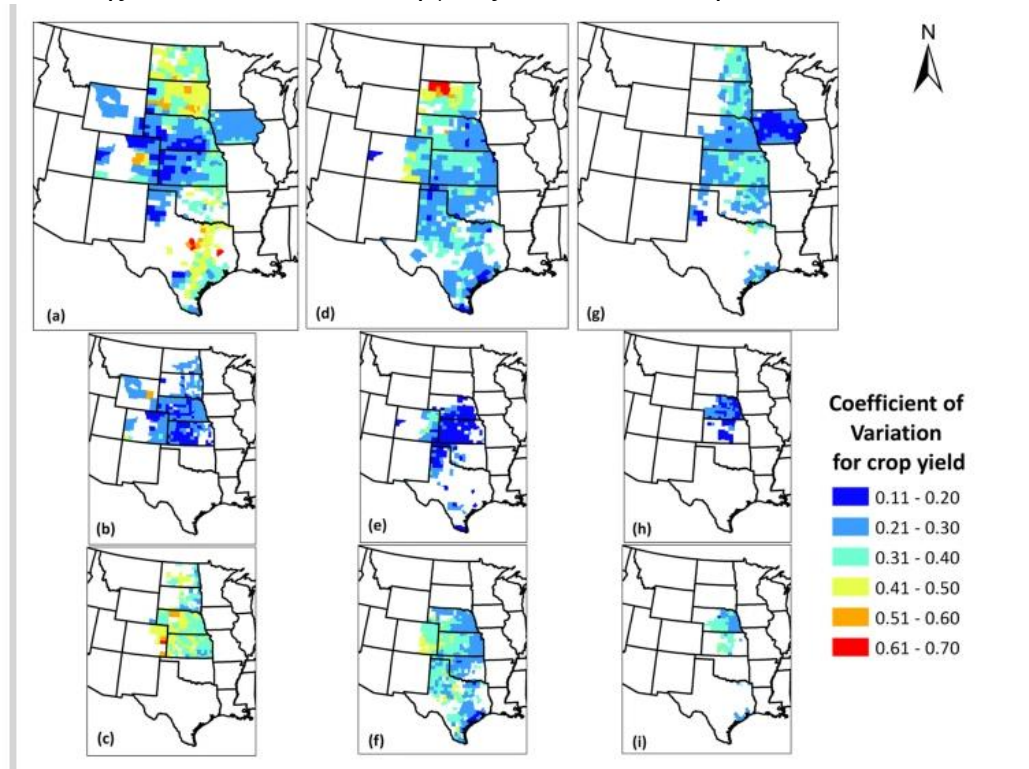
Από τις προβλέψεις αυτών των χρήσεων γης και του αριθμού των ζώων, μπορούμε να εκτιμήσουμε τον οικονομικό αντίκτυπο της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία του Ηνωμένου Βασιλείου. Στη Βόρεια Ιρλανδία, τη Σκωτία, την Ουαλία και τα υψίπεδα της Βόρειας Αγγλίας, η κλιματική αλλαγή αναμένεται να επηρεάσει θετικά τις περιοχές αυτές, οι οποίες χαρακτηρίζονται από σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες, που καθυστερούν την ανάπτυξη των φυτών και υψηλές βροχοπτώσεις, που τις κάνουν επιρρεπείς σε υπερχειλίση. Επομένως, οι αυξημένες θερμοκρασίες και οι μειωμένες βροχοπτώσεις, ως συνέπεια των κλιματικών μεταβολών, θα βελτιώσουν τα δύο αυτά προβλήματα. Αντιθέτως, η κλιματική αλλαγή θα επιδεινώσει τα προβλήματα ξηρασίας που αντιμετωπίζουν οι πεδινές περιοχές της νότιας και ανατολικής Αγγλίας. (Bateman et al., 2014)

3.5 ΗΠΑ

Ο καιρός και το κλίμα επηρεάζουν τα συστήματα γεωργικής παραγωγής και έχει αποδειχθεί ότι οι αλλαγές στις κλιματικές μεταβλητές είναι υπεύθυνες για την ουσιαστική επιρροή των καλλιεργειών, παρά τις εξελίξεις στην τεχνολογία. Τον περασμένο αιώνα σημειώθηκε αύξηση 0,74 ° C παγκοσμίως στις θερμοκρασίες του αέρα, λόγω της αύξησης των συγκεντρώσεων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου και η περίοδος 1983-2012 ήταν η θερμότερη περίοδος 30 ετών τα τελευταία 800 χρόνια για το Βόρειο Ημισφαίριο . Επίσης, υπάρχουν στοιχεία για αυξανόμενη βροχόπτωση, ειδικά στα μεσαία γεωγραφικά πλάτη του Βόρειου Ημισφαιρίου. Αυτές οι αλλαγές είχαν σημαντικές και χωρικά μεταβλητές επιπτώσεις στην παραγωγή των καλλιεργειών σε παγκόσμια κλίμακα, με αποτέλεσμα σημαντικές προκλήσεις όσον αφορά την κάλυψη της παραγωγής ζωοτροφών, ινών και τροφίμων του αυξανόμενου ανθρώπινου πληθυσμού. Αντιθέτως, υπάρχουν μελέτες που έχουν δείξει ότι οι αρνητικές τάσεις στις θερμοκρασίες του αέρα της καλλιεργητικής περιόδου από το 1982 έως το 1998, προκάλεσαν αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών αραβοσίτου και σόγιας, έως και 20%.

Η περιοχή των Μεγάλων Πεδιάδων των ΗΠΑ, που καλύπτει τεράστια γεωγραφική έκταση, περιλαμβάνει εννέα πολιτείες και συμβάλλει στην παραγωγή 46%, 89% και 36% του εθνικού αραβόσιτου, σόργου και σόγιας, παράγοντας και έναν σημαντικό αριθμό άλλων ποικιλιών καλλιέργειας. Επιπλέον, αυτή η περιοχή φιλοξενεί τον υδροφορέα Ogallala, ο οποίος είναι η κύρια πηγή άρδευσης σε συνδυασμό με τα επιφανειακά ύδατα και είναι ένας από τους μεγαλύτερους υπόγειους υδροφορείς στον κόσμο. Αυτό παρέχει μια μοναδική ευκαιρία να διερευνηθεί εάν οι κλιματικές επιπτώσεις στις αποδόσεις των καλλιεργειών είναι συνάρτηση της άρδευσης, κάτι που δεν έχει διευκρινιστεί επαρκώς. Λαμβάνοντας υπόψη τη συμβολή της άρδευσης στην εθνική παραγωγή τροφίμων και την κλιματική μεταβλητότητα στην οποία υπόκειται η περιοχή, υπάρχουν πολλά και δύσκολα ερωτήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν, για την ενίσχυση της επιστημονικής κατανόησης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στη γεωργική παραγωγή, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε βελτιώσεις των πρακτικών καλλιέργειας, ως απάντηση στις μεταβαλλόμενες κλιματολογικές συνθήκες.

Ένα επιστημονικό ερώτημα προς αντιμετώπιση, είναι η συνολική μεταβλητότητα των αποδόσεων των καλλιεργειών στην περιοχή (ομαδοποιημένες, αρδευόμενες και μη αρδευόμενες), κάθε χρόνο μεταξύ των κομητειών κατά τη διάρκεια των ετών 1968-2013, σε σχέση με την κλιματική αλλαγή. Για την αναπαράσταση αυτών των αλλαγών, χρησιμοποιείται ως μέτρο ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV), της μεταβολής των αποδόσεων των καλλιεργειών. Η εικόνα 8 παρουσιάζει τη διετή μεταβλητότητα των αποδόσεων των καλλιεργειών για τις κομητείες που μελετήθηκαν στην περιοχή, επικεντρώνοντας στις κομητείες όπου τουλάχιστον 50% (23 έτη) των δεδομένων απόδοσης καλλιέργειας ήταν διαθέσιμα.

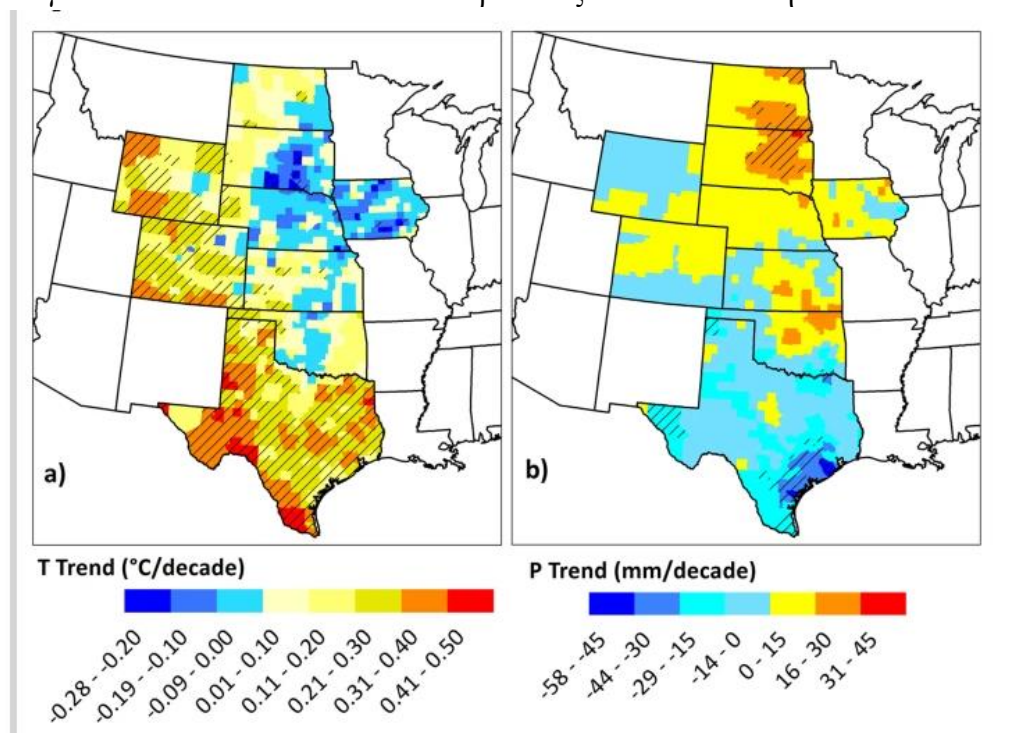


Εικόνα 8: Συντελεστής μεταβλητότητας(CV) για (a) Αραβόσιτο (b) Αρδευόμενο αραβόσιτο (c) Μη αρδευόμενο αραβόσιτο (d) Σόργο (e) Αρδευόμενο σόργο (f) Μη αρδευόμενο σόργο (g) Σόγια

(h) Αρδευόμενη σόγια (i) Μη αρδευόμενες αποδόσεις σόγιας στις κομητείες των Μεγάλων Πεδιάδων κατά την περίοδο 1968-2013. (Kukal & Irmak, 2018)

Για τον αραβόσιτο, υπήρχε σημαντική μεταβλητότητα σε όλες τις κομητείες. Στη Νεμπράσκα, το δυτικό Κάνσας, το Τέξας, το ανατολικό Κολοράντο και την Αϊόβα υπήρχε σχετικά χαμηλότερη μεταβλητότητα από τις κομητείες στη Βόρεια Ντακότα, τη Νότια Ντακότα, την Οκλαχόμα και το κεντρικό Τέξας. Για το σόργο, σχετικά υψηλότερη μεταβλητότητα εντοπίστηκε στις κομητείες της Βόρειας Ντακότα από την υπόλοιπη περιοχή. Ωστόσο, η μέση μεταβλητότητα της περιοχής ήταν συγκρίσιμη με εκείνη του αραβόσιτου. Η σόγια παρουσίασε τη χαμηλότερη μεταβλητότητα και στις τρεις καλλιέργειες, με την Αϊόβα να δείχνει τη μικρότερη μεταβλητότητα. Οι παραπάνω αναλύσεις αποκάλυψαν την κυριαρχία των κλιματολογικών παραγόντων στην εξήγηση της μεταβλητότητας στις αποδόσεις των αραβόσιτου, σόργου και σόγιας των Μεγάλων Πεδιάδων των ΗΠΑ.

Οι κλιματικές τάσεις που παρατηρήθηκαν στη μέση θερμοκρασία του αέρα και στη συνολική βροχόπτωση κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (1η Μαΐου-30 Σεπτεμβρίου) για την περίοδο 1968-2013 για κάθε κομητεία της περιοχής των Μεγάλων Πεδιάδων παρουσιάζονται στην εικόνα 9.



Εικόνα 9: Κλιματικές τάσεις στην καλλιεργητική περίοδο (1 Μαΐου έως 30 Σεπτεμβρίου) (α) Μέση θερμοκρασία αέρα (β) Σύνολο βροχοπτώσεων στις κομητείες των Μεγάλων Πεδιάδων κατά την περίοδο 1968-2013. Οι τάσεις θερμοκρασίας αντιπροσωπεύονται σε °C/δεκαετία και οι τάσεις νετού παρουσιάζονται σε mm/δεκαετία. (Kukal & Irmak, 2018)

Είναι προφανές ότι αυτές οι τάσεις, όπως οι τάσεις απόδοσης των καλλιεργειών, χαρακτηρίζονται από υψηλή γεωγραφική μεταβλητότητα. Οι τάσεις της μέσης θερμοκρασίας της καλλιεργητικής περιόδου, κυμαίνονταν από μείωση κατά 0,28 °C / δεκαετία στην κομητεία Audubon της Αϊόβα, έως αύξηση κατά 0,45 °C / δεκαετία στην κομητεία Midland του Τέξας. Τα νότια και δυτικά μέρη της περιοχής, που περιλάμβαναν κομητείες στο Τέξας, το Κολοράντο και το Γουαϊόμινγκ, τα δυτικά μέρη

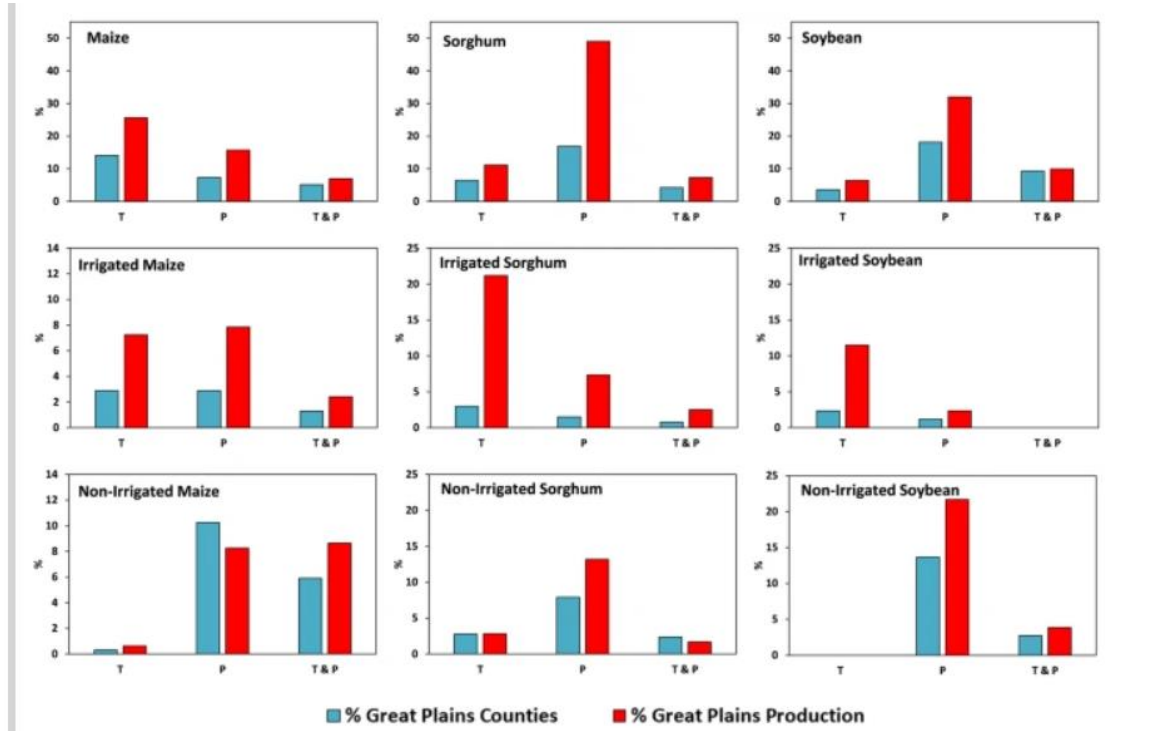
της Ντακότα, της Νεμπράσκα, του Κάνσας και της δυτικής και ανατολικής Οκλαχόμα παρουσίασαν γενικά αυξανόμενες τάσεις. Αντίθετα, τα βόρεια, κεντρικά και ανατολικά μέρη, που αποτελούνται από κομητείες στην ανατολική Ντακότα, Νεμπράσκα, Κάνσας, Κεντρική Οκλαχόμα και Αϊόβα παρουσίασαν αρνητικές τάσεις. Ο περιφερειακός μέσος όρος των αυξανόμενων τάσεων της θερμοκρασίας για 578 κομητείες, δείχνουν αύξηση κατά $0,18\text{ }^{\circ}\text{C}$ / δεκαετία, ενώ ο περιφερειακός μέσος όρος των αρνητικών τάσεων της θερμοκρασίας για 256 κομητείες ήταν $-0,08\text{ }^{\circ}\text{C}$ / δεκαετία.

Παρόμοια με τις τάσεις στη μέση θερμοκρασία, υψηλή χωρική μεταβλητότητα παρατηρήθηκε στις τάσεις υετού στις μεγάλες πεδιάδες. Η υψηλότερη θετική τάση (υγρασία) που παρατηρήθηκε ήταν 30 mm / δεκαετία στην κομητεία Marshall της νότιας Ντακότα, ενώ η υψηλότερη αρνητική τάση (ξηρότητα) ήταν -58 mm / δεκαετία στην κομητεία Brazoria του Τέξας. Για τις βροχοπτώσεις, 424 κομητείες παρουσίασαν αυξανόμενες τάσεις, ενώ 410 κομητείες παρουσίασαν φθίνουσες τάσεις, σε αντίθεση με τις τάσεις θερμοκρασίας, όπου οι περισσότερες τάσεις αυξάνονταν. Οι περιφερειακοί μέσοι όροι των αυξανόμενων και μειούμενων τάσεων ήταν 9 mm / δεκαετία και -12 mm / δεκαετία, αντίστοιχα.

Αυτές οι κλιματικές τάσεις, μπορούν να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην παραγωγή γεωργικών καλλιεργειών, επηρεάζοντας τις αποδόσεις, τη διαχείριση άρδευσης και τη ζήτηση νερού για τις καλλιέργειες, τον κίνδυνο ασθeneιών, παρασίτων, τη θερμοκρασία του εδάφους και τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, και γι' αυτό απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή, αφού διερευνούν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στις αποδόσεις των καλλιεργειών.

Κατόπιν, αναλύονται οι διακυμάνσεις στις αποδόσεις των καλλιεργειών, ανάλογα με τις μεταβολές κλιματικών παραγόντων, όπως η θερμοκρασία και η βροχόπτωση. Αυτές οι αναλύσεις ερμηνεύουν τις πιθανές επιπτώσεις των κλιματικών παραγόντων στην περιφερειακή επισιτιστική ασφάλεια και, τελικά, την εθνική επισιτιστική ασφάλεια των ΗΠΑ. Το ποσοστό των καλλιεργειών στις κομητείες και η διαμόρφωση της παραγωγής

των Μεγάλων Πεδιάδων για κάθε κλιματικό παράγοντα φαίνεται στο διάγραμμα 4.

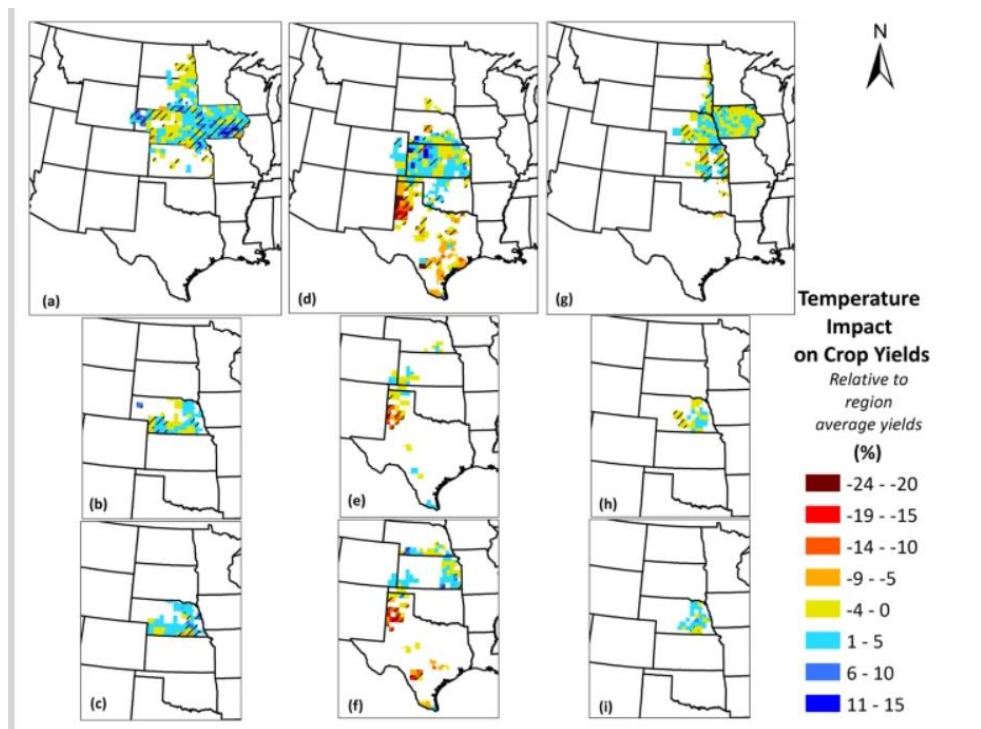


Διάγραμμα 4: Ποσοστό των κομητειών των Μεγάλων Πεδιάδων και η μεταβλητότητα των αποδόσεων αραβοσίτου, σόργου, σόγιας (αρδευόμενες και μη αρδευόμενες), όπου η θερμοκρασία και η βροχόπτωση ή και οι δύο, ήταν οι κυρίαρχοι κλιματικοί παράγοντες. Οι μπλε ράβδοι δείχνουν την αναλογία των κομητειών και οι κόκκινες ράβδοι υποδεικνύουν την αναλογία της παραγωγής για κάθε κλιματικό παράγοντα. (Kukal & Irmak, 2018)

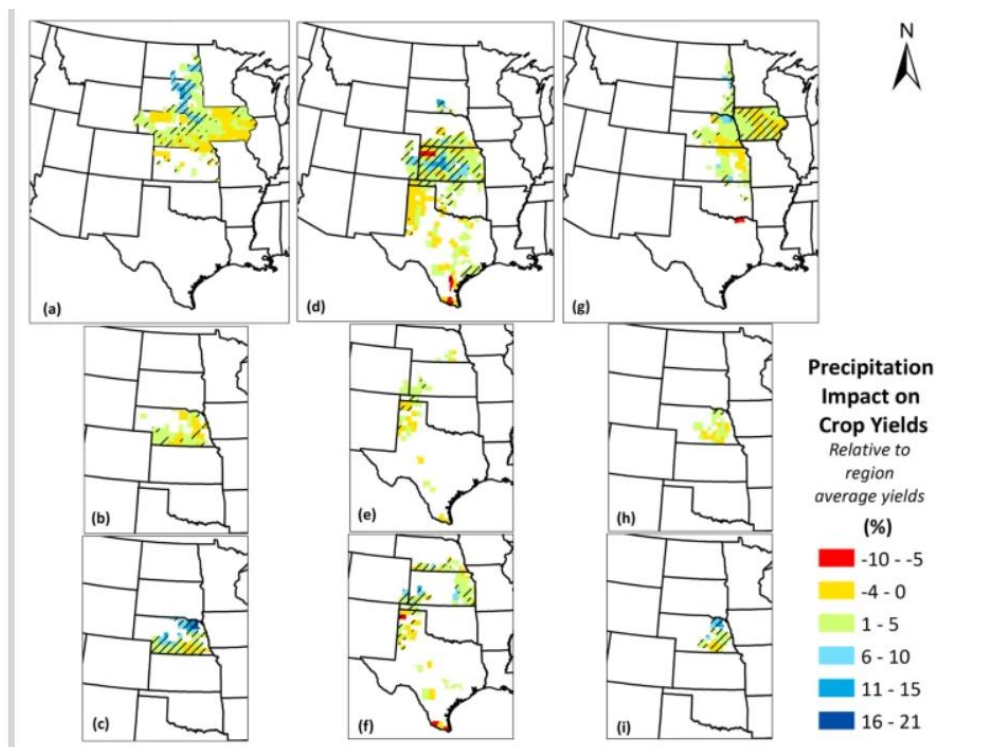
Η θερμοκρασία καθόρισε στη μεταβολή της απόδοσης κατά 14%, 6% και 4% των κομητειών αραβοσίτου, σόργου και σόγιας, αντίστοιχα, που συμβάλλουν στο 26%, 11% και 6% της συνολικής παραγωγής των Μεγάλων Πεδιάδων. Η βροχόπτωση, συνέβαλε στο 7%, το 17% 18% των κομητειών αραβοσίτου, σόργου και σόγιας και στο 16%, το 49% και το 32% της συνολικής παραγωγής των Μεγάλων Πεδιάδων, αντίστοιχα. Οι κομητείες όπου η βροχόπτωση επηρέασε το σόργο (κεντρικό και δυτικό Κάνσας) και τη σόγια (ανατολική Νεμπράσκα) αποδίδουν το μισό (σόργο) και το ένα τρίτο (σόγια) της παραγωγής των Μεγάλων Πεδιάδων, κάτι που είναι σημαντικό. Τέλος, η θερμοκρασία και η βροχόπτωση σε συνδυασμό, συνέβαλαν στη μεταβλητότητα της απόδοσης κατά 5%, 4% και 9% του αραβοσίτου, του σόργου και σόγιας, αντίστοιχα, και 7%, 7% και 10% στην συνολική παραγωγή των Μεγάλων Πεδιάδων.

Η μεταβλητότητα της αρδευόμενης καλλιέργειας επηρεάζεται κυρίως από τη θερμοκρασία μόνο για το σόργο και τη σόγια, αλλά συνδυαστικά από τη θερμοκρασία και τη βροχόπτωση για τον αραβόσιτο. Η μη αρδευόμενη μεταβλητότητα των καλλιεργειών, επηρεάζεται κυρίως από τη βροχόπτωση κατά 10%, 8% και 14% των κομητειών των Μεγάλων Πεδιάδων που καλλιεργούν αραβόσιτο, σόργο και σόγια, αντίστοιχα.

Οι επόμενες δύο εικόνες (10 και 11), παρουσιάζουν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στις αποδόσεις των καλλιεργειών που προκαλούνται από τη θερμοκρασία και τη βροχόπτωση, για όλες τις σχετικές κομητείες στην περιοχή, αντίστοιχα.



Εικόνα 10: Επιπτώσεις στην απόδοση των καλλιεργειών που προκαλούνται από τη θερμοκρασία για (a) αραβόσιτο, (b) αρδευόμενο αραβόσιτο, (c) Μη αρδευόμενο αραβόσιτο, (d) Σόργο, (e) αρδευόμενο σόργο, (f) Μη αρδευόμενο σόργο, (g) Σόγια, (h) αρδευόμενη σόγια, (i) Μη αρδευόμενη σόγια, στις κομητείες Great Plains κατά την περίοδο 1968-2013. Οι τιμές απεικονίζονται ως ποσοστό των μέσων αποδόσεων κάθε περιοχής. Οι παρατηρούμενες τάσεις στη θερμοκρασία, επηρεάζουν είτε θετικά είτε αρνητικά τις αποδόσεις των καλλιεργειών. (Kikal & Irmak, 2018)



Εικόνα 11: Επιπτώσεις στην απόδοση των καλλιεργειών που προκαλούνται από τη βροχόπτωση. (Kukul & Irmak, 2018)

Το ποσοστό των κομητειών που είχαν απώλειες που προκλήθηκαν από τη θερμοκρασία ήταν υψηλότερο από ό, τι των κομητειών που επηρεάστηκαν θετικά από τη θερμοκρασία για τη σόγια και το σόργο, ενώ το αντίθετο ισχύει για τον αραβόσιτο. Τα περιφερειακά κέρδη των αποδόσεων που οφείλονται στη θερμοκρασία ήταν 4,3%, 3,9% και 2,2%, ενώ οι απώλειες απόδοσης ήταν 1,9%, 9,8% και 2,6% για τον αραβόσιτο, σόργο και σόγια, αντίστοιχα. Κατά μέσο όρο, οι προκαλούμενες από τη θερμοκρασία καθαρές επιπτώσεις ήταν 1,6%, -2,2% και -0,5% για τον αραβόσιτο, το σόργο και τη σόγια, αντίστοιχα, κάτι που υποδηλώνει ότι οι αποδόσεις αραβοσίτου ωφελήθηκαν κατά μέσο όρο και οι αποδόσεις σόργου και σόγιας ζημιώθηκαν από τις αλλαγές θερμοκρασίας.

Για τον αραβόσιτο, οι κομητείες με αρνητικό αντίκτυπο ήταν η κεντρική Νεμπράσκα και η Βόρεια Ντακότα, ενώ οι υπόλοιπες περιοχές επηρεάστηκαν θετικά. Ο σόργος βρέθηκε να έχει αρνητικές επιπτώσεις στις κομητείες του Τέξας, και ειδικά στην κομητεία Carson του Texas, αντιμετώπισε σοβαρές απώλειες απόδοσης έως και 34% των μέσων αποδόσεων, κατά τη διάρκεια της περιόδου 46 ετών. Οι αρνητικές επιπτώσεις στις αποδόσεις σόγιας εντοπίστηκαν στις κομητείες στο κεντρικό και ανατολικό Κάνσας, στη κεντρική Νεμπράσκα, στη νοτιοανατολική Ντακότα και στη βόρεια Αϊόβα.

Οι επιπτώσεις που προκαλούνται από τη βροχόπτωση ήταν λιγότερες για τον αραβόσιτο και πιο συχνές για το σόργο και τη σόγια. Επιπλέον, σε αντίθεση με τις επιπτώσεις της θερμοκρασίας, το ποσοστό των κομητειών με θετικό αντίκτυπο ήταν μεγαλύτερο από αυτό που είχαν αρνητικές επιπτώσεις σε όλες τις καλλιέργειες. Στην πραγματικότητα, η πλειοψηφία των επιπτώσεων ήταν θετική με μόνο το 12%, το 30% και το 19% των κομητειών που πλήττονται να έχουν απώλειες απόδοσης για

αραβόσιτο, σόργο και σόγια, αντίστοιχα. Τα περιφερειακά μέσα κέρδη απόδοσης που προκαλούνται από τη βροχόπτωση ήταν 5,2%, 3,4% και 2,8%, ενώ οι απώλειες απόδοσης ήταν 1,4%, 3,5% και 1,7% για τον αραβόσιτο, το σόργο και τη σόγια, αντίστοιχα. Συνολικά, οι καθαρές επιπτώσεις ήταν θετικές, με κέρδη απόδοσης 2,0%, 1,6% και 1,4% για τον αραβόσιτο, το σόργο και τη σόγια, αντίστοιχα.

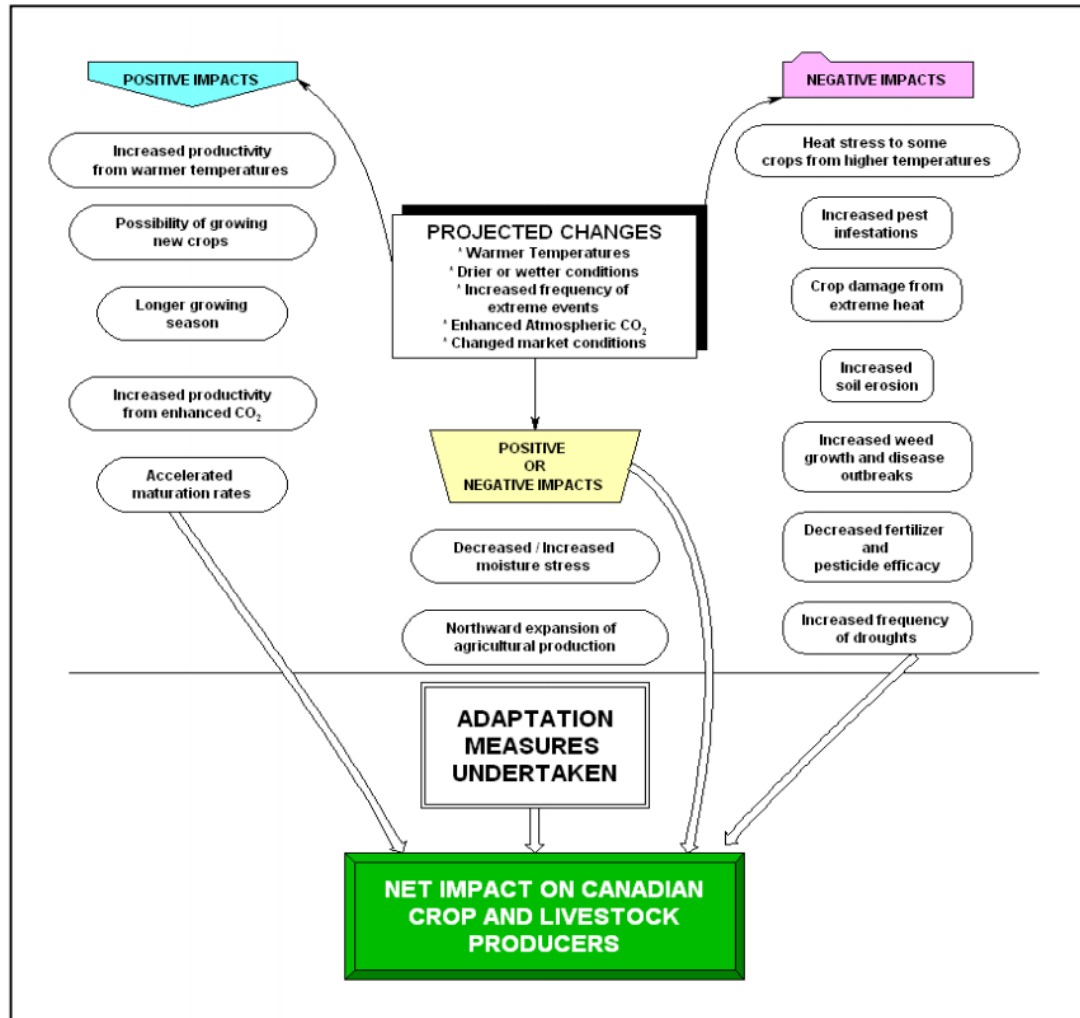
Η απόδοση του αραβοσίτου επωφελήθηκε από τις αλλαγές της βροχόπτωσης σχεδόν σε ολόκληρη την περιοχή των Μεγάλων Πεδιάδων, αλλά τα υψηλότερα κέρδη απόδοσης βρέθηκαν στη Νότια και τη Βόρεια Ντακότα (έως και 20%). Οι επιπτώσεις στην απόδοση σόργου ήταν θετικές κυρίως στο Κάνσας, τη Νεμπράσκα και το Κολοράντο με αρνητικές επιπτώσεις μόνο στο βορειοδυτικό Κάνσας. Τέλος, οι θετικές όσο και αρνητικές επιπτώσεις στην απόδοση σόγιας εντοπίστηκαν κυρίως στην κεντρική Αϊόβα. Συμπερασματικά, εξετάζοντας τις κομητείες όπου τόσο η θερμοκρασία όσο και η βροχόπτωση είχαν σημαντικές επιπτώσεις, παρατηρούμε ότι η κλιματική αλλαγή είχε θετική επίδραση στις αποδόσεις κατά 5,4%, 1,5% και 0,4% για τον αραβόσιτο, το σόργο και τη σόγια αντίστοιχα.

Οι επιπτώσεις που προκαλούνται στις αποδόσεις από τη θερμοκρασία και τη βροχόπτωση, είναι διαφορετικές σε συνθήκες άρδευσης και μη άρδευσης. Οι μη αρδευόμενες καλλιέργειες εμφάνισαν συνολικά μεγαλύτερες επιπτώσεις. Κατά μέσο όρο, στις ίδιες κομητείες, τα κέρδη απόδοσης του μη αρδευόμενου αραβοσίτου που προκαλούνται από τη θερμοκρασία ήταν 52% μεγαλύτερα από τα κέρδη του αρδευόμενου αραβοσίτου, ενώ οι απώλειες απόδοσης του μη αρδευόμενου σόργου που προκαλούνται από τη θερμοκρασία ήταν 98% μεγαλύτερες από τον αρδευόμενο σόργο (δεν βρέθηκαν κοινές κομητείες που επηρεάστηκαν τόσο για την αρδευόμενη όσο και την μη αρδευόμενη σόγια). Τα κέρδη απόδοσης που προκαλούνται από τη βροχόπτωση ήταν μεγαλύτερα για τον μη αρδευόμενο αραβόσιτο σε σχέση με τον αρδευόμενο αραβόσιτο κατά 228% και οι απώλειες απόδοσης ήταν χαμηλότερες για τον μη αρδευόμενο αραβόσιτο κατά 57%. Ομοίως, τα κέρδη απόδοσης που προκαλούνται από βροχόπτωση για τον μη αρδευόμενο σόργο ήταν μεγαλύτερα από τον αρδευόμενο σόργο κατά 287%. Ωστόσο, οι απώλειες απόδοσης ήταν υψηλότερες για τον μη αρδευόμενο σόργο κατά 153%. Τέλος, τα κέρδη απόδοσης που προκαλούνται από τη βροχόπτωση ήταν υψηλότερα για την μη αρδευόμενη σόγια από ό, τι την αρδευόμενη κατά 372%.

Καταλήγοντας, μπορούμε να επισημάνουμε ότι η σταθερότητα στις αποδόσεις των καλλιεργειών είναι σημαντική, ειδικά τώρα που οι απαιτήσεις για τρόφιμα, ζωοτροφές και φυτικές ίνες αυξάνονται, λόγω του ταχέως αυξανόμενου παγκόσμιου πληθυσμού, ενώ τα ποσοστά παραγωγικότητας υστερούν. Η μεταβλητότητα της απόδοσης των καλλιεργειών και, ως εκ τούτου, η μεταβλητότητα στην παραγωγή, μπορεί να επηρεάσει τα εθνικά αποθέματα τροφίμων, τις αυξήσεις στις τιμές των τροφίμων και την επισιτιστική ασφάλεια των πολιτών. Συνεπώς, είναι επιτακτική ανάγκη να αναπτυχθούν ισχυρές, ουσιαστικές και ρεαλιστικές στρατηγικές για τον περιορισμό των αρνητικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στις καλλιέργειες. (Kukal & Irmak, 2018)

3.6 Καναδάς

Η κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει τη γεωργία του Καναδά με αυξημένες θερμοκρασίες ιδιαίτερα στα υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη, με ελαφρώς υψηλότερη και πιο μεταβλητή βροχόπτωση, και με υψηλότερη συχνότητα ακραίων γεγονότων (π.χ. ξηρασίες και πλημμύρες). Όλα αυτά θα επιφέρουν θετικές και αρνητικές επιπτώσεις στην καναδική γεωργία, όπως φαίνεται στην εικόνα 12.



Εικόνα 12: Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην καναδική γεωργία. [Οι επιταχυνόμενοι ρυθμοί ωρίμανσης (*Accelerated maturation rates*), μπορούν επίσης να οδηγήσουν σε χαμηλότερες αποδόσεις. Θα ήταν μόνο θετικό εάν ενεργούσε για την αποφυγή της καλοκαιρινής ξηρασίας και της θερμότητας]. (Kulshreshtha & Wheaton, 2013)

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία του Καναδά, θα επηρεάσουν και τον υπόλοιπο κόσμο, δεδομένου ότι μεγάλο μέρος της Καναδικής γεωργικής παραγωγής για τους μεγάλους και τους ελαιούχους σπόρους προορίζεται για εξαγωγές.

Προγενέστερες μελέτες για την κλιματική αλλαγή δείχνουν ότι ολόκληρος ο Καναδάς, εξαιρουμένης πιθανώς της υπεράκτιας περιοχής του Ατλαντικού, αναμένεται να θερμανθεί τις επόμενες δεκαετίες. Όμως, οι ποσότητες θέρμανσης δεν θα είναι ομοιόμορφες σε ολόκληρη τη χώρα. Ορισμένες περιοχές, όπως οι επαρχίες Prairie, αναμένεται να θερμανθούν περισσότερο από την υπόλοιπη χώρα με την αύξηση της

θερμοκρασίας να είναι εντονότερη κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου και του χειμώνα, ιδιαίτερα στα βόρεια γεωγραφικά πλάτη.

Η πρόβλεψη της μελλοντικής βροχόπτωσης είναι δυσκολότερη απ' ό,τι της θερμοκρασίας, λόγω της μεγαλύτερης μεταβλητότητάς της. Ωστόσο, η ετήσια συνολική βροχόπτωση αναμένεται να αυξηθεί σε ολόκληρη τη χώρα κατά τη διάρκεια του τρέχοντος αιώνα. Μέχρι τη δεκαετία του 2080, οι προβλεπόμενες αυξήσεις νετού κυμαίνονται από 0 έως 10% στο νότιο άκρο και από 40 έως 50% βόρεια στην Αρκτική. Υπάρχουν επίσης ορισμένες ενδείξεις για έντονες βροχοπτώσεις, συγκεντρωμένες σε διάρκεια λιγότερων ημερών ετησίως, αυξάνοντας έτσι τον κίνδυνο πλημμυρών και ζημιών στις καλλιέργειες και στις υποδομές.

Τα γεγονότα της βροχόπτωσης το 2010 στα καναδικά λιβάδια μαρτυρούν αυτή την επίδραση, όπου αρκετές χιλιάδες στρέμματα γης δεν μπόρεσαν να καλλιεργηθούν λόγω της υψηλής υγρασίας. Λόγω της αυξημένης εξάτμισης όμως, που προκαλείται από τις υψηλότερες θερμοκρασίες, πολλές περιφέρειες θα παρουσιάσουν έλλειμμα υγρασίας παρά τις υψηλότερες ποσότητες βροχόπτωσης. Η πίεση του νερού κατά τη διάρκεια κρίσιμων περιόδων για τα φυτά (π.χ. βλάστηση και άνθηση) είναι ιδιαίτερα επιβλαβής. Η κλιματική αλλαγή όμως μπορεί να φέρει και ευκαιρίες, όπως μακρύτερες και θερμότερες καλλιεργητικές περιόδους, οι οποίες θα μπορούσαν να αυξήσουν την παραγωγικότητα και να επιτρέψουν την καλλιέργεια νέων και δυνητικά πιο κερδοφόρων καλλιεργειών και ειδών δέντρων.

Αναμενόμενες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής

Γεωργική παραγωγή

Τα διαθέσιμα στοιχεία σχετικά με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στις αποδόσεις των καλλιεργειών το 2003 σε διάφορες περιοχές του Καναδά, συνέτειναν σε υψηλό βαθμό αβεβαιότητας. Τα αποτελέσματα δείχνουν αύξηση αλλά και μείωση των αποδόσεων καλλιέργειας για διάφορους τύπους καλλιεργειών σε διαφορετικές περιοχές (Πίνακας 3).

Crop	BC/Lower mainland	Peace River	Prairies	Ontario	Quebec	Atlantic Canada
Small Grains	0 to -45%	-46 to +18%	-48 to +18%	-28 to +11%	-15 to +40%	-17%
Coarse Grains	-73 to +10%			-31 to +4%	-7 to +45%	
Oilseeds	-58 to 0%	-39 to +13%	-50 to +25%	-31 to +11%	-21 to +49%	-24 to 0%
Forages	-43 to +3%	-39 to +2%	-43 to +19%	-13 to +3%		-8 to -4%
Potato	-50 to 0%	-25 to +23%	-45 to +24%	-29 to +25%		-15 to -5%

Πίνακας 3: Αλλαγή στην απόδοση επιλεγμένων καλλιεργειών (% της τρέχουσας), εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής. (Kulshreshtha & Wheaton, 2013)

Σε γενικές γραμμές, τα στοιχεία δείχνουν μια μέτρια αύξηση των αποδόσεων των καλλιεργειών βραχυπρόθεσμα. Ωστόσο, η θερμική πίεση στις καλλιέργειες, μπορεί να οδηγήσει σε απώλειες απόδοσης. Τα ακραία γεγονότα εξάλλου, μπορεί να έχουν καταστροφικές επιπτώσεις στις αποδόσεις των καλλιεργειών. Τον τελευταίο αιώνα έχουν παρατηρηθεί αρκετά σοβαρές ξηρασίες σε διάφορα μέρη του Καναδά, με σοβαρές επιπτώσεις στην καναδική οικονομία. Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια της ξηρασίας 2001–2002, οι αποδόσεις διάφορων καλλιεργειών είχαν πέσει στο μισό των μέσων αποδόσεων. Εάν αυξηθεί η συχνότητα της ξηρασίας, όπως προβλέπεται, από

την κλιματική αλλαγή, οι αποδόσεις διαφόρων καλλιεργειών θα μειωθούν, αυξάνοντας έτσι την ευπάθεια των παραγωγών. Η αύξηση της λειψυδρίας είναι επίσης ένας από τους σοβαρότερους κινδύνους για τη γεωργία.

Ενδεχομένως να υπάρξουν και κάποιες ευεργετικές αλλαγές, όπως αύξηση της καλλιεργούμενης έκτασης και παραγωγικότητας. Όμως, οι παραγωγοί θα αντιμετωπίσουν δυσκολίες προσαρμογής, εάν οι ρυθμοί αυτών των αλλαγών είναι ταχύτεροι από ό, τι έχουν συνηθίσει, και θα πρέπει να υιοθετήσουν την παραγωγή νέων καλλιεργειών, για να προσαρμοστούν επαρκώς στη νέα πραγματικότητα. Δεδομένου ότι οι περισσότερες καλλιέργειες του Καναδά, ιδίως σπόροι και ελαιούχοι σπόροι, διατίθενται στις διεθνείς αγορές, οι τιμές τους θα επηρεάζονται σημαντικά από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής όχι μόνο στον Καναδά αλλά και στον υπόλοιπο κόσμο, καθορίζοντας τις οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον καναδικό γεωργικό τομέα.

Ζωική παραγωγή

Ο αντίκτυπος της κλιματικής αλλαγής στην κτηνοτροφία είναι ένα θέμα που δεν έχει μελετηθεί επαρκώς στον Καναδά, καθώς και σε πολλές άλλες χώρες στον κόσμο. Η αύξηση της θερμοκρασίας κατά τη χειμερινή περίοδο, θα μπορούσε να επιφέρει σημαντικά οφέλη, όπως μείωση των απαιτήσεων τροφής, αυξημένη επιβίωση των νέων ζώων, και μείωση του ενεργειακού κόστους. Ωστόσο, η θερμική πίεση από την κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει άμεσα και έμμεσα την καλή διαβίωση, ευημερία και παραγωγικότητα των ζώων. Επιπλέον, το μεταβαλλόμενο κλίμα επιδρά στους βοσκοτόπους. Η παραγωγή και η ανάγκη βόσκησης των βοοειδών, θα επηρεαστεί από την πιθανή μείωση της έκτασης των βοσκοτόπων και της οργανικής ύλης του εδάφους σε ψυχρότερες περιοχές λόγω αυξημένης αποσύνθεσης. (Kulshreshtha & Wheaton, 2013)

3.7 Βραζιλία

Η γεωργική παραγωγή της Βραζιλίας συμβάλλει σημαντικά στην παγκόσμια κατανάλωση τροφίμων, καθώς είναι η χώρα με τις κορυφαίες εξαγωγές σόγιας, ζάχαρης και βοείου κρέατος. Στη Βραζιλία, οι προβλέψεις για την κλιματική αλλαγή για τον 21ο αιώνα δείχνουν αύξηση της μέσης θερμοκρασίας, πιο έντονη στο κεντρικό τμήμα της χώρας, όπως επίσης και αύξηση του αριθμού των ημερών με θερμοκρασία πάνω από 34°C. Εκτός από τις θερμότερες ημέρες, ο αριθμός των διαδοχικών ξηρών ημερών θα αυξηθεί επίσης, καθώς και η ένταση και η συχνότητα της ξηρασίας. Η συνολική ετήσια βροχόπτωση θα αυξηθεί πάνω από το δυτικό Αμαζόνιο και τη Νότια Βραζιλία, ενώ θα μειωθεί πάνω από τον ανατολικό Αμαζόνιο και την κεντρική, δυτική και ανατολική Βραζιλία.

Στο πλαίσιο αυτό, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη βραζιλιάνικη γεωργία, επειδή ο γεωργικός τομέας συνέβαλε άμεσα στο 23,5% του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος (ΑΕΠ) το 2017. Ο τομέας αντιπροσωπεύει επίσης το 38,5% των συνολικών εξαγωγών της χώρας, που είναι η τρίτη μεγαλύτερη στις εξαγωγές γεωργικών προϊόντων στον κόσμο. Τα βασικά γεωργικά προϊόντα της Βραζιλίας είναι η σόγια, το καλαμπόκι και το ζαχαροκάλαμο, τα οποία, μαζί, αντιπροσώπευαν το 84,4% των συνολικών καλλιεργήσιμων εκτάσεων

της Βραζιλίας, το 2017. Αυτές είναι επίσης οι κύριες εξαγωγές της Βραζιλίας, με τη σόγια να αποτελεί πάνω από το 50% των συνολικών γεωργικών εξαγωγών το 2018, ακολουθούμενη από τη ζάχαρη και την αιθανόλη που παράγεται από το ζαχαροκάλαμο (8,7%).

Επιπλέον, η Βραζιλία έχει το δεύτερο μεγαλύτερο κοπάδι βοοειδών στον κόσμο, με 215 εκατομμύρια ζώα το 2017, αποτελώντας ηγετικό παραγωγό και εξαγωγέα βοείου κρέατος, το οποίο αντιπροσώπευε το 17,3% των γεωργικών εξαγωγών της χώρας το 2018. Περισσότερο από το ένα τρίτο αυτού του κοπαδιού συγκεντρώνεται στην κεντροδυτική περιοχή της Βραζιλίας, με 29,7 εκατομμύρια κεφάλια στο Mato Grosso και 21,5 εκατομμύρια κεφάλια στο Mato Grosso do Sul. Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην απόδοση των λιβαδιών, επηρεάζουν τον τομέα της κτηνοτροφίας μέσω απώλειας παραγωγικότητας και, σε μικρότερο βαθμό, μέσω απώλειας σόγιας και καλαμποκιού που χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφή.

Αρκετές μελέτες ανέλυσαν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην παραγωγικότητα της βραζιλιάνικης γεωργίας και τα κύρια προϊόντα της, όπως η σόγια, το καλαμπόκι και το ζαχαροκάλαμο. Οι μελέτες επικεντρώθηκαν σε συγκεκριμένες περιοχές και εξέτασαν τις αυξομειώσεις στις ατμοσφαιρικές μεταβλητές της θερμοκρασίας, της βροχόπτωσης και της συγκέντρωσης του CO₂. Το 2011 πραγματοποιήθηκε μία από τις πρώτες χωρικές αξιολογήσεις των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στη χρήση γης στο τροπικό δάσος του Αμαζονίου και τις άλλες οικολογικές περιοχές που καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης του Αμαζονίου και ορισμένες παρακείμενες περιοχές στα βόρεια και ανατολικά της χώρας. Η έρευνα έδειξε μείωση της απόδοσης σόγιας, καλαμποκιού και ρυζιού, επιπρόσθετα με μείωση κατά 10% της παραγωγικότητας βοσκοτόπων στην περιοχή έως το 2050. Υπολογίστηκε μείωση κατά 65,7% στην περιοχή που είναι κατάλληλη για παραγωγή σόγιας, κυρίως στη νότια Βραζιλία, μετατοπίζοντας τις κύριες περιοχές παραγωγής στο νοτιοανατολικό τμήμα του Αμαζονίου.

Οι επιπτώσεις στα εδάφη που είναι κατάλληλα για παραγωγή καλαμποκιού θα ήταν ακόμη πιο έντονες, με αποτέλεσμα μείωση 84,9% έως το 2050, επηρεάζοντας κυρίως το καλαμπόκι, που είναι η δεύτερη πιο σημαντική καλλιέργεια στη Βραζιλία, η οποία παράγει σήμερα 89,2 εκατομμύρια τόνους, εκ των οποίων το 74,6% στις πολιτείες Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais και Paraná. Σε αντίθεση με τη σόγια, η παραγωγή καλαμποκιού καταναλώνεται κυρίως στη χώρα.

Από την άλλη, τα αποτελέσματα της αύξησης της θερμοκρασίας, που προβλέπεται να μειώσουν τη συχνότητα του παγετού, θα μπορούσαν να ωφελήσουν την απόδοση του ζαχαροκάλαμου, κυρίως στη νότια Βραζιλία. Η Βραζιλία είναι ο κύριος παραγωγός ζαχαροκάλαμου στον κόσμο. Στη σεζόν 2018/19, η Βραζιλία συνέλεξε 8,6 εκατομμύρια εκτάρια και παρήγαγε 620,4 εκατομμύρια τόνους ζαχαροκάλαμου. Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της παραγωγής βρίσκεται στις πολιτείες του Σάο Πάολο, του Goiás και του Minas Gerais. Περίπου τα δύο τρίτα της παραγωγής ζαχαροκάλαμου της Βραζιλίας μετατρέπονται σε αιθανόλη και το υπόλοιπο μετατρέπεται σε ζάχαρη. (Zilli et al., 2020)

Οι παραπάνω προβλέψεις για μειώσεις των αποδόσεων των καλλιεργειών, κυρίως της σόγιας, έχει οδηγήσει, τα τελευταία χρόνια, σε καταστροφική αποψίλωση των

τροπικών δασών του Αμαζονίου, ώστε να ανοίξουν οι δρόμοι για βοσκότοπους και φυτείες σόγιας, επιδεινώνοντας το φαινόμενο του θερμοκηπίου και γενικότερα της κλιματικής αλλαγής. Είναι γνωστό ότι τα τροπικά δάση είναι οι απόλυτοι ρυθμιστές του παγκόσμιου κλίματος. Έρευνες όμως δείχνουν ότι το τροπικό δάσος του Αμαζονίου κινδυνεύει να μετατραπεί σε σαβάνα, αφού ένα μεγάλο μέρος του έχει ήδη αποψιλωθεί. (Staal et al., 2020)

Η μείωση της παραγωγής στην κεντρική Βραζιλία, οφείλεται κυρίως στην αύξηση της θερμοκρασίας και στη μείωση της διαθεσιμότητας νερού. Οι παραγωγοί αναγκάζονται να προσαρμοστούν στις αλλαγές, με την υιοθέτηση περιβαλλοντικά βιώσιμων πρακτικών, καλλιεργώντας σε νέες περιοχές, μετατοπίζοντας την παραγωγή από τα τροπικά σε υποτροπικά εδάφη. Αναπτύσσουν επίσης πιο επικερδείς και ανθεκτικές καλλιέργειες, χρησιμοποιώντας νέες τεχνολογίες προσαρμοσμένες στην τροπική γεωργία, και σύγχρονες μεθόδους διαχείρισης, όπως αύξηση της λίπανσης CO₂ και εφαρμογή άρδευσης. (Zilli et al., 2020)

3.8 Ασία

Πολλά μοντέλα προβλέψεων δείχνουν ότι πολλές περιοχές της Ασίας θα βιώσουν μείωση της παραγωγικότητας εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής και κυρίως πτώση των αποδόσεων ρυζιού λόγω της ελάττωσης των περιόδων καλλιέργειας. Η διαδικασία ανάπτυξης του ρυζιού επιταχύνεται με αυξημένο θερμικό στρες, το οποίο μειώνει τη διάρκεια της καλλιέργειας. Μελέτες δείχνουν ότι ορισμένες περιοχές της Ινδίας, όπως η νότια Ινδία και η ανατολική Ινδία βρίσκονται ήδη κοντά στα όρια θερμικής πίεσης για την καλλιέργεια ρυζιού. Η παραγωγή ρυζιού αναμένεται να επηρεαστεί επίσης από τον κατακλυσμό των χαμηλών περιοχών λόγω της αύξησης της στάθμης της θάλασσας. Για την Ινδία, ωστόσο, δεν υπήρξε καμία αλλαγή στις μέσες προβλέψεις απόδοσης ρυζιού. Στις πεδιάδες του Γάγγη και του Ινδικού ποταμού όμως, η θερμική πίεση προβλέπεται να μειώσει τις αποδόσεις σίτου κατά σχεδόν 50%. Οι αποδόσεις του σόργου των μουσώνων θα μειωθούν κατά 2-14% στα τρέχοντα έτη, με εκτίμηση περαιτέρω επιδείνωσης το 2050 και το 2080. Οι μελέτες που αναφέρονται στην Ινδία είναι λίγες, ενώ για άλλες αναπτυσσόμενες χώρες, ιδίως την Κίνα, έχουν διεξαχθεί περισσότερες μελέτες σχετικά με τον αντίκτυπο της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία. (Kanitkar, 2014)

Κίνα

Οι εξελίξεις στην τεχνολογία και οι μεταβαλλόμενες αγρονομικές πρακτικές στην Κίνα, είχαν σαν αποτέλεσμα σημαντικές αυξήσεις στην παραγωγή τροφίμων τις τελευταίες δεκαετίες, με συνέπεια, να διατηρεί την αυτονομία της στην προμήθεια τροφίμων. Ωστόσο, από τη δεκαετία του 1980, η τεράστια ανάπτυξη τόσο της οικονομίας όσο και του πληθυσμού, οδήγησε σε μείωση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων. Ο αυξανόμενος ανταγωνισμός για τη γη, το νερό και την ενέργεια, όπως και η υπερεκμετάλλευση της αλιείας, βλάπτει σοβαρά την παραγωγή τροφίμων. Η παγκόσμια περιβαλλοντική αλλαγή, ιδίως η κλιματική αλλαγή, έχουν επιπτώσεις σε ευαίσθητα στο κλίμα συστήματα όπως η γεωργία, η δασοκομία και άλλοι φυσικοί πόροι.

Τις τελευταίες πέντε δεκαετίες υπάρχει υπερθέρμανση της Κίνας, με την θερμοκρασία να έχει αυξηθεί κατά 1,2 °C από το 1960, που είναι πολύ υψηλότερο από το μέσο όρο της παγκόσμιας αύξησης. Επιπλέον, οι ξηρότερες περιοχές της βορειοανατολικής Κίνας, δέχονται όλο και λιγότερες βροχοπτώσεις το καλοκαίρι και το φθινόπωρο (μείωση 12% από το 1960). Αντίθετα, η υγρότερη περιοχή της νότιας Κίνας αντιμετωπίζει περισσότερες βροχοπτώσεις τόσο το καλοκαίρι όσο και το χειμώνα.

Όσον αφορά τις μελλοντικές προβλέψεις, τα κλιματικά μοντέλα λένε ότι η τάση της υπερθέρμανσης θα συνεχιστεί και η μέση θερμοκρασία της Κίνας εκτιμάται ότι θα αυξηθεί περαιτέρω κατά 1-5 °C έως το 2100. Αυτή η αύξηση της θερμοκρασίας και οι σχετικές αλλαγές στις βροχοπτώσεις έχουν επηρεάσει τη γεωργία και τα τρόφιμα που παράγονται στην Κίνα. Ειδικότερα, το βόρειο τμήμα της Κίνας, θεωρείται ότι είναι το πιο ευαίσθητο στην κλιματική αλλαγή. Μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις για την Κίνα τον 21ο αιώνα θα είναι η διασφάλιση ότι ο εφοδιασμός τροφίμων θα καλύπτει με βιώσιμο τρόπο τις ανάγκες του πληθυσμού, με τις απαραίτητες τεχνικές και θεσμικές καινοτομίες που αυξάνουν την παραγωγή τροφίμων και την προσαρμογή στις μεταβαλλόμενες κλιματολογικές συνθήκες.

Μια μελέτη σε εθνικό επίπεδο ανέλυσε δεδομένα από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, από το 1980, στις αποδόσεις των καλλιεργειών για τις τέσσερις βασικές καλλιέργειες (ρύζι, σιτάρι, αραβόσιτος και σόγια), στην Κίνα, και προσδιόρισε τις περιοχές όπου η παραγωγή τροφίμων είναι ευαίσθητη σε αυξημένη θερμοκρασία. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχουν σαφείς αρνητικές αποκρίσεις στις αποδόσεις καλαμποκιού, σίτου και σόγιας από την αυξημένη θερμοκρασία σε εθνική κλίμακα. Ο αραβόσιτος δείχνει την υψηλότερη ευπάθεια, ενώ το ρύζι τη χαμηλότερη. Συνολικά το 52,6% της αρόσιμης γης στην Κίνα παρουσίασε μείωση της απόδοσης για τουλάχιστον μία καλλιέργεια. Το οροπέδιο Loess χαρακτηρίζεται ως η πιο ευάλωτη περιοχή φύτευσης για την παραγωγή τροφίμων. Η απόδοση της καλλιέργειας ρυζιού στη βορειοανατολική Κίνα προβλέπεται ότι κατά τα έτη 2020-2040 θα αυξηθεί κατά περίπου 1,7%, από τη μελλοντική αύξηση της θερμοκρασίας.

Άλλη μελέτη χρησιμοποίησε δεδομένα σχετικά με την καθημερινή θερμοκρασία, την αύξηση του CO₂, τις βροχοπτώσεις και τις ώρες ηλιοφάνειας για 50 χρόνια (1956-2006), και μελέτησε τις επιπτώσεις του μεταβαλλόμενου κλίματος στις αποδόσεις του χειμερινού σίτου και του καλοκαιρινού αραβοσίτου στην Πεδιάδα της Βόρειας Κίνας. Οι αποδόσεις των αρδευόμενων καλλιεργειών δεν επηρεάζονται σημαντικά. Στα χρόνια με χαμηλότερες βροχοπτώσεις, οι αποδόσεις μειώνονται, ενώ σε εκείνα με μεγαλύτερη ηλιοφάνεια και επιπλέον άρδευση, αυξάνονται. Μια αύξηση της συγκέντρωσης CO₂ έως 680 ppm, θα αύξανε την απόδοση του χειμερινού σίτου στην πεδιάδα της Βόρειας Κίνας, κατά 24,8% και 43,1% σε αρδευόμενα και βροχερά πεδία, αντίστοιχα.

Οι αυξήσεις στη μέση μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία θα αυξήσουν την απόδοση της σοδειάς κατά 5,2% σε αρδευόμενες εκτάσεις, αλλά θα τη μειώσουν κατά 7,2% σε βροχερές καλλιέργειες. Ωστόσο, η απόδοση των αρδευόμενων χωραφιών μειώθηκε κατά 5,5% όταν η ετήσια βροχόπτωση αυξήθηκε κατά 317 mm, ενώ η απόδοση των βροχερών αγρών αυξήθηκε κατά 30,1%. Με ένα σταθερό επίπεδο CO₂, η θερμοκρασία

και η βροχόπτωση μειώνουν την απόδοση κατά -0,9 και -1,9% για τα αρδευόμενα και τροφοδοτούμενα με βροχή, αντίστοιχα. Όταν το επίπεδο του CO₂ αυξάνεται στα 680 ppm, το αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης του αυξημένου CO₂, της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης αυξάνει τη μέση απόδοση κατά 23,1% με την άρδευση και κατά 27,7% με τη βροχή.

Στην άνυδρη και ημίξηρη περιοχή της βορειοδυτικής Κίνας εξετάστηκε η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στις καλλιεργήσιμες εκτάσεις, από τα τέλη της δεκαετίας του 1980 έως το 2010. Οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις αυξήθηκαν κατά 23.182 km², αύξηση 13,6% σε σχέση με την καλλιεργούμενη έκταση στα τέλη της δεκαετίας του 1980. Παρατηρείται μια μετάβαση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων προς τα δυτικά, ενώ μέρος της ανατολικής γεωργίας μετατρέπεται σε βοσκοτόπους. Η μετατροπή της αγροσιμοποίητης γης σε καλλιεργήσιμη, αυξάνει τις καλλιέργειες, ενώ η μετατροπή σε κατοικημένη γη οδηγεί σε απώλεια καλλιεργήσιμων εκτάσεων.

Η παγκόσμια παραγωγή τροφίμων ενδέχεται να χρειαστεί να αυξηθεί έως και 70% το 2050 για έναν πλανήτη με πάνω από 9 δισεκατομμύρια ανθρώπους. Η επίτευξη αυτού του παγκόσμιου στόχου, θα είναι μια μεγάλη πρόκληση για την επισιτιστική ασφάλεια υπό την αλλαγή του κλίματος. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για την Κίνα ως την πολυπληθέστερη χώρα του κόσμου και την τρίτη μεγαλύτερη σε έκταση στη γη. Η Κίνα συγκαταλέγεται στις χώρες που πλήττονται περισσότερο από την κλιματική αλλαγή.

Πολλές έρευνες στην Κίνα επικεντρώθηκαν στον αντίκτυπο της κλιματικής αλλαγής στην παραγωγή τροφίμων, και έχουν ως στόχο την προσομοίωση της απόδοσης των μεγάλων καλλιεργειών τροφίμων, την αξιολόγηση του αντίκτυπου της κλιματικής αλλαγής στην επισιτιστική ασφάλεια, που περιλαμβάνει σενάρια μεγέθους πληθυσμού, ποσοστό αστικοποίησης, έκταση και ένταση καλλιέργειας, και ανάπτυξη τεχνολογίας. Η αξιολόγηση της επισιτιστικής ασφάλειας λαμβάνει υπόψη παραμέτρους που αφορούν όχι μόνο την παραγωγή, αλλά και την κατανάλωση τροφίμων, κάτι που παρουσιάζει πολυπλοκότητα και δυσκολία στη συλλογή δεδομένων και στη δημιουργία μοντέλων.

Η επισιτιστική ασφάλεια στην Κίνα, όπως και σε άλλες ασιατικές χώρες σημαίνει σχεδόν αποκλειστικά αυτάρκεια τροφίμων, αλλά κυρίως αυτάρκεια σιτηρών. Το επίπεδο αυτάρκειας 95% σε δημητριακά υιοθετήθηκε πρόσφατα ως στρατηγικός στόχος για τη διατήρηση της επισιτιστικής ασφάλειας στην Κίνα. Ορισμένα αποτελέσματα των ερευνών έδειξαν ότι η κλιματική αλλαγή θα μειώνει την απόδοση των δημητριακών στην Κίνα κατά 2,5–5% το 2020 και κατά 5–10% το 2050. Μια πρόσφατη αξιολόγηση, αποκάλυψε επίσης αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην απόδοση των καλλιεργειών, ειδικά στην πιο σημαντική περιοχή παραγωγής τροφίμων της Βόρειας Κίνας.

Η παρατηρούμενη αύξηση της συγκέντρωσης CO₂ στην ατμόσφαιρα θα συνεχίσει να αυξάνεται στο άμεσο μέλλον, παρά τις αβεβαιότητες σχετικά με το μέγεθος αυτής της αύξησης. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις CO₂ διεγείρουν τη φωτοσύνθεση, με συνέπεια την αύξηση της παραγωγικότητας περίπου 8% για το ρύζι και το σιτάρι και 5% για τον αραβόσιτο, οδηγώντας γενικότερα σε αυξημένη παραγωγικότητα των φυτών και τροποποιημένους κύκλους νερού και θρεπτικών συστατικών. Η κλιματική αλλαγή αξιολογείται ότι θα έχει μέτριες θετικές επιπτώσεις στις αποδόσεις των

σημαντικών καλλιεργειών τροφίμων στην Κίνα από το 2020 έως το 2050. Η απόδοση του αραβοσίτου, για παράδειγμα, προβλέπεται να αυξηθεί κατά 4-10% περίπου, μέχρι το 2050, ενώ η απόδοση του σιταριού αναμένεται να μειωθεί ελάχιστα.

Η αύξηση της παραγωγικής ικανότητας των τροφίμων αποδίδεται κυρίως στην εντατικοποίηση της παραγωγής. Η μέτρια θετική επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην απόδοση των τροφίμων δεν θα είναι σε θέση να αντισταθμίσει την αρνητική επίδραση της απώλειας καλλιεργήσιμων εκτάσεων στην παραγωγή τροφίμων στην Κίνα. Τα ακραία κλιματικά γεγονότα και οι φυσικοί κίνδυνοι, προκάλεσαν αξιοσημείωτες απώλειες παραγωγής τις πρώτες δεκαετίες του 21ου αιώνα, όπως και σημαντική ήταν η επίδραση της σταθερής αύξησης των επιπέδων κατανάλωσης. Γι' αυτό η βελτίωση της απόδοσης σε ετήσια βάση έχει μεγάλη σημασία στην εξασφάλιση της επισιτιστικής ασφάλειας για χώρες με αναπτυσσόμενο πληθυσμό όπως η Κίνα, όπου η κατά κεφαλήν κατανάλωση τροφίμων αυξάνεται σταθερά. Απαιτείται επομένως να δοθεί περισσότερη προσοχή στην ασφάλεια των τροφίμων και στα θέματα ισορροπημένης διατροφής προκειμένου να διασφαλιστεί μακροπρόθεσμα η επισιτιστική ασφάλεια. (Ye, 2013)

3.9 Αφρική

Το μεγαλύτερο μέρος της Αφρικής, ιδίως της Βόρειας και της Νότιας Αφρικής, θα αντιμετωπίσει απώλειες αρόσιμων γαιών, αυξημένη έλλειψη νερού και μειωμένη απόδοση δημητριακών, εντείνοντας τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν ήδη στην κατανάλωση τροφίμων από την εγχώρια παραγωγή. Αν και άλλες περιοχές, όπως η Ωκεανία, η Πολυνησία και η νότια Ευρώπη, αναμένεται επίσης να χάσουν αρόσιμη γη, η απειλή για την επισιτιστική ασφάλεια που δημιουργεί η κλιματική αλλαγή είναι μεγαλύτερη για την Αφρική. Εκεί οι γεωργικές αποδόσεις και η κατά κεφαλήν παραγωγή τροφίμων μειώνονται σταθερά και η ανάπτυξη του πληθυσμού θα διπλασιάσει τη ζήτηση για τροφή, νερό και ζωοτροφές τα επόμενα 30 χρόνια. Οι προβλεπόμενες απώλειες της παραγωγής δημητριακών στην υποσαχάρια Αφρική κυμαίνονται από 33% μέχρι το 2060, και ακόμη 12% μέχρι το 2080. Ορισμένες χώρες θα πληγούν περισσότερο από άλλες. Μια ανάλυση ευαισθησίας στο κλίμα της αφρικανικής γεωργίας καταλήγει στο συμπέρασμα ότι τρεις χώρες, το Τσαντ, ο Νίγηρας και η Ζάμπια, θα χάσουν πρακτικά σχεδόν ολόκληρο τον γεωργικό τομέα τους, έως το έτος 2100. (Devereux & Edwards, 2004)

Τα αποτελέσματά μελετών δείχνουν ότι, για ορισμένες άνυδρες περιοχές, ειδικά στη Βόρεια Αφρική, τη Μέση Ανατολή, καθώς και τη Νότια και Κεντρική Ασία, μπορεί να είναι αδύνατο να διατηρηθεί η τρέχουσα καλλιεργήσιμη έκταση. Ωστόσο, σε παγκόσμια κλίμακα, αυτές οι πιθανές απώλειες μπορούν να αντισταθμιστούν περισσότερο από την επέκταση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων, ειδικά στην υποσαχάρια Αφρική, τη Νότια Αμερική και σε υψηλότερα βόρεια γεωγραφικά πλάτη. (De Vrese, 2017)

Οι περισσότερες προβλέψεις για την Αφρική, είναι απαισιόδοξες όσον αφορά τις προοπτικές οικονομικής ανάπτυξης για μεγάλο μέρος της ηπείρου, όπου τα ακραία καιρικά φαινόμενα προκαλούν μεγάλες απώλειες στο εθνικό ΑΕΠ.

Η κλιματική αλλαγή, εκτός από τις επιπτώσεις της στη γεωργία που τροφοδοτείται από βροχή, θα επηρεάσει επίσης τους υδάτινους πόρους, τα οικοσυστήματα θαλάσσιων και γλυκών υδάτων, τα δασικά προϊόντα και την άγρια φύση. Οι άνθρωποι που εξαρτώνται από τη γη, τα ζώα, τα δάση, τα ποτάμια και τους ωκεανούς για τη διαβίωσή τους, διατρέχουν τον μεγαλύτερο κίνδυνο να δουν τα προς το ζην τους να υπονομεύονται από πιο ακραίες ή ακανόνιστες καιρικές συνθήκες. Οι άνθρωποι αυτοί, αγρότες, βοσκοί, ψαράδες, ακτήμονες, κυνηγοί, είναι ήδη από τους πιο επισφαλείς ως προς την εξασφάλιση τροφής στον κόσμο. Οι περισσότεροι υποσιτισμένοι Αφρικανοί, για παράδειγμα, ζουν σε αγροτικές περιοχές όπου οι απαραίτητες διατροφικές τους ανάγκες προέρχονται από φυσικούς πόρους και εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τον καιρό. Γενικότερα, οι άνθρωποι της υπαίθρου των φτωχών χωρών έχουν τα χαμηλότερα επίπεδα κατανάλωσης τροφίμων, τα υψηλότερα επίπεδα υποσιτισμού, και είναι πιο εκτεθειμένοι και πιο ευάλωτοι σε ακραίες καιρικές συνθήκες. (Devereux & Edwards, 2004)

3.10 Αραβικός κόσμος

Η αραβική περιοχή αποτελείται από 22 χώρες που είναι όλες μέλη του Συνδέσμου Αραβικών Κρατών (ΣΑΚ), 10 στην Αφρική και 12 στη Δυτική Ασία. Η εκτεταμένη αυτή περιοχή χαρακτηρίζεται από ένα εξαιρετικά σκληρό περιβάλλον, με ζητήματα όπως η έλλειψη υδάτινων πόρων, πολύ χαμηλές βροχοπτώσεις, χαμηλή βιοποικιλότητα, υπερβολική έκθεση σε ακραία γεγονότα και ερημοποίηση. Ως εκ τούτου, θεωρείται από τις πιο ευάλωτες περιοχές του κόσμου στις αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Θα είναι ιδιαίτερα εκτεθειμένη σε μειωμένη γεωργική παραγωγικότητα, υψηλότερες πιθανότητες ξηρασίας και κυμάτων καύσωνα, μακροπρόθεσμη μείωση του εφοδιασμού με νερό και απώλεια παράκτιων περιοχών λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας. Υπολογίζεται ότι μέχρι το τέλος του 21ου αιώνα, η αραβική περιοχή θα αντιμετωπίσει αύξηση 2 έως 5,5°C στη θερμοκρασία της επιφάνειας. Αυτή η αύξηση θα συνδυαστεί με την προβλεπόμενη μείωση της βροχόπτωσης έως και 20%.

Το κυρίαρχο γεωργικό σύστημα στις αραβικές χώρες είναι η γεωργική βροχή, ενώ η αρδευόμενη περιοχή συνολικά στον αραβικό κόσμο είναι μικρότερη από 28%. Η ετήσια γεωργική παραγωγικότητα και η επισιτιστική ασφάλεια επομένως, εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ετήσια μεταβλητότητα των βροχοπτώσεων, η οποία έχει παρουσιάσει σημαντικές αλλαγές τις τελευταίες δεκαετίες. Οι χώρες της Αραβικής Χερσονήσου και η Αίγυπτος, χρησιμοποιούν ευρέως την αρδευόμενη γεωργία, η οποία αντιπροσωπεύει το 100% και το 95% της συνολικής καλλιεργούμενης έκτασης, αντίστοιχα.

Η παραγωγικότητα των περισσότερων καλλιεργειών υπό αρδευόμενη γεωργία, παρουσίασε αισθητές αυξήσεις τα τελευταία χρόνια στην αραβική περιοχή, λόγω της μετάβασης σε νέες ποικιλίες, της εφαρμογής σύγχρονων τεχνολογιών και της βελτίωσης των προγραμμάτων διαχείρισης, με αποτέλεσμα ορισμένες αραβικές χώρες, όπως η Αίγυπτος και το Σουδάν να κατέχουν μερικές από τις υψηλότερες

παραγωγικότητες σε όλο τον κόσμο. Ωστόσο, η πλειονότητα των αραβικών χωρών αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα στη γεωργική παραγωγή εξαιτίας περιορισμένων οικονομικών πόρων, χαμηλών τεχνολογικών μέσων, περιορισμένων προτύπων καλλιέργειών και περιβαλλοντικών περιορισμών και πιέσεων.

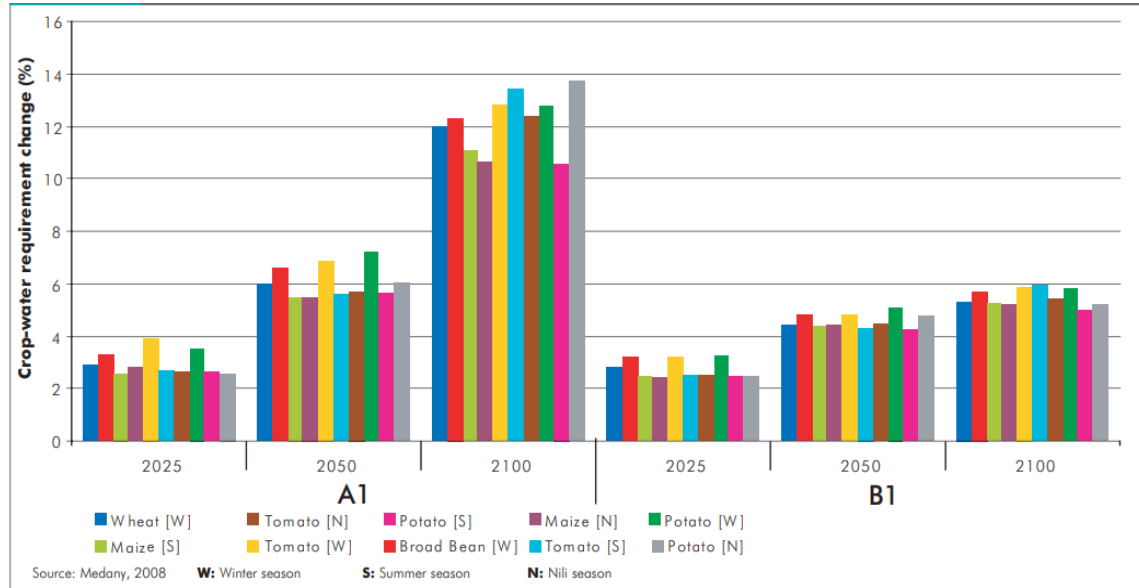
Η επισιτιστική ασφάλεια στον αραβικό κόσμο έχει από καιρό υποστεί περιβαλλοντικές και κοινωνικοοικονομικές πιέσεις. Στην ευρύτερη περιοχή κυριαρχούν άνυδρες συνθήκες, οι υδατικοί πόροι είναι περιορισμένοι, τα πρότυπα καλλιέργειας ακανόνιστα, και η βόσκηση εντατική. Επιπλέον, η αύξηση του πληθυσμού και τα χαμηλά επίπεδα γνώσεων και τεχνολογίας, σε συνδυασμό με τα προηγούμενα, επηρεάζουν όλα τα συστήματα παραγωγής τροφίμων στην περιοχή. Το κυρίαρχο γεωργικό σύστημα στις αραβικές χώρες είναι η γεωργική βροχή. Επομένως, η ετήσια γεωργική παραγωγικότητα και η επισιτιστική ασφάλεια συσχετίζονται σε μεγάλο βαθμό με την ετήσια μεταβλητότητα της βροχοπτώσης.

Η κλιματική αλλαγή μπορεί να αυξήσει τις διαταραχές των βροχοπτώσεων και έτσι να αυξήσει τα περιστατικά ξηρασίας. Οι προβλεπόμενες κλιματικές αλλαγές θα έχουν καταστροφικές επιπτώσεις στη γεωργική παραγωγή στον αραβικό κόσμο. Όπως έχουν δείξει αρκετές μελέτες, οι αυξημένες θερμοκρασίες προκαλούν πολύ υψηλότερες ανάγκες σε νερό στις θερινές καλλιέργειες. Η λειψυδρία στην αραβική περιοχή αναμένεται να αυξηθεί, και ως εκ τούτου η γεωργία, άρα και η επισιτιστική ασφάλεια όλης της περιοχής, να είναι ιδιαίτερα ευάλωτη στην κλιματική αλλαγή, με κίνδυνο η παραγωγή τροφίμων να μειωθεί κατά 50%.

Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη γεωργική παραγωγή

Πολλές από τις παρατηρούμενες και προβλεπόμενες αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, όπως οι αυξήσεις της θερμοκρασίας, της εξάτμισης, της ανόδου της στάθμης της θάλασσας και της μείωσης των βροχοπτώσεων, θα επιφέρουν σημαντικές μειώσεις στη διαθεσιμότητα του νερού στην περιοχή της Βόρειας Αφρικής, της Μέσης Ανατολής και στις υποτροπικές περιοχές. Οι συνολικές ετήσιες ανάγκες άρδευσης στην Αίγυπτο προβλέπεται να αυξηθούν κατά 6 έως 16% έως το 2100, λόγω της κλιματικής αλλαγής. Το διάγραμμα 5 απεικονίζει την αλλαγή στις απαιτήσεις των μεγάλων καλλιέργειών και λαχανικών για νερό για τις δεκαετίες του 2025, 2050 και

2100, βασισμένα σε δύο σενάρια (A1 και B1).



Διάγραμμα 5: Αλλαγή στις μελλοντικές τιμές (για τα έτη 2025, 2050 και 2100), των εποχικών απαιτήσεων για νερό των μεγάλων καλλιεργειών και λαχανικών, στον αραβικό κόσμο. (Abou Hadid, 2009)

Το συνολικό συμπέρασμα των περισσότερων μελετών για τον αραβικό κόσμο, δείχνει μια γενική τάση μείωσης των αποδόσεων για τις περισσότερες μεγάλες καλλιέργειες. Επομένως, η κλιματική αλλαγή θα μπορούσε να προκαλέσει σοβαρές ζημιές στη γεωργική παραγωγικότητα εάν δεν ληφθούν μέτρα προσαρμογής. Ο Πίνακας 4 δείχνει τον αντίκτυπο της κλιματικής αλλαγής σε ορισμένες σημαντικές καλλιέργειες της Αιγύπτου.

Crop	Change in %	
	2050s	2100s
Rice	-11%	
Maize	-19%	-20%
Soybeans	-28%	
Barley	-20%	
Cotton	+17%	+31%
Fava bean	-4.4 to -6.6	+6 to +11%
Potato	-0.9 to -2.3%	+0.2 to +2.3 %
Wheat	-4.8 to -17.2	-26 to -38%

Πίνακας 4: Προβλεπόμενες αλλαγές στην παραγωγή ορισμένων σημαντικών καλλιεργειών στην Αίγυπτο υπό συνθήκες κλιματικής αλλαγής (Abou Hadid, 2009)

των φυτών από τα παράσιτα, τις επιδημίες και τις ασθένειες, όπως η πρόωμη αχλαδιά και η όψιμη πατάτα.

Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα ζώα και τη βοσκή

Τα οικοσυστήματα λιβαδιών όπου βόσκουν κατοικίδια ή άγρια ζώα, βρίσκονται σε κάθε ήπειρο, συνήθως σε περιοχές όπου οι περιορισμοί θερμοκρασίας και υγρασίας

Μέχρι το έτος 2050, η κλιματική αλλαγή θα μπορούσε να αυξήσει τις ανάγκες σε νερό έως και 16% για τις θερινές καλλιέργειες, αλλά να τις μειώσει έως και 2% για τις χειμερινές καλλιέργειες. Η αυξημένη συχνότητα ακραίων κλιματικών γεγονότων και διαταραχών του οικοσυστήματος (πυρκαγιές), είναι βασικοί παράγοντες για τον προσδιορισμό της βλάβης

περιορίζουν άλλους τύπους βλάστησης. Περιλαμβάνουν λιβάδια με γρασίδι, λιβάδια ερήμου και με θαμνώδη φυτά, δασικές εκτάσεις, σαβάνες, στέπες και τούνδρες. Οι βοσκότοποι καταλαμβάνουν το 33% της συνολικής έκτασης της αραβικής περιοχής. Ωστόσο, αυτή η περιοχή κινδυνεύει, εξαιτίας της κλιματικής μεταβλητότητας, με γεγονότα ξηρασίας, πλημμυρών και ερημοποίησης.

Τα βοσκοτόπια και τα συστήματα ζωικής παραγωγής εμφανίζονται στα περισσότερα είδη κλιμάτων και κυμαίνονται από εκτεταμένα ποιμενικά συστήματα που βόσκουν τα φυτοφάγα, έως συστήματα που βασίζονται σε καλλιέργειες ζωοτροφών και σιτηρών, όπου τα ζώα διατηρούνται κυρίως σε εσωτερικούς χώρους. Ο συνδυασμός της αύξησης της συγκέντρωσης CO₂, με τις αλλαγές στη βροχόπτωση και τη θερμοκρασία, είναι πιθανό να έχει σημαντικές επιπτώσεις σε λιβάδια και βοσκοτόπους, με αύξηση της παραγωγής σε υγρά εύκρατα λιβάδια, αλλά μειώσεις σε άνυδρες και ημι-άνυδρες περιοχές.

Οι αυξήσεις της θερμοκρασίας του αέρα και της υγρασίας επηρεάζουν την παραγωγικότητα και τους ρυθμούς σύλληψης κυρίως των κατοικίδιων ζώων που δεν είναι προσαρμοσμένα σε αυτές τις συνθήκες. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τα βοοειδή, όπου η πρωτογενής περίοδος αναπαραγωγής συμβαίνει την άνοιξη και τους καλοκαιρινούς μήνες. Η μείωση των ποσοστών σύλληψης βοοειδών συμβαίνει για θερμοκρασίες άνω των 23,4 °C. Επίσης, το θερμικό στρες συχνά οδηγεί σε μειώσεις της σωματικής δραστηριότητας με επακόλουθο ανάλογες μειώσεις στην κατανάλωση τροφής και τη βόσκηση (για τα μηρυκαστικά και άλλα φυτοφάγα).

Η προβλεπόμενη αύξηση της θερμοκρασίας, σε συνδυασμό με τη μειωμένη βροχόπτωση στη Βόρεια Αφρική θα οδηγήσει σε αύξηση των θανάτων των εγχώριων φυτοφάγων κατά τη διάρκεια ακραίων γεγονότων σε περιοχές που είναι επιρρεπείς στην ξηρασία. Με την αύξηση της θερμοκτικής πίεσης, οι ανάγκες σε νερό για τα ζώα θα αυξηθούν σημαντικά σε σύγκριση με τις τρέχουσες συνθήκες, με συνέπεια η υπερβόσκηση κοντά σε σημεία ποτίσματος να είναι απαραίτητο να επεκταθεί. (Abou Hadid, 2009)

3.11 Αυστραλία

Η Αυστραλία είναι σημαντικός παραγωγός τροφίμων, αλλά η σοβαρή ξηρασία που συνέβη από το 2000 έως το 2009, μείωσε τη γεωργική παραγωγή και την παραγωγή τροφίμων. Το κλίμα της Αυστραλίας ήταν πάντα μεταβλητό και, ειδικότερα, επιρρεπές στην ξηρασία, η οποία επηρεάζει σοβαρά τις γεωργικές αποδόσεις και μπορεί να συμβάλει στην αύξηση των τιμών των λιανικών τροφίμων. Η ξηρασία στην Αυστραλία συνδέεται γενικά με αυξήσεις στις τιμές ιδιαίτερα νωπών προϊόντων και ορισμένων προϊόντων σούπερ μάρκετ. Οι αγορές φρέσκων φρούτων και λαχανικών είναι σε μεγάλο βαθμό εγχώριες, γεγονός που περιορίζει την ικανότητα αντιστάθμισης της μειωμένης παραγωγής σε περιόδους ξηρασίας. Το 2002-03, για παράδειγμα, η παραγωγή λαχανικών στην Αυστραλία μειώθηκε κατά 9% και χρειάστηκαν αρκετά χρόνια για να ανακάμψει. Το μέλι είναι ένα από τα προϊόντα που μπορούν επίσης να επηρεαστούν σοβαρά. Το 2003, οι τιμές λιανικής για το μέλι διπλασιάστηκαν σε διάστημα 12 μηνών, καθώς η εγχώρια παραγωγή μειώθηκε απότομα από την ξηρασία. Επιπλέον, κατά την περίοδο 2001–2004, η παραγωγή αρνιού μειώθηκε κατά 10%, κάτι που αποδόθηκε εξ ολοκλήρου στις συνθήκες ξηρασίας, και σε συνδυασμό με την

αυξανόμενη διεθνή ζήτηση για αρνί, αυτή η χαμηλότερη παραγωγή οδήγησε σε αύξηση των τιμών λιανικής για το πρόβειο κρέας. (Campbell, 2015 ; Qureshi et al., 2013)

Η Αυστραλία επομένως, ως ένας μεγάλος προμηθευτής βοείου κρέατος, σιτηρών και γάλακτος σε σκόνη παγκοσμίως, επηρεάζει τις παγκόσμιες τιμές. Η ξηρασία του 2002-03 επέφερε συνολική εγχώρια αύξηση των τιμών των τροφίμων κατά 4,4%, ενώ από τον Σεπτέμβριο του 2005 έως τον Σεπτέμβριο του 2007 οι τιμές των τροφίμων αυξήθηκαν κατά 12%. Επιμέρους, το ψωμί και τα αυγά αυξήθηκαν κατά 17%, τα λαχανικά κατά 33% και τα φρούτα κατά 43%. Επειδή, όπως προβλέπεται, η κλιματική αλλαγή επιδεινώνει τη συχνότητα και τη σοβαρότητα της ξηρασίας και άλλων ακραίων καιρικών φαινομένων στην Αυστραλία, το αποτέλεσμα θα είναι συχνές και σοβαρές αυξήσεις στις μέσες τιμές των τροφίμων. (Campbell, 2015)

Κλιματικές προβλέψεις δείχνουν ότι η νοτιοανατολική Αυστραλία θα επηρεαστεί αρνητικά από τις αλλαγές στα πρότυπα βροχόπτωσης, την αύξηση του αριθμού των καταιγίδων, καθώς και από την αύξηση των θερμοκρασιών, οι οποίες αυξάνουν τη σοβαρότητα της ξηρασίας. Μέχρι το 2070 ενδέχεται να υπάρξουν 40% περισσότεροι μήνες ξηρασίας στην ανατολική Αυστραλία.

Η αυξημένη λειψυδρία και η μεγαλύτερη ζήτηση νερού από μη γεωργικές χρήσεις, συμπεριλαμβανομένης της αποκατάστασης των περιβαλλοντικών ροών, έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην αυστραλιανή γεωργική παραγωγή. Η ξηρασία προκάλεσε μειώσεις των καλλιεργούμενων εκτάσεων, στην αρδευόμενη περιοχή της νότιας λεκάνης Murray-Darling, η οποία είναι από τις σημαντικότερες περιοχές παραγωγής τροφίμων και αντιπροσωπεύει περίπου το 40% της ακαθάριστης αξίας της γεωργικής παραγωγής της Αυστραλίας. Στη λεκάνη αυτή, η παραγωγή ρυζιού μειώθηκε από 1643 χιλιάδες τόνους το 2000-2001 σε 1003 χιλιάδες τόνους το 2005-2006 και 18 χιλιάδες τόνους το 2007-2008.

Επιπλέον, υπάρχει ανησυχία για τις μειώσεις και τις αλλαγές των εποχιακών βροχοπτώσεων που προκαλεί η κλιματική αλλαγή και σε συνδυασμό με τη μείωση της κατανομής νερού για άρδευση των καλλιεργειών, θα έχουμε σαν αποτέλεσμα τη φθίνουσα παραγωγή τροφίμων. Η προσαρμογή των συστημάτων καλλιέργειας στις νέες συνθήκες, όπως η αλλαγή χρήσης γης και η μετάβαση σε περισσότερες ποικιλίες ανθεκτικές στην ξηρασία, είναι μέτρα που αποτρέπουν τη μείωση της γεωργικής παραγωγής αλλά ανεβάζουν το συνολικό κόστος της παραγωγής τροφίμων.

Η Αυστραλία είναι από τις σημαντικότερες χώρες εξαγωγής τροφίμων. Αλλά οι ελλείψεις στην παραγωγή θα μειώσουν τη συνολική συνεισφορά της σε διεθνείς προμήθειες τροφίμων, και θα απειλήσουν την επισιτιστική ασφάλεια, δεδομένης της παγκόσμιας αύξησης της ζήτησης τροφίμων, της αλλαγής των παγκόσμιων βροχοπτώσεων και της μειωμένης διαθεσιμότητας νερού για άρδευση. Η κλιματική αλλαγή αναμένεται να μειώσει την παραγωγή των κυριότερων γεωργικών προϊόντων της Αυστραλίας, όπως της παραγωγής σίτου, βοείου κρέατος, γαλακτοκομικών προϊόντων και ζάχαρης κατά 9-10% έως το 2030 και 13-19% έως το 2050, με σημαντικές επιπτώσεις στο διεθνές εμπόριο γεωργικών προϊόντων. Σύμφωνα με τον Cline (2007), η υπερθέρμανση του πλανήτη που προκαλείται από την κλιματική αλλαγή και τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες, θα μειώσει την παραγωγικότητα της Αυστραλίας κατά 27%. (Qureshi et al., 2013)

3.12 Επιπτώσεις στις δέκα σημαντικότερες καλλιέργειες παγκοσμίως

Περιοχές Ευρώπης

Οι αποδόσεις για τις δέκα πιο σημαντικές (μη τροπικές) καλλιέργειες στη δυτική και νότια Ευρώπη μειώθηκαν από 3,2% έως 21,2% λόγω της κλιματικής αλλαγής (Πίνακας 5). Παρατηρήθηκε μείωση στις αποδόσεις των μεγάλων καλλιεργειών (σιτάρι, κριθάρι, αραβόσιτος και ελαιοκράμβη), σε τμήματα της περιοχής της στέπας της Ευρωπαϊκής Ρωσίας και στη ζώνη σιτηρών της Δυτικής Σιβηρίας. Η ετήσια θερμοκρασία στη Ρωσική Ομοσπονδία αυξάνεται από τη δεκαετία του 1970 περίπου κατά 0,4°C ανά δεκαετία. Η παραγωγικότητα κριθαριού, αραβοσίτου και σόργου επηρεάστηκε αρνητικά από την κλιματική αλλαγή στην Ουκρανία. Οι ετήσιες απώλειες απόδοσης στη δυτική και νότια Ευρώπη είναι υψηλές, εξαιρουμένης της Ανδαλουσίας στη νότια Ισπανία όπου οι αποδόσεις σιταριού αυξήθηκαν από τις κλιματικές αλλαγές. Ομοίως, στην Ανατολική και Βόρεια Ευρώπη οι απώλειες απόδοσης είναι για τον αραβόσιτο (-24,5%), το κριθάρι (-9,1%) και το σιτάρι (-2,1%).

Οι μεγάλες απώλειες απόδοσης των καλλιεργειών στη Γαλλία μείωσαν την παραγωγή αναλώσιμων θερμίδων τροφίμων σε αυτές τις δέκα καλλιέργειες (κριθάρι, μανιόκα, αραβόσιτο, φοινικέλαιο, κραμβέλαιο, ρύζι, σόργο, σόγια, ζαχαροκάλαμο και σιτάρι), περίπου κατά 24%, ενώ η μείωση των θερμίδων όλων των υπόλοιπων καλλιεργούμενων τροφίμων που καταναλώθηκαν συνολικά είναι 7%. Μεγάλες μειώσεις των αναλώσιμων θερμίδων τροφίμων σε αυτές τις δέκα καλλιέργειες λόγω της κλιματικής αλλαγής σημειώθηκαν επίσης στη Γερμανία (-11%), στην Ισπανία (-4%), στην Ιταλία (-7%) καθώς και σε άλλες μεγάλες γεωργικές χώρες της Δυτικής Ευρώπης. Στην Ανατολική και Βόρεια Ευρώπη οι μεγαλύτερες μειώσεις των αναλώσιμων θερμίδων τροφίμων από αυτές τις δέκα καλλιέργειες λόγω των κλιματικών αλλαγών σημειώθηκαν στην Ουγγαρία (-35% και -10% συνολικά), στη Ρουμανία (-18% και -7% συνολικά), και την Ιρλανδία (-12% και -3% συνολικά) (Πίνακας 5).

	North and Central America	Caribbean and South America	Western and Southern Europe	Eastern and Northern Europe	Northern Africa	Sub-Saharan Africa	Central and Eastern Asia	Western, Southern and South-eastern Asia	Oceania	Global
Percentage yield / production changed w.r.t current average (at fixed all current harvested areas)										
Barley	-2.5	4.0	-16.1	-9.1	-6.8	-0.6	1.6	-0.9	-2.3	-7.9
Cassava	-2.9	0.5	NA	NA	18.0	1.7	1.2	-5.6	NA	-0.5
Maize	0.5	2.7	-6.3	-24.5	-4.3	-5.8	5.1	1.0	-1.2	0.0
Oilpalm	-7.2	-0.6	NA	NA	NA	0.0	-0.4	-15.9	NA	-13.4
Rapeseed	-0.4	6.8	-11.4	3.1	NA	24.9	5.9	1.9	0.6	0.5
Rice	-0.1	-0.7	-3.2	-0.4	-1.3	-3.1	0.9	-0.8	4.1	-0.3
Sorghum	4.3	0.0	-18.2	-9.5	17.9	0.7	4.9	0.9	-30.5	2.1
Soybean	3.3	5.4	-21.2	-3.8	10.9	-1.6	0.2	-3.2	-6.3	3.5
Sugarcane	1.7	2.5	2.7	NA	-5.1	-3.9	5.3	-0.6	0.4	1.0
Wheat	-1.3	-1.6	-8.7	-2.1	12.0	-2.3	4.5	-0.9	-5.8	-0.9
Percentage kilocalories changed w.r.t current kilocalories consumed from the crop (only countries reporting consumption as per the FAO Food Balance Sheets are included & trade is not accounted).										
Barley	-12.9	1.5	-218.0	-67.9	-9.8	-0.3	0.9	-3.3	-952.7	-14.9
Cassava	-14.5	0.7	NA	NA	17.7	3.1	0.4	-5.7	NA	0.5
Maize	2.3	1.5	-10.6	-50.2	-2.0	-4.0	6.0	1.0	-1.9	-0.7
Oilpalm	-6.3	-1.0	NA	NA	NA	-0.6	0.0	-219.0	NA	-56.6
Rapeseed	-2.6	3.8	-34.8	8.0	NA	34.5	7.3	1.7	1.6	1.1
Rice	-0.8	-0.9	-6.1	-0.3	-2.5	-2.6	1.4	-1.2	5.5	-0.4
Sorghum	25.5	-0.8	0.0	0.0	20.0	0.5	4.8	0.8	0.0	3.6
Soybean	6.0	21.0	-3.1	-4.9	0.5	0.6	0.1	-1.0	-1.3	4.7
Sugarcane	0.7	4.0	0.0	NA	-3.3	-2.1	5.4	-0.6	1.6	0.7
Wheat	-2.0	-1.3	-8.4	-2.8	6.1	-0.8	2.2	-0.8	-11.8	-0.5

Πίνακας 5: Ο αντίκτυπος της κλιματικής αλλαγής στις δέκα σημαντικότερες καλλιέργειες σε μεγάλες περιοχές παγκοσμίως. (Ray et al., 2019)

Βόρεια, Κεντρική και Νότια Αμερική

Στη Βόρεια και Νότια Αμερική, υπάρχει κυρίως αύξηση στις αποδόσεις των καλλιεργειών από την κλιματική αλλαγή (Πίνακας 5), ιδίως σε εμπορικές καλλιέργειες όπως αραβόσιτος, σόγια και ζαχαροκάλαμο. Συνολικά στις Ηνωμένες Πολιτείες οι αποδόσεις κριθαριού, ρυζιού και σίτου μειώθηκαν ενώ οι αποδόσεις αραβοσίτου, σόργου, σόγιας και ζαχαροκάλαμου αυξήθηκε. Σε ορισμένες χώρες όπως στον Καναδά, τον Παναμά, την Ονδούρα και το Μπελίζ μειώθηκαν οι θερμίδες των αναλωσίμων τροφίμων, ενώ στη Γουατεμάλα η αλλαγή ήταν ασήμαντη. Η πρόσφατη αλλαγή του κλίματος αύξησε τις συνολικές αναλώσιμες θερμίδες στις Ηνωμένες Πολιτείες και το Μεξικό. Σημαντικές απώλειες αναλώσιμων θερμίδων έχουν συμβεί στη Δομινικανή Δημοκρατία, τον Ισημερινό, τη Βολιβία, την Ουρουγουάη και τη Βενεζουέλα, ενώ στη Βραζιλία, την Αργεντινή Παραγουάη και την Κούβα οι θερμίδες αναλώσιμων τροφών αυξήθηκαν συνολικά (Πίνακας 5).

Υποσαχάρια Αφρική

Από τις σημαντικότερες αφρικανικές καλλιέργειες της Σαχάρας, ο αραβόσιτος παρέχει το μεγαλύτερο ποσοστό θερμίδων τροφής ακολουθούμενος από σόργο, μανιόκα και ζαχαροκάλαμο. Οι αποδόσεις αραβοσίτου και ζαχαροκάλαμου μειώθηκαν κατά 5,8% και 3,9%, αντίστοιχα (Πίνακας 5). Αντιθέτως, η πρόσφατη αλλαγή του κλίματος προκάλεσε αύξηση των αποδόσεων στα πιο ανθεκτικά στη θερμότητα και την ξηρασία σόργο (0,7%) και μανιόκα (1,7%) (Πίνακας 5). Οι απώλειες απόδοσης αραβοσίτου είναι οι υψηλότερες στη Νότια Αφρική (-22%). Συνολικά στην υποσαχάρια Αφρική οι αποδόσεις αραβοσίτου έχουν μειωθεί, αλλά οι αποδόσεις

μανιόκας αυξήθηκαν ως απάντηση στις κλιματικές αλλαγές, αλλά όχι παντού. Για παράδειγμα, οι αποδόσεις μανιόκας μειώθηκαν στο κεντρικό και νότιο τμήμα της Μαδαγασκάρης αλλά αυξήθηκαν στη βορειοανατολική Μαδαγασκάρη. Αν και η Ανατολική Αφρική είχε γενικά μειώσεις στις αποδόσεις μανιόκας, στην Τανζανία αυτό ισχύει μόνο στις ανατολικές περιοχές, ενώ στις δυτικές περιοχές οι αποδόσεις επωφελήθηκαν από την αλλαγή του κλίματος. Παρόμοιες αυξομειώσεις στις αποδόσεις παρατηρούνται επίσης στη Δυτική Αφρική. Για παράδειγμα, στις νότιες περιοχές του Τόγκο οι αποδόσεις αραβοσίτου μειώθηκαν, αλλά στις βόρειες επωφελήθηκαν από την κλιματική αλλαγή.

Η παραγωγή αναλώσιμων θερμίδων από αυτές τις δέκα καλλιέργειες μειώθηκε σχεδόν στο -12% και -8% στις θερμίδες όλων των υπόλοιπων καλλιεργούμενων τροφίμων στη Νότια Αφρική. Μεγάλες μειώσεις των αναλώσιμων θερμίδων τροφίμων και στις δέκα καλλιέργειες επίσης εμφανίστηκε στην Γκάνα (-8%), στη Ζιμπάμπουε (-10%), αλλά αυξήθηκε στην Τανζανία (2%). Συνολικά σε ολόκληρη την υποσαχάρια Αφρική, εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής, έχουμε μείωση 1,4% των θερμίδων τροφίμων που καταναλώθηκαν από αυτές τις δέκα καλλιέργειες και 0,8% μείωση στις θερμίδες που καταναλώθηκαν από αυτές τις δέκα καλλιέργειες κατά μέσο όρο ετησίως. (Ray et al., 2019)

Περαιτέρω, οι περιφερειακές ανισότητες προκαλούν βαθιά ανησυχία για τις ήδη επισφαλείς επισιτιστικές περιοχές, όπως στην υποσαχάρια Αφρική, όπου τα κενά των τροφίμων αναμένεται να διευρυνθούν καθώς η αύξηση του πληθυσμού συνεχίζει να υπερβαίνει την αύξηση της παραγωγής, αυξάνοντας την ανάγκη για εισαγωγές τροφίμων από τις χώρες που έχουν πλεονασματική παραγωγή. (Devereux & Edwards, 2004)

Ασία

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην απόδοση των καλλιεργειών και στις αναλώσιμες θερμίδες στην Ασία ποικίλλουν. Στην Κίνα, η κλιματική αλλαγή γενικά ωφέλησε τις αποδόσεις των καλλιεργειών και αύξησε τις αναλώσιμες θερμίδες τροφίμων σε αυτές τις δέκα καλλιέργειες περίπου κατά 2% και 1% σε όλες τις αναλώσιμες θερμίδες τροφίμων. Υπάρχουν όμως και εξαιρέσεις, όπως οι μειώσεις στις αποδόσεις ρυζιού στο Κουανγκσί και το Φουτσιάν και στις αποδόσεις σιταριού σε Σιτσουάν και Γκουιτσόου. Αντιθέτως, οι αποδόσεις σιταριού στις πεδιάδες Huang-Huai-Hai και οι αποδόσεις αραβοσίτου στην επαρχία Heilongjiang επωφελήθηκαν από την κλιματική αλλαγή.

Στην Ινδία, σε ορισμένες πολιτείες υπάρχει μείωση απόδοσης σε όλες τις μεγάλες καλλιέργειες, όπως στην κεντρική πολιτεία Green Haryana και στο δυτικό Uttar Pradesh. με συνολική απώλεια παραγωγής στο σιτάρι -0,7%. Στη νότια Ινδία έχουμε μείωση στις καλλιέργειες ρυζιού στις πολιτείες Ταμίλ Ναντού και Κεράλα και συνολικά οι απώλειες ρυζιού στην Ινδία είναι -2,1%. Οι αναλώσιμες θερμίδες μειώθηκαν στην Ινδία περίπου 1,2% στις δέκα καλλιέργειες και 0,8% συνολικά κατά μέσο όρο ετησίως.

Απώλειες στην παραγωγή ρυζιού σημειώθηκαν επίσης στο Βιετνάμ (-1,0%) και στην επαρχία Laguna των Φιλιππίνων (-0,2%). Ωστόσο, η συνολική παραγωγή ρυζιού

αυξήθηκε στις Φιλιππίνες. Η παραγωγή σίτου μειώθηκε επίσης στην Τουρκία (-0,8%). Η κλιματική αλλαγή έχει μειώσει τις θερμίδες αναλώσιμων τροφίμων σε πολλές ασιατικές χώρες, με επισιτιστική ασφάλεια (όπως το Ιράν και το Ισραήλ) αλλά και ανασφαλείς επισιτιστικά (όπως το Μπαγκλαντές, το Νεπάλ και η Ινδία).

Ωκεανία

Στην Αυστραλία έχουμε μείωση στις αποδόσεις καλλιεργειών σιταριού κατά 9%, όπως και στις αποδόσεις κριθαριού, αραβοσίτου, σόργου και σόγιας. Αντιθέτως, έχουμε αυξήσεις στις αποδόσεις κραμβέλαιου, ρυζιού και ζαχαροκάλαμου. Τέλος, η κλιματική αλλαγή μείωσε την παραγωγή θερμίδων αναλώσιμων καλλιεργειών στην Αυστραλία στις δέκα καλλιέργειες περίπου κατά 6% και 3% στις συνολικές θερμίδες ετησίως.

Οι επιπτώσεις από την άνοδο της θερμοκρασίας είναι ισχυρότερες στην Ευρώπη και την Ανατολική Ασία, ενώ οι επιπτώσεις από τις βροχοπτώσεις είναι εξίσου ισχυρές στην υποσαχάρια Αφρική, τη Νότια Ασία και την Αυστραλία.

Επιπτώσεις στην επισιτιστική ασφάλεια

Αξιολογώντας τον αντίκτυπο της κλιματικής αλλαγής στην παραγωγή καλλιεργειών σε χώρες όπου η πείνα είναι διαδεδομένη, βρέθηκε ότι από τις 53 χώρες με ανησυχητικό δείκτη πείνας το 2008, η αλλαγή του κλίματος επέφερε μείωση στις αναλώσιμες θερμίδες σε 27 χώρες και αύξηση στις 26. Οι απώλειες αναλώσιμων θερμίδων στις δέκα καλλιέργειες σε σύγκριση με τις συνολικές θερμίδες που καταναλώθηκαν ετησίως ήταν ιδιαίτερα μεγάλες στη Νότια Αφρική, όπως στη Ζιμπάμπουε (-7,2%), το Μαλάουι (-6,5%) και την Μοζαμβίκη (-2,8%), στη Δυτική Αφρική, όπως στο Μάλι (-3,9%) και στη Γκάνα (-3,8%), και στην Ασία όπως στην Ινδία (-0,8%) και στο Νεπάλ (-2,2%). Σε παγκόσμιο επίπεδο, η μέση ετήσια αλλαγή είναι μεγάλη για εκείνους που καταναλώνουν αυτές τις δέκα καλλιέργειες (-1%) αλλά δεν είναι αμελητέες σε όλες τις αναλώσιμες θερμίδες τροφής επίσης (-0,5%). Αυτή η μέτρηση δεν αφορά την πρόσβαση στα τρόφιμα και τη διατροφή, αλλά υποδηλώνει ότι η κλιματική αλλαγή έχει αυξήσει τον κίνδυνο επισιτιστικής ανασφάλειας σε πολλές χώρες που υπήρχε επαρκής επισιτιστική ασφάλεια. (Ray et al., 2019)

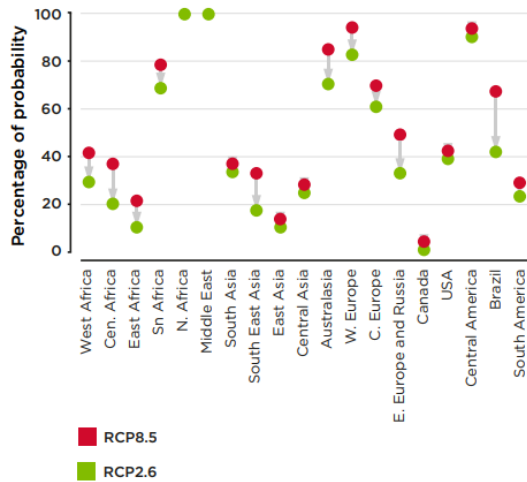
3.13 Επιπτώσεις στην παγκόσμια κατανάλωση πόρων

Οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή και ενδέχεται να αυξηθούν οι διαταραχές των παγκόσμιων αλυσίδων εφοδιασμού. Επομένως, οι κίνδυνοι της τοπικής αλλαγής του κλίματος μεταδίδονται μέσω του εμπορίου σε άλλες χώρες και οικονομικούς τομείς. Η ευπάθεια των πόρων δεν περιορίζεται γεωγραφικά και επηρεάζεται από τις αλλαγές των καιρικών συνθηκών με επιπτώσεις στην παγκόσμια τροφοδοσία τροφίμων.

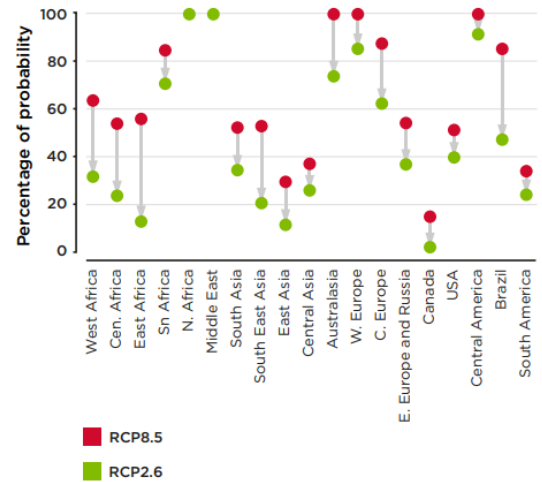
Τα ακραία κλιματικά γεγονότα, όπως η ξηρασία και οι αλλαγές στη θερμοκρασία, τη βροχόπτωση και στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου επηρεάζουν σοβαρά τις αποδόσεις και την παραγωγή τροφίμων με πολλούς τρόπους. Η προμήθεια βασικών γεωργικών καλλιεργειών (αραβόσιτος, σόγια, ρύζι και σιτάρι) εξαρτάται από συγκεκριμένες περιοχές, σε σύγκριση με εκείνη άλλων εμπορευμάτων (π.χ. μέταλλο,

ορυκτά και πετρέλαιο) και έτσι οι κλιματολογικές συνθήκες σε ορισμένες ασιατικές χώρες (σόγια και ρύζι), τη Βόρεια Αμερική (αραβόσιτο και σιτάρι) και τη Νότια Αμερική (σόγια) καθορίζουν τη διαθεσιμότητα αυτών των πόρων. (Kulmer et al., 2020)

2050: probability of cropland area affected by drought increasing by >50%



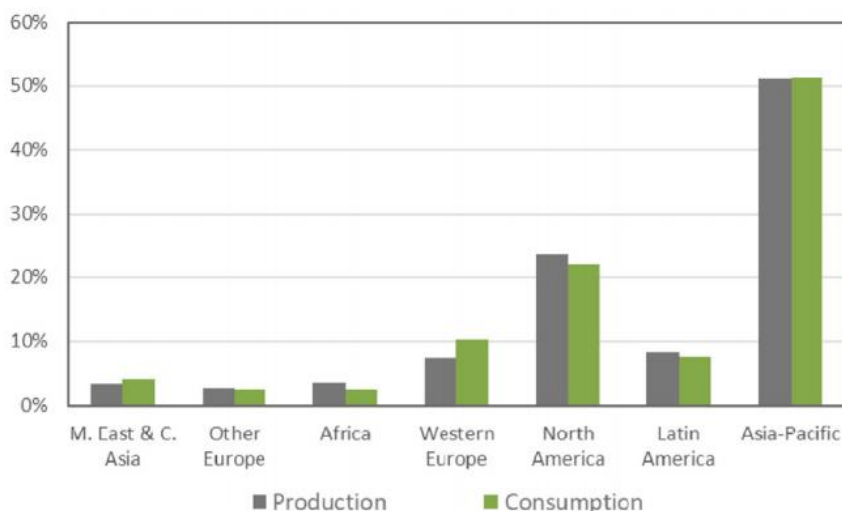
2100: probability of cropland area affected by drought increasing by >50%



Διάγραμμα 6: Η κλιματική αλλαγή αυξάνει το ποσοστό της μέσης ετήσιας έκτασης των καλλιεργήσιμων εκτάσεων που εκτίθενται σε ξηρασία, κάτω από δύο κλιματικά σενάρια (κόκκινο δυσμενέστερο, πράσινο ευνοϊκότερο), για έναν αριθμό χωρών παγκοσμίως. (King et al., 2015)

Σύμφωνα με το διάγραμμα 6, μέχρι το 2050, η πιθανότητα οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις να επηρεαστούν από την ξηρασία, είναι μεγαλύτερη από 70% στη Νότια και Βόρεια Αφρική, τη Μέση Ανατολή, την Αυστραλασία, τη Δυτική Ευρώπη και την Κεντρική Αμερική. Αντίθετα, υπάρχει σχετικά χαμηλή πιθανότητα η κλιματική αλλαγή να αυξήσει την ξηρασία στην Ανατολική Ασία και τον Καναδά. Το ευνοϊκότερο σενάριο μειώνει τον κίνδυνο ξηρασίας, ιδίως μέχρι το 2100. (King et al., 2015)

Η κλιματική αλλαγή απειλεί σοβαρά την ασφάλεια των υδάτων και συνεπώς και την επισιτιστική ασφάλεια και την οικονομική ευημερία σε πολλές χώρες. Από οικονομική άποψη, το νερό είναι απαραίτητο για την παραγωγή πολλών αγαθών (π.χ. προϊόντα διατροφής, ποτά, χαρτοπολτός και χαρτί, ηλεκτρική ενέργεια), και έμμεσα εμπορεύεται μέσω πολλών χωρών. Ο αριθμός των εμπορικών συνδέσεων και ο όγκος του νερού που συνδέεται με το παγκόσμιο εμπόριο τροφίμων έχει υπερδιπλασιαστεί μόνο τις τελευταίες δύο δεκαετίες, με εισαγωγή αυτών των αγαθών κυρίως από τις ανεπτυγμένες χώρες, και ειδικότερα όλες τις χώρες της ΕΕ.



Διάγραμμα 7: Κατανομή παραγωγής και κατανάλωσης καλλιεργειών ανά περιοχές παγκοσμίως. (Kulmer et al., 2020)

Σχετικά με την παγκόσμια παραγωγή καλλιεργειών, η περιοχή Ασίας-Ειρηνικού είναι αυτή τη στιγμή η περιοχή με το υψηλότερο μερίδιο παραγωγής (52%), ενώ ακολουθεί η Βόρεια Αμερική (23%), όπως φαίνεται στο

διάγραμμα 7. Σε επίπεδο χωρών, η παραγωγή καλλιεργειών είναι ακόμη πιο συγκεντρωμένη χωρικά: τέσσερα έθνη, δηλαδή η Κίνα, οι ΗΠΑ, η Ινδία και η Βραζιλία, παράγουν το 60% των γεωργικών καλλιεργειών (σόγια, ρύζι, σιτάρι και καλαμπόκι). Όσον αφορά τα ισοζύγια παραγωγής και κατανάλωσης, η Βόρεια Αμερική και η Λατινική Αμερική είναι καθαροί παραγωγοί, ενώ η Δυτική Ευρώπη, η Μέση Ανατολή και η Κεντρική Ασία είναι καθαροί καταναλωτές. Σε σχέση με το εμπόριο, οι ΗΠΑ, η Βραζιλία, η Κίνα και η Αργεντινή είναι οι μεγάλοι προμηθευτές καλλιεργειών στην παγκόσμια αγορά, εξάγοντας πάνω από το 50% των παραγόμενων καλλιεργειών τους. Αντιθέτως, η Βόρεια Αφρική και η Δυτική Ευρώπη εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις καλλιέργειες που παράγονται εκτός της επικράτειάς τους. Η Ευρώπη ως μεγάλος καθαρός καταναλωτής καλλιεργειών, έχει διαφορετικούς προμηθευτές, όπως από χώρες της Νοτιοανατολικής Ασίας, της Νότιας Αμερικής και της Νότιας Αφρικής.

Επίδραση στην γεωργική παραγωγή

Η μελλοντική γεωργική παραγωγή, εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής θα αυξηθεί στις περιοχές με υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη (π.χ. Βόρεια Αμερική, Ρωσία και Σκανδιναβία) και μεγαλύτερα υψόμετρα (π.χ. στην Αργεντινή, τη Χιλή, τη Μογγολία, την περιοχή των Άλπεων), ενώ θα μειωθεί στη Βραζιλία, την Κεντρική Αφρική και τη Νοτιοανατολική Ευρώπη. Συνολικά, η παραγωγή καλλιεργειών αυξάνεται ελαφρώς κατά 1%. Η πτώση της παραγωγής και επομένως των εξαγωγών τροφίμων, στην Ινδία και τη Βραζιλία, αποτελεί πρόκληση για την παγκόσμια βιομηχανία τροφίμων. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία για περιοχές της Ευρώπης, όπου η Βραζιλία είναι ο κύριος προμηθευτής σόγιας. Ωστόσο, λόγω της αλλαγής του κλίματος, προκύπτουν εξαγωγικές ευκαιρίες σε άλλες χώρες, όπως η Αργεντινή και ο Καναδάς, αντισταθμίζοντας τις αρνητικές εξελίξεις άλλων χωρών.

Επιπλέον, η κατανάλωση μπορεί να αυξηθεί σημαντικά στην Ευρώπη και λιγότερο στη Βόρεια Αμερική, αλλά θα μειωθεί στην Λατινική Αμερική. Η Ευρώπη, επωφελείται από την αύξηση της παραγωγής καλλιεργειών κυρίως στην Αργεντινή, την Κίνα, τη Βόρεια Αμερική και τη Ρωσία. Ωστόσο, αυτή η αύξηση των εισαγωγών αυξάνει το καθαρό εμπορικό έλλειμμα της Ευρώπης και συνεπάγεται υψηλότερες

εξαρτήσεις από το εξωτερικό. Αντιθέτως, οι ΗΠΑ και η Ρωσία είναι σε θέση να αυξήσουν το ήδη θετικό εμπορικό τους ισοζύγιο. Η κατανάλωση καλλιεργειών μειώνεται στις περισσότερες περιοχές, ιδίως στη Μέση Ανατολή και την Κεντρική Ασία. Άρα, η Ευρώπη μπορούμε να πούμε ότι είναι η μόνη περιοχή όπου αυξάνεται η κατανάλωση.

Αναλυτικότερα, σχετικά με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στις καλλιέργειες, τα περισσότερα κράτη μέλη της ΕΕ ωφελούνται, διότι η κατανάλωση καλλιεργειών είναι σε θέση να αυξηθεί, άμεσα, λόγω της ενίσχυσης των εγχώριων παραγωγικών δυνατοτήτων και έμμεσα, μέσω της αύξησης των εισαγωγών από το εξωτερικό. Ωστόσο, οι επιπτώσεις είναι διαφορετικές στη Βόρεια σε σχέση με τη Νότια Ευρώπη. Δεδομένου ότι η παραγωγή καλλιεργειών αυξάνεται σε υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη και μεγαλύτερα υψόμετρα, τα Βόρεια και Βορειοανατολικά κράτη μέλη βιώνουν έντονες αυξήσεις στην κατανάλωση, λόγω της αύξησης της εγχώριας παραγωγής, ενώ τα κράτη μέλη του Νότου παρουσιάζουν αμελητέες, ακόμη και αρνητικές επιπτώσεις. Η κατανάλωση αυξάνεται περισσότερο από 10% σε πολλά κράτη μέλη, ιδίως στη Σουηδία, τη Μεγάλη Βρετανία, τη Λετονία και τη Λιθουανία. Αντιθέτως, η κατανάλωση μειώνεται στην Ελλάδα, την Κροατία, την Ισπανία, την Κύπρο και την Ιταλία. Για τα περισσότερα κράτη μέλη, οι εγχώριες επιπτώσεις είναι ο κυρίαρχος παράγοντας, ωστόσο η Εσθονία, η Φινλανδία, η Ιρλανδία και η Αυστρία επωφελούνται περισσότερο από τις εισαγωγές παρά από τις εγχώριες αυξήσεις παραγωγής. (Kulmer et al., 2020)

Οι πιο άμεσες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην επισιτιστική ασφάλεια είναι οι επιπτώσεις της στην παραγωγή τροφίμων παγκοσμίως. Υπάρχει επιστημονική συναίνεση ότι οι χώρες σε εύκρατες και πολικές περιοχές θα έχουν αυξημένη γεωργική παραγωγή, ενώ οι χώρες σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές είναι πιθανό να υποστούν γεωργικές απώλειες. Στο βόρειο ημισφαίριο, οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις αναμένεται να αυξηθούν περίπου 9% έως το 2080. Σε αυτές τις γεωργικές εκτάσεις περιλαμβάνονται η Ρωσική Ομοσπονδία, η Κεντρική Ασία, η Βόρεια Αμερική και η

Βόρεια Ευρώπη. (Πίνακας 6)

Region	Reference 1961–1990	1990	Relative to reference		
	(1,000 ha)		2020	2050	2080
North America	358,202	102	110	121	141
Eastern Europe	124,935	103	101	96	96
Northern Europe	45,462	101	109	113	116
Southern Europe	38,524	98	94	94	91
Western Europe	63,267	100	98	98	97
Russian Federation	243,898	105	124	148	164
Central America & Caribbean	51,505	99	105	109	99
South America	653,060	102	104	105	102
Oceania & Polynesia	115,310	102	102	102	88
Eastern Africa	316,282	99	98	100	96
Middle Africa	254,500	102	104	106	102
Northern Africa	11,782	106	97	62	25
Southern Africa	31,316	88	55	48	54
Western Africa	178,095	99	101	100	96
Western Asia	23,561	105	112	94	101
South-East Asia	97,831	100	98	103	104
South Asia	189,132	101	101	99	97
East Asia & Japan	149,694	102	99	108	110
Central Asia	12,908	111	117	147	153
Developed	993,529	102	110	119	128
Developing	1,965,735	101	101	103	100
World	2,959,264	101	104	108	109

Πίνακας 6: Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής σε εκτάσεις δημητριακών ανά περιοχές παγκοσμίως. (Devereux & Edwards, 2004)

Ένα σχετικό όφελος από την υπερθέρμανση του πλανήτη είναι ότι οι αποδόσεις των καλλιεργειών θα βελτιωθούν μέσω της «λίπανσης CO₂» (βελτιωμένη φωτοσύνθεση λόγω του εμπλουτισμού CO₂ στην ατμόσφαιρα). Το μειονέκτημα όμως από την υπερθέρμανση του πλανήτη είναι η πιθανή μείωση των βροχοπτώσεων και η συντόμευση των καλλιεργητικών περιόδων στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές, σε διάστημα μικρότερο των τεσσάρων μηνών που είναι απαραίτητοι για τις περισσότερες καλλιέργειες δημητριακών. (Devereux & Edwards, 2004)

4. Στρατηγικές προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή και μετριασμού των επιδράσεων στην παραγωγή τροφής.

4.1 Ευαισθησία των τροφίμων στο κλίμα

Η παραγωγή τροφίμων είναι εξαιρετικά ευαίσθητη στον καιρό, και ειδικά στον διαταραγμένο και ακραίο καιρό εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής. Απαιτούνται επομένως στρατηγικές αντιμετώπισης των επιδράσεων του μεταβαλλόμενου κλίματος σε όλους τους τομείς της παραγωγής τροφίμων, όπως της ποιότητας των αποδόσεων των καλλιεργειών, των απαιτήσεων σε νερό άρδευσης, των τεχνολογικών αλλαγών στη γεωργία και στην κτηνοτροφία, της απώλειας των αροτραίων εδαφών από τη διάβρωση, των αναγκών στην παραγωγή ψαριών και κάθε είδους αναδυόμενων κινδύνων με επιπτώσεις στην επισιτιστική ασφάλεια και την ποιότητα διατροφής.

Η διαταραχή των βροχοπτώσεων, οι ξαφνικές αλλαγές της θερμοκρασίας και γενικά οι ακραίες καιρικές συνθήκες, έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στις αποδόσεις των γεωργικών και κτηνοτροφικών δραστηριοτήτων. Οι σύγχρονες τεχνολογίες μπορούν να μετριάσουν εν μέρει αυτές τις δυσμενείς επιπτώσεις στις αποδόσεις, οι πρόσφατες ξηρασίες όμως, είχαν ισχυρό αντίκτυπο στην παγκόσμια παραγωγή δημητριακών και τη μεγάλη ενδεχόμενη ευπάθειά τους. Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης ενισχύουν τις αναλύσεις του κλίματος, και σε συνδυασμό με την τεχνητή νοημοσύνη, μπορούν να παρέχουν βελτιωμένα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης για την προσέγγιση των χαρακτηριστικών του καιρού, συμπεριλαμβανομένων των ακραίων γεγονότων.

Μελέτες έχουν δείξει ότι αν δεν υπήρχε η κλιματική αλλαγή και οι επιπτώσεις της, η αύξηση της παραγωγής καλαμποκιού και σίτου από το 1980 θα ήταν 5% υψηλότερη. Η υπερθέρμανση του πλανήτη που προκαλείται από τα υψηλά επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα, θα ευνοούσε την αύξηση της παραγωγής ρυζιού, σόγιας, σιταριού και άλλων καλλιεργειών, εάν οι υπόλοιποι παράγοντες της αλλαγής του κλίματος παρέμεναν αμετάβλητοι. Ωστόσο, η κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει σημαντικά τη διάρκεια και την ποιότητα της καλλιεργητικής περιόδου, και οι ζημιές στις καλλιέργειες θα αυξηθούν δραματικά λόγω ξηρασίας, πλημμυρών και δασικών πυρκαγιών που θα είναι φαινόμενα έντονα, εμφανιζόμενα όλο και συχνότερα.

Η διεθνής πολιτική παίζει καθοριστικό ρόλο στην αποκατάσταση των μέσων διαβίωσης των αγροτικών και φτωχών χωρών και της ανόδου των τιμών των τροφίμων από τις μειώσεις των παγκόσμιων αποδόσεων. Η παραγωγή τροφίμων αποτελεί ουσιαστικό παράγοντα στις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και πηγή περιβαλλοντικής υποβάθμισης, που μπορεί να μεγεθύνει και να επιταχύνει την κλιματική αλλαγή. Η γεωργία συμβάλλει περίπου στο 15% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, όσο και οι μεταφορές, με τις πιο απαισιόδοξες προβλέψεις να κάνουν λόγο ότι η συνολική συμβολή της παραγωγής τροφίμων στις ατμοσφαιρικές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου μπορεί να φθάσει και το 30%. Επομένως, για να περιοριστούν αποτελεσματικά οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις, απαιτείται η παραγωγή τροφίμων πιο ανθεκτικών στο κλίμα και η επίτευξη σημαντικά χαμηλότερων αποτυπωμάτων άνθρακα. (Gomez-Zavaglia et al., 2020)

4.2 Τρόποι αντιμετώπισης

Οι προκλήσεις της κλιματικής αλλαγής για τη μελλοντική επισιτιστική ασφάλεια φαίνονται τεράστιες. Υπάρχουν δύο πιθανοί τρόποι αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής, η προσαρμογή και ο μετριασμός. (Hanjra & Qureshi, 2010)

4.2.1 Προσαρμογή

Για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, υιοθετούνται νέες στρατηγικές για τις καλλιέργειες και τα ζώα, με σκοπό την αύξηση της ανθεκτικότητας και τη μείωση της ευπάθειάς τους στην αλλαγή του κλίματος. Πιο συγκεκριμένα, απαιτούνται η κατάλληλη διαχείριση ώστε οι καλλιέργειες να είναι λιγότερο ευάλωτες στην ξηρασία και στις μεταβολές της θερμοκρασίας, η ρύθμιση της άρδευσης, η επιλογή κατάλληλων ανθεκτικών ποικιλιών, και η χρήση της τεχνολογίας των μεμβρανών ανόργανων

σωματιδίων, ώστε να υπάρχει προστασία από τα παράσιτα των εντόμων, τις ασθένειες, και την επιβλαβή υπεριώδη και υπέρυθη ακτινοβολία. (Gomez-Zavaglia et al., 2020)

Συστήματα διαχείρισης και χρήσης γης

Οι αυξήσεις της γεωργικής απόδοσης κατά τον τελευταίο αιώνα στα ανεπτυγμένα έθνη έγιναν εις βάρος του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων, με σημαντικές ζημιές στα τοπικά οικοσυστήματα, που οφείλονται στην αυξημένη αποψίλωση των δασών και στην αλλαγή των πρακτικών χρήσης του νερού.

Η προσαρμογή των πρακτικών διαχείρισης της γης, των καλλιεργειών και της κτηνοτροφίας στην κλιματική αλλαγή, περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης των θρεπτικών συστατικών του εδάφους, της έντασης οργώματος, της επιλογής και της εναλλαγής των καλλιεργειών, της διαχείρισης των υδάτων, των επιλογών των ζώων και των αποτελεσμάτων αναπαραγωγής και της γεωργικής διαφοροποίησης. (Anderson et al., 2020)

Η διαθεσιμότητα νερού αποτελεί σημαντική ανησυχία σε ημι-άνυδρες και άνυδρες περιοχές, καθώς αυξάνεται η μεταβλητότητα των βροχοπτώσεων και οι πρακτικές συλλογής, αποθήκευσης και χρησιμοποίησης του νερού έχουν την ευκαιρία να μειώσουν ορισμένους από τους κινδύνους που σχετίζονται με παρατεταμένες περιόδους μικρών βροχοπτώσεων. Η διαχείριση του νερού μπορεί να γίνει εγκαθιστώντας αποτελεσματικότερα συστήματα άρδευσης ή αυξάνοντας την αποτελεσματικότητα των υφιστάμενων, η αποθήκευση του νερού σε λίμνες και δεξαμενές, ο εξορθολογισμός της χρήσης του νερού για να αποφευχθεί η σπατάλη, και η διευκόλυνση της πρόσβασης των ζώων στο νερό. (Anderson et al., 2020 ; Gomez-Zavaglia et al., 2020)

4.2.1.1 Μοντέλα που προτείνονται σε διάφορες χώρες

Στις βροχερές καλλιέργειες η αύξηση των βροχοπτώσεων έχει θετική επίδραση στις αποδόσεις των καλλιεργειών. Ομοίως, η αρδευόμενη γη παρουσιάζει σημαντικά αυξημένη ευρωστία, και πιο αποτελεσματική μείωση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Σε διάφορες περιοχές της Κίνας ερευνήθηκαν οι επιπτώσεις της πίεσης του νερού στην παραγωγή καλλιεργειών κατά την περίοδο 1996-2015, και προτάθηκε η χρήση του αποτυπώματος νερού για την αξιολόγηση της καταλληλότητας και της ποσότητας της άρδευσης, προκειμένου να εφαρμοστούν πολιτικές διαχείρισης των υδάτων, και ανάπτυξης πιο αποτελεσματικών ποικιλιών καλλιεργειών παγκοσμίως. Αυτός θα ήταν ο καλύτερος τρόπος για να επιτευχθεί μια βιώσιμη προσαρμογή των καλλιεργειών στις περιβαλλοντικές αλλαγές. (Gomez-Zavaglia et al., 2020)

Με τη χρήση του Earth System Model (ESM), ενός προσαρμοσμένου μοντέλου συστήματος Γης, γίνεται διερεύνηση των περιορισμών που επιβάλλουν στο μέλλον το κλίμα και η διαθεσιμότητα νερού για την πιθανή επέκταση και παραγωγικότητα των καλλιεργήσιμων εκτάσεων. Το μοντέλο μεγιστοποιεί την έκταση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων υπό τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες και αποτελεί μια βελτιστοποιημένη πρακτική βιώσιμης άρδευσης, επιτρέποντας έτσι να εξετάσουμε την αμφίδρομη ανατροφοδότηση μεταξύ του κλίματος και της γεωργίας. Η συνολική έκταση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων θα μπορούσε να επεκταθεί σημαντικά καθ' όλη τη διάρκεια του 21ου αιώνα, ειδικά στη Νότια Αμερική και την υποσαχάρια Αφρική,

όπου η αυξανόμενη ζήτηση νερού που προκύπτει από τις αυξανόμενες θερμοκρασίες μπορεί να καλυφθεί σε μεγάλο βαθμό με την αύξηση των ποσοστών βροχόπτωσης και άρδευσης.

Όταν λαμβάνεται υπόψη η επίδραση της γονιμοποίησης CO₂, μόνο λίγες γεωργικές περιοχές πρέπει να εγκαταλειφθούν, ενώ οι αυξανόμενες θερμοκρασίες επιτρέπουν την επέκταση καλλιεργήσιμων εκτάσεων ακόμη και σε υψηλά βόρεια γεωγραφικά πλάτη. Χωρίς την επίδραση της γονιμοποίησης του CO₂, δεν υπάρχει αύξηση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων κατά το δεύτερο μισό του αιώνα, αλλά οι απώλειες σε περιοχές με αυξανόμενη πίεση στο νερό μπορούν να αντισταθμιστούν από μια επέκταση σε περιοχές, που προηγουμένως ήταν πολύ κρύες. Ωστόσο, οι παγκόσμιες αποδόσεις είναι πιο ευαίσθητες και, χωρίς τα οφέλη της γονιμοποίησης CO₂, ενδέχεται να μειωθούν όταν οι συγκεντρώσεις αερίων θερμοκηπίου υπερβούν κάποια σενάρια. Για ορισμένες περιοχές, η κατάσταση είναι ακόμη πιο ανησυχητική και απειλεί την επισιτιστική ασφάλεια σε ξηρές περιοχές στη Βόρεια Αφρική, τη Μέση Ανατολή και τη Νότια Ασία. (De Vrese, 2017)

4.2.1.2 Στρατηγικές προσαρμογής για την Κτηνοτροφία

Όσον αφορά το ζωικό κεφάλαιο, η αντιμετώπιση μπορεί να είναι η επιλογή καλύτερων ζωικών φυλών, η βελτίωση της διατροφής και η χρήση συστημάτων ψύξης και εξαερισμού κατά τις περιόδους ανόδου της θερμοκρασίας, η βελτίωση της διαχείρισης των αποθεμάτων ζωοτροφών, και η χρησιμοποίηση περιστροφικής βόσκησης που θα μικρύνει τη ζημιά στην περιοχή και τον βοσκότοπο.

Η θερμική πίεση προκαλεί τεράστιες οικονομικές απώλειες τόσο στις καλλιέργειες όσο και στις ζωοτροφές. Για την αντιμετώπιση των επιπτώσεών της απαιτείται η διατήρηση της παραγωγικότητας των ζώων σε ζεστά περιβάλλοντα μέσω της φυσικής τροποποίησης του περιβάλλοντος, των διατροφικών μέτρων και της ανάπτυξης των φυλών που είναι πιο ανθεκτικές στο θερμικό στρες. Αυτές οι στρατηγικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεμονωμένα ή σε συνδυασμό για καλύτερα αποτελέσματα. (Gomez-Zavaglia et al., 2020)

Λύσεις προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή για την κτηνοτροφία

- Καλύτερη διαχείριση νερού (π.χ. γεωτρήσεις)
- Ανάπτυξη φυλών που αντέχουν σε ξηρασία, ζέστη και σκληρά περιβάλλοντα
- Μετατοπίσεις σε είδη, φυλές και σε συστήματα παραγωγής (π.χ. μικρά μηρυκαστικά, πουλερικά)
- Έλεγχος ασθενειών και υγείας των ζώων
- Ψύξη (συστήματα εσωτερικού χώρου) ή παροχή σκιάς (π.χ. δέντρα)

(FAO, 2016)

4.2.1.3 Στρατηγικές προσαρμογής για τη Γεωργία

Οι περισσότερες επιλογές προσαρμογής, είναι τροποποιήσεις στις συνεχιζόμενες αγροτικές πρακτικές και διαδικασίες λήψης αποφάσεων δημόσιας πολιτικής σε σχέση με μια σειρά μεταβαλλόμενων κλιματικών και μη κλιματικών συνθηκών. Οι πρακτικές προσαρμογής ενδέχεται τελικά να ενισχύσουν την ανθεκτικότητα ή και να μειώσουν την ευπάθεια σε παρατηρούμενες ή αναμενόμενες αλλαγές στο κλίμα. Η εφαρμογή μέτρων προσαρμογής μπορεί να περιλαμβάνει τη φύτευση διαφορετικών καλλιεργειών, την αλλαγή του χρονισμού της φύτευσης των καλλιεργειών, τη λήψη εσόδων εκτός εκμετάλλευσης και την επένδυση σε φυσικές υποδομές για την προστασία από συγκεκριμένους κλιματικούς κινδύνους, όπως μέτρα καταπολέμησης των πλημμυρών, ή νέες δεξαμενές και άλλες δυνατότητες άρδευσης. (Kulshreshtha & Wheaton, 2013)

Μελέτες οδήγησαν σε επιλογές προσαρμογής, που περιλαμβάνουν βελτιωμένες ποικιλίες, τροποποίηση του χρονοδιαγράμματος των καλλιεργειών, αποτελεσματικότερο έλεγχο των φυσικών καταστροφών, προσαρμογή των πρακτικών διαχείρισης των υδάτων και του εδάφους και ορθότερη χρήση λιπασμάτων και άρδευσης. (Wu et al., 2014)

Η μείωση της ευπάθειας στην κλιματική μεταβλητότητα είναι ένα σημαντικό βήμα προς την αντιμετώπιση της προσαρμογής στις μελλοντικές κλιματικές αλλαγές. Οι μελέτες σχετικά με τον αντίκτυπο της κλιματικής αλλαγής είναι τώρα λιγότερο διφορούμενες και αντιμετωπίζουν στατιστικά την αβεβαιότητα, παρέχοντας χρήσιμα αποτελέσματα, για πιθανές στρατηγικές προσαρμογής. Μετρήσιμα αποδεικτικά στοιχεία για τα οφέλη, είναι διαθέσιμα για ορισμένες ελεγχόμενες μελέτες προσαρμογών της ποικιλίας (cultivar adjustment), προσαρμογές στις ημερομηνίες φύτευσης και για μερικές άλλες στρατηγικές προσαρμογής (βελτιστοποίηση άρδευσης και λιπασμάτων). Ο Πίνακας 7 δείχνει τα οφέλη ορισμένων στρατηγικών προσαρμογής (αυτά τα οφέλη ποικίλλουν μεταξύ των αγροκλιματικών περιοχών, καθώς και των καλλιεργειών και των ποικιλιών των καλλιεργειών).

Crop management option	Benefit from adaptation (%)*
Cultivar adjustment (56 data points across crops and regions)	23
Planting date adjustment (19 data points across crops and regions)	3
Planting date adjustment and cultivar adjustment (152 data points across crops and regions)	17
Irrigation Optimisation (17 data points across crops and regions)	3.2
Fertilizer Optimisation (10 data points across crops and regions)	1.0

Note: *The benefit is the difference between the yield obtained with and without adaptation in the presence of climate change.

Πίνακας 7: Οφέλη στην απόδοση των καλλιεργειών λόγω των διαφόρων στρατηγικών προσαρμογής (σε ποσοστά%). (Kanitkar, 2014)

Η βελτίωση της ανοχής της καλλιέργειας σε υψηλές θερμοκρασίες είναι η επιλογή προσαρμογής που υποστηρίζεται συνήθως για σχεδόν όλες τις καλλιέργειες, σε όλες

τις περιοχές, καθώς οι υψηλές θερμοκρασίες αναμένεται να έχουν τον πιο δραματικό αντίκτυπο στις αποδόσεις και την ποιότητα των καλλιεργειών. (Kanitkar, 2014)

Στη γεωργία, υπάρχουν μεγάλες δυνατότητες προσαρμογής που συνίστανται κυρίως στην αλλαγή των γεωργικών πρακτικών, με εφαρμογή πιο βιώσιμων μεθόδων, συμπεριλαμβανομένων των αγροοικολογικών στρατηγικών. Οι επιτυχημένες στρατηγικές για αειφόρο ανάπτυξη και ενισχυμένη ανθεκτικότητα στις περιβαλλοντικές αλλαγές βασίζονται στο συνδυασμό διαφορετικών προσεγγίσεων, δηλ. μειωμένης άρσης, μείωσης ποικιλιών και ποικιλομορφίας καλλιεργειών. Η βιώσιμη εντατικοποίηση των γεωργικών συστημάτων προσφέρει επιλογές μετριασμού των αερίων του θερμοκηπίου με καλύτερη διαχείριση της λίπανσης με άζωτο, υψηλότερη αποθήκευση οργανικού άνθρακα στο έδαφος και δέσμευση άνθρακα τόσο σε ετήσια όσο και σε πολυετή συστήματα καλλιεργειών. Ακόμη, είναι σημαντική η βελτιωμένη διαχείριση του νερού, όπως και των υπολειμμάτων καλλιεργειών και παραπροϊόντων της γεωργικής βιομηχανίας. (Mrabet et al., 2020)

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, τα μακροπρόθεσμα μέτρα που πρέπει να ληφθούν για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, περιλαμβάνουν τον εμπλουτισμό των εδαφών με οργανική ύλη. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μετατρέποντας τις συμβατικές καλλιέργειες σε βιολογικές.

Τα περισσότερα παραδείγματα προέρχονται από αναλύσεις και προβλέψεις για τη Βόρεια Αμερική. Στην Ευρώπη επίσης, διάφορες μελέτες εξέτασαν την επίδραση της υπερθέρμανσης του πλανήτη και της κλιματικής αλλαγής στις λειτουργίες του εδάφους. Τα περισσότερα ευρήματα ήταν αποκαλυπτικά: (α) οι επιλογές προσαρμογής αντικατοπτρίζουν τις τοπικές συνθήκες, (β) αναμένονται μειωμένες απειλές διάβρωσης του εδάφους και αυξημένος οργανικός άνθρακας στα καλλιεργούμενα εδάφη, αλλά η συμπίκνωση του εδάφους μπορεί να αυξηθεί σε ορισμένες περιοχές, και (γ) οι περισσότερες επιλογές προσαρμογής αναμένεται να βελτιώσουν τις λειτουργίες του εδάφους, γεγονός που είναι αλληλένδετο με τη βελτίωση της επισιτιστικής ασφάλειας και την προώθηση της αειφόρου γεωργίας αντιμετωπίζοντας κατάλληλα την κλιματική αλλαγή. (Gomez-Zavaglia et al., 2020)

4.2.1.4 Στρατηγικές προσαρμογής για την Αλιεία

Το κύριο εφικτό μέσο για τη μείωση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην αλιεία, αποτελεί η μείωση της υπεραλίευσης. Η αλιεία και η κλιματική αλλαγή είναι αλληλένδετες έννοιες ως προς την παραγωγή ψαριών και πρέπει να αντιμετωπιστούν από κοινού. Η απώλεια της βιοποικιλότητας και η μείωση της δημογραφικής και γεωγραφικής δομής λόγω της αλιείας, έχουν ως αποτέλεσμα τα αποθέματα των ψαριών και των θαλάσσιων οικοσυστημάτων να έχουν μεγαλύτερη ευαισθησία στην αλλαγή του κλίματος. Αντίθετα, η κλιματική αλλαγή μπορεί να μειώσει (ή σε ορισμένες περιπτώσεις να ενισχύσει) την παραγωγικότητα των αποθεμάτων μέσω επιπτώσεων στην καθαρή πρωτογενή παραγωγή (NPP: Net Primary Production), την αναπαραγωγική παραγωγή, την ανάπτυξη και την επιβίωση. Συνεπώς, τα βιώσιμα επίπεδα αλιείας πρέπει να προσαρμοστούν, ώστε να ληφθούν υπόψη αυτές οι κλιματικές αλλαγές στην παραγωγικότητα.

Δεδομένης της πολυπλοκότητας και της περιφερειακής μεταβλητότητας των θαλάσσιων οικοσυστημάτων, είναι δύσκολο να εφαρμοστούν λεπτομερείς στρατηγικές για την προσαρμογή και τη διαχείριση της αλιείας έναντι της κλιματικής αλλαγής. Τα χρήσιμα χαρακτηριστικά διαχείρισης μπορεί να περιλαμβάνουν ευελιξία, προσαρμοστικότητα σε νέες πληροφορίες σχετικά με το θαλάσσιο οικοσύστημα, συνεχή αξιολόγηση των συνεπειών της διαχείρισης σε σχέση με τους στόχους, και διαφάνεια στη χρήση πληροφοριών και στη διακυβέρνηση. Η αλιεία υπόκειται πάντα σε μεγάλη φυσική μεταβλητότητα και οι αλιευτικές κοινότητες σε πολλές περιπτώσεις κατάφεραν να προσαρμοστούν στις αλλαγές αυτές. Οι στόχοι για τη βιώσιμη διαχείριση της αλιείας πρέπει να ενσωματώνουν την αναμενόμενη αλλαγή του κλίματος, επειδή τα ακραία κλιματικά γεγονότα έχουν σημαντικές συνέπειες για την αλιευτική παραγωγή τόσο στα θαλάσσια όσο και στα παράκτια συστήματα. (rpaas.org, 2007)

4.2.2 Μετριασμός

4.2.2.1 Μοντέλα που προτείνονται σε διάφορες χώρες

Για τον μετριασμό ενός προβλήματος, αποτελεί πρόκληση η πρόβλεψη του. Έχουν αναπτυχθεί μοντέλα πρόβλεψης, ορισμένα από τα οποία έχουν οριστεί για να αξιολογήσουν πώς η κλιματική αλλαγή μπορεί να επηρεάσει τα οικολογικά συστήματα και να οδηγήσει σε αναδυόμενους κινδύνους. Επειδή η ακρίβεια στις προβλέψεις εξαρτάται από την ποσότητα των διαθέσιμων δεδομένων και από την ποιότητά τους, η διεθνής συνεργασία είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη έγκυρων μοντέλων. Επιπλέον, καθώς οι κλιματικές αλλαγές είναι όλο και πιο περίπλοκες, η ανάπτυξη προγνωστικών μοντέλων απαιτεί βιώσιμα επιτεύγματα και συνεχή διεθνή συνεργασία.

Η χρήση ισχυρών υπολογιστικών πόρων διευκόλυνε την παρακολούθηση και την εφαρμογή αποτελεσματικότερων λύσεων στα θέματα της αυξημένης ζήτησης άρδευσης, της αλατότητας του εδάφους, της αποστράγγισης των υπόγειων υδάτων, και βοήθησαν στις στρατηγικές μετριασμού, με τη χρήση μοντέλων προσομοίωσης γεωυδρίας, αλατότητας όπως το SaltMod και άλλων. Αυτά τα μοντέλα επέτρεψαν να προβλεφθούν οι επιπτώσεις των κλιματικών συνθηκών στη γεωργία, μειώνοντας έτσι τους κινδύνους πριν από την εμφάνιση ανεπιθύμητων γεγονότων.

Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν η τηλεπισκόπηση και το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS) για τη διεξαγωγή χωρικής και χρονικής μελέτης την περίοδο 1950-2013 στη Σαουδική Αραβία. Συλλέχθηκαν πληροφορίες προσομοίωσης της εξατμοδιαπνοής και εξετάστηκε η ανάγκη επαναπροσαρμογής της γεωργικής άρδευσης σε αμμώδη εδάφη της επαρχίας Ützen της Γερμανίας χρησιμοποιώντας μεθόδους υπολογιστικής μοντελοποίησης. Έτσι, προβλέφθηκαν οι πιθανές ποσότητες νερού άρδευσης που απαιτούνται για την πρόληψη των αποτυχιών καλλιέργειας μέχρι το 2070, υπό τις μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες.

Ομοίως, εξετάστηκαν οι επιπτώσεις της μεταβολής του κλίματος στη χρήση του νερού άρδευσης και αξιολογήθηκαν οι πιθανές προσαρμοστικές επιπτώσεις της αποτελεσματικότερης χρήσης του, υπό τις τρέχουσες και τις μελλοντικές συνθήκες ξηρασίας χρησιμοποιώντας μοντέλα βάσει του βάθους άρδευσης, για την περίοδο 1985-2005 στις δυτικές περιφέρειες των ΗΠΑ. Υπάρχουν καλλιέργειες και εδαφικοί

περιορισμοί που συνδέονται με τους τύπους άρδευσης (π.χ., το ρύζι χρειάζεται επιφανειακή άρδευση, η οποία όμως είναι ακατάλληλη για τις πλαγιές). Χρησιμοποιώντας τα προγνωστικά μοντέλα, βγήκε το συμπέρασμα ότι η μείωση της επιφανειακής άρδευσης στις δυτικές ΗΠΑ κατά τουλάχιστον 40%, θα ήταν ο μόνος τρόπος να διατηρηθεί το βάθος άρδευσης στην κλιματολογική «γραμμή βάσης», η οποία καθορίζει ένα σημείο αναφοράς για τις προβλεπόμενες κλιματικές αλλαγές.

Τα μοντέλα πρόβλεψης για την канаδική επαρχία της Αλμπέρτα, η οποία είναι η δυτική από τις τρεις επαρχίες των κεντρικών канаδικών πεδιάδων, επέτρεψαν να αναπτυχθούν πέντε βασικές στρατηγικές για το μέλλον της βιομηχανίας άρδευσης. Οι στρατηγικές εστιάζουν σε συγκεκριμένες ανάγκες όσον αφορά την παραγωγικότητα, την αποδοτικότητα, την επάρκεια νερού, και την προστασία του περιβάλλοντος.

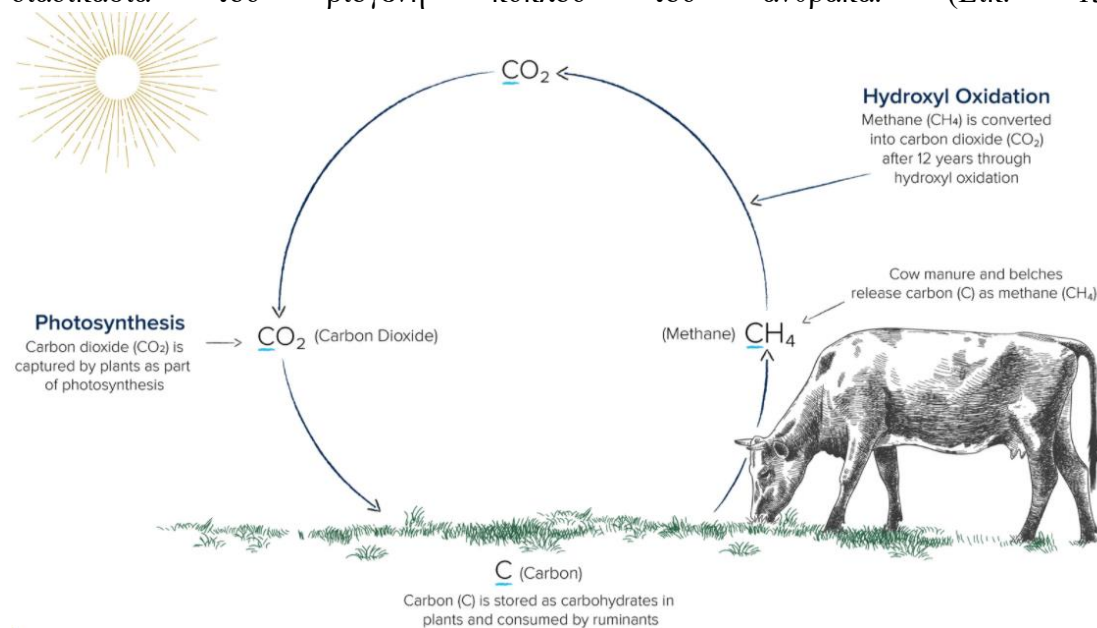
Ερευνητές εφαρμόζουν επίσης, καινοτόμες επιστημονικές προσεγγίσεις για την ανάπτυξη ποικιλιών ρυζιού αυξημένης καλλιεργητικής απόδοσης για τους αγρότες των μικρών επιχειρήσεων.

Το θεματικό δίκτυο δράσης Prohimet (www.prohimet.org), της κεντρικής και νότιας Αμερικής, ασχολείται, μεταξύ των άλλων, με τα προβλήματα που προκαλούν οι πλημμύρες και οι ξηρασίες, εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής. Οι προκαταρκτικές διαγνώσεις κατέληξαν σε συστάσεις για την κατάλληλη εφαρμογή συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης αυτών των ακραίων καιρικών φαινομένων σε ευάλωτες περιοχές, όπως στην Κολομβία και την Ουρουγουάη. (Gomez-Zavaglia et al., 2020)

4.2.2.2 Στρατηγικές μετριασμού για την Κτηνοτροφία

Πρακτικές για τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στον τομέα της κτηνοτροφίας

Το μεθάνιο που παράγεται κατά την εντερική ζύμωση των μηρυκαστικών, και εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα, σταδιακά μετατρέπεται σε διοξείδιο του άνθρακα, με τη διαδικασία του βιογενή κύκλου του άνθρακα. (Εικ. 13)



Εικόνα 13: Βιογενής κύκλος του άνθρακα (Mitloehner, 2020)

Αυτά τα αέρια του θερμοκηπίου, στον τομέα της κτηνοτροφίας μπορούν να μειωθούν κατά 14-41% μέσω της υιοθέτησης εφικτών βελτιώσεων: ποιότητα των ζωοτροφών, υγεία των ζώων, διαχείριση κοπριάς, αποδοτικότητα χρήσης ενέργειας. (FAO, 2016 ; Mitloehner, 2020)

4.2.2.3 Στρατηγικές μετριασμού για τη Γεωργία

α) Αλλαγές στη φύτευση και τη συγκομιδή

Οι τροποποιήσεις των εποχιακών βροχοπτώσεων και η εμφάνιση πιο σοβαρών βροχοπτώσεων (μαζί με τις σχετικές πλημμύρες), προκαλούν καθυστερήσεις τόσο στη φύτευση όσο και στη συγκομιδή. Χάρη στην τεχνολογική εξειδίκευση των ντόπιων, οι αγρότες πάντα κατανοούσαν πολύ καλά τις επιπτώσεις του κλίματος στην καλλιέργεια. Με βάση τις γνωστές επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών στις καλλιέργειες, η μεγαλύτερη τεχνολογική πρόκληση είναι να τις εντοπίσουμε, να τις κατανοήσουμε και να τις αποδεχτούμε, καθορίζοντας τα ακριβή μοντέλα πρόβλεψης για το μέλλον. Ο συνδυασμός αυτόχθονων, τοπικών γνώσεων με τεχνολογική πρόοδο μπορεί να είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής και των επιπτώσεών της. Στην πραγματικότητα, η προώθηση της χρήσης αυτόχθονων γνώσεων για την αντιμετώπιση ζητημάτων που σχετίζονται με το κλίμα και η ενσωμάτωσή τους σε βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα σχέδια προσαρμογής στις αναμενόμενες αλλαγές φαίνεται να είναι μια σοφή στρατηγική προς τη μείωση των αβεβαιοτήτων.

Οι παραπάνω περιγραφόμενες στρατηγικές μπορούν να συμπληρωθούν με άλλες, βασισμένες στην καινοτομία στη φύτευση και τη συγκομιδή. Ορισμένες αμερικανικές και ευρωπαϊκές χώρες έχουν ήδη διαφοροποιήσει τα μέσα διαβίωσης, έχουν συλλέξει βρόχινο νερό ή έχουν χρησιμοποιήσει εναλλακτικούς τρόπους αλιείας, αναπτύσσοντας υβρίδια ανθεκτικά στις αλλαγές, ως μέσο αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής, ειδικά μεταξύ των αγροτών σε διάφορες τροπικές και υποτροπικές περιοχές σε όλο τον κόσμο. Αυτό μπορεί να δημιουργεί νέες ευκαιρίες, αλλά επίσης και να οδηγεί σε περιορισμούς που προκύπτουν από διάφορους παράγοντες όχι μόνο περιβαλλοντικού και τεχνολογικού χαρακτήρα, αλλά και πολιτικούς και παράγοντες της αγοράς. Οι στρατηγικές διαφοροποίησης μπορούν να καθοριστούν σε διαφορετικές βάσεις, όπως:

- Χρησιμοποιώντας πιο επικερδείς καλλιέργειες για την αύξηση του εισοδήματος,
- Επέκταση των παραδοσιακών καλλιεργειών για τη μείωση του χρόνου μεταξύ των συγκομιδών,
- Αύξηση της επισιτιστικής ασφάλειας,
- Μείωση της ευπάθειας και των ανεπιθύμητων επιπτώσεων στις αγορές, τις πολιτικές και το περιβάλλον.

Η επιτυχής αντιμετώπιση των καιρικών και κλιματικών αλλαγών και των επιπτώσεών τους, μπορεί να γίνει, αντλώντας χρήσιμες πληροφορίες από αυτές, που θα μπορούσαν να μετατρέψουν τα ανεπιθύμητα γεγονότα σε ευκαιρίες.

Οι στρατηγικές μετριασμού μπορεί να περιλαμβάνουν τον συνδυασμό τοπικής γνώσης με καινοτόμα εργαλεία γονιδιωματικής και διαφοροποίησης, την επιβολή

περιορισμών για την προώθηση συγκεκριμένων καλλιεργειών, για τη διευκόλυνση της πρόσβασης σε βελτιωμένα λαχανικά και αποτελεσματικότερα γεωργικά συστήματα.

Ενώ η διαφοροποίηση μπορεί να ανταποκριθεί στο πρόβλημα της διαρθρωτικής περιβαλλοντικής υποβάθμισης που σχετίζεται με την κατάχρηση μονοκαλλιεργειών, οι αποφάσεις εξαρτώνται τελικά από την ηλικία και το εκπαιδευτικό επίπεδο των αγροτών, το μέγεθος του αγροκτήματος και των μικρών οικογενειακών επιχειρήσεων, με την υποστήριξη από ολοκληρωμένες μακροπρόθεσμες μελέτες που διεξάγονται από διεπιστημονικούς επαγγελματίες.

β) Στρατηγικές μετριασμού των επιπτώσεων στο έδαφος

Τα υπάρχοντα καλλιεργούμενα εδάφη, με τα παγκόσμια αποθέματα οργανικής ύλης που περιλαμβάνουν, θα πρέπει να προστατεύονται ώστε να ελαχιστοποιείται η περαιτέρω υποβάθμισή τους και να αποκαθίσταται η παραγωγικότητα. Επιπλέον, θα ήταν πολύ σημαντικό να μειωθούν οι ποσότητες λιπασμάτων αζώτου και φωσφόρου, χρησιμοποιώντας εναλλακτικά διαλύματα σε περιοχές με έλλειψη θρεπτικών συστατικών.

Στον μετριασμό των επιπτώσεων, είναι σημαντικό να ενισχυθεί η ανθεκτικότητα των καλλιεργειών. Η γεωργία διατήρησης της ποιότητας των εδαφών, και η διαφοροποιημένη εναλλαγή των καλλιεργειών μπορούν να συμβάλουν στη διατήρηση της ασφάλειας των τροφίμων, στην αποκατάσταση της υγείας του εδάφους και μακροπρόθεσμα να ελαχιστοποιήσουν τις πιθανές επιπτώσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Αυτά τα οφέλη βασίζονται στο αυξημένο παγκόσμιο δυναμικό απομόνωσης του CO₂ των εδαφών, που περιέχουν μεγάλες ποσότητες οργανικού άνθρακα. Η απομόνωση άνθρακα φαίνεται να είναι μια αποτελεσματική στρατηγική για την ενίσχυση της γεωργικής παραγωγής και για τον καθαρισμό επιφανειακών και υπόγειων υδάτων.

Κατά τη διάρκεια της παρακολούθησης και της πρόβλεψης των αλλαγών που αναμένεται να επιφέρει η υπερθέρμανση του πλανήτη στα επόμενα 50 χρόνια, πρέπει να εφαρμοστούν πολιτικές που στοχεύουν στην υποστήριξη της ανάπτυξης συστημάτων πληροφοριών για το έδαφος. Για να γίνει αυτό θα χρειαστούν επενδύσεις στην έρευνα και ανάπτυξη, για την εφαρμογή και διάδοση τεχνολογιών και πρακτικών για τη βιώσιμη διαχείριση των καλλιεργούμενων εδαφών και για την ευαισθητοποίηση του κόσμου για το πρόβλημα μέσω της εκπαίδευσης, ενσωματώνοντας, για παράδειγμα, το ζήτημα στη μελέτη γεωλογίας, γεωγραφίας, βιολογίας και οικονομικών προγραμμάτων. Χρήσιμη επίσης μπορεί να είναι η έκδοση κατάλληλων κανονισμών και κινήτρων για ορθές διαχειριστικές πρακτικές για τα καλλιεργούμενα εδάφη και τιμωρία επιβλαβών πρακτικών για την αποτροπή εφαρμογής τους από τους αγρότες. Έτσι, η καθιέρωση έκδοσης πιστοποιήσεων για βιώσιμες γεωργικές πρακτικές μπορούν να παρέχουν στους καταναλωτές πιο ελκυστικά προϊόντα.

γ) Στρατηγικές μετριασμού για την αντιμετώπιση παρασίτων και ασθενειών

Καθώς οι μέσες θερμοκρασίες αυξάνονται το χειμώνα, τα παράσιτα των καλλιεργειών (έντομα ή μύκητες) μπορούν να επιβιώσουν ή ακόμη και να αναπαραχθούν με μεγαλύτερη συχνότητα ετησίως. Τα παράσιτα από χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη μπορούν να μεταναστεύσουν σε υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη και

νέα παράσιτα εισβάλλουν σε άλλες περιοχές, καθώς οι συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας αλλάζουν.

Ο FAO συγκάλεσε μια επιτροπή για να εξετάσει τις σχέσεις της κλιματικής αλλαγής με την υπερθέρμανση του πλανήτη και τους κινδύνους που προκαλούν τα παράσιτα και οι ασθένειες στα φυτά και τα ζώα και τις πιθανές επιπτώσεις τους στην ανθρώπινη υγεία και την επισιτιστική ασφάλεια. Τα μέλη της αξιολόγησαν τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής στις ασθένειες των ψαριών και στη συμπεριφορά των διεισδυτικών υδρόβιων ειδών, καθώς και τις αντίστοιχες παρενέργειες στην υδατοκαλλιέργεια και την αλιεία.

Το πιο εμφανές συμπέρασμα ήταν η παρουσία ειδικών κινδύνων όσον αφορά τον αντίκτυπο ασθενειών και παρασίτων που οφείλονται άμεσα στην κλιματική αλλαγή. Αυτό οδήγησε στην ανάγκη υιοθέτησης προληπτικών μέτρων για τη διευκόλυνση της προσαρμογής στην πρόκληση της κλιματικής αλλαγής, καθώς και μέτρων παρακολούθησης και ελέγχου, μαζί με την κλιματική διαχείριση επιβλαβών παρασίτων (Climate-smart pest management), που είναι μια διεπιστημονική προσέγγιση που στοχεύει στην αύξηση της ανθεκτικότητας των αγροκτημάτων και των τοπίων στις μεταβαλλόμενες απειλές των παρασίτων, στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και στη συμβολή στην ασφάλεια των τροφίμων.

Οι αλλαγές θερμοκρασίας και υγρασίας μπορούν να αλλάξουν τη γεωγραφική κατανομή των φυτών, των μυκήτων και των εντόμων, και ως εκ τούτου την αλληλεπίδραση μεταξύ παρασίτων και καλλιεργειών. Επιπλέον, οι παγκόσμιες αλλαγές στη βλάστηση λόγω της αποψίλωσης και της ερημοποίησης μπορούν να αυξήσουν την ευπάθεια στα παράσιτα και τις ασθένειες. Παρατηρείται ακόμη αυξανόμενη αλλαγή στη γεωγραφική κατανομή σε ορισμένα αρθρόποδα (κουνούπια, μύγες, κρότωνες και ψύλλους), λόγω των μεταβαλλόμενων θερμοκρασιών και υγρασίας, τα οποία είναι φορείς ιών και βακτηρίων με επιπτώσεις στην υγεία των καλλιεργειών και των ανθρώπων. Ως αποτέλεσμα, ενδέχεται να επηρεαστούν νέα άτομα χωρίς φυσική ανοσία (περιλαμβάνονται φυτά, ζώα και άνθρωποι) και περαιτέρω πρόβλημα δημόσιας υγείας ή απειλή στην αποτελεσματικότητα της παραγωγής τροφίμων.

Οι κλιματικές αλλαγές οδήγησαν επίσης ορισμένα είδη να επεκταθούν βόρεια στη Βόρεια Αμερική, την Ασία και την Ευρώπη. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο στην υδατοκαλλιέργεια και την αλιεία. Επομένως, η υπερθέρμανση του πλανήτη μπορεί να αλλάξει το φυτοπλαγκτόν, το ζωοπλαγκτόν, τα φύκη και τα μικροφύκη και να προκαλέσει δραστικές αλλαγές στη γεωγραφική κατανομή των ειδών. Αυτή η αλλαγή στη γεωγραφική κατανομή θα αναγκάσει ορισμένα αυτόχθονα είδη να εισβάλλουν απειλητικά σε γεωγραφικά πλάτη που είναι ευνοϊκότερα από κλιματολογική άποψη. Το πρόβλημα επιδεινώνεται από την ανάγκη καταπολέμησης των παρασίτων με ολοένα και αυξανόμενες ποσότητες ξενοβιοτικών, πολλαπλασιάζοντας έτσι τις ποσότητες υπολειμμάτων φυτοφαρμάκων και κτηνιατρικών φαρμάκων που διεισδύουν στην τροφική αλυσίδα σε απaráδεκτα επίπεδα.

Ο FAO συνιστά τη χρήση στρατηγικών που βασίζονται σε ενέργειες που πρέπει να αναληφθούν σε παγκόσμια και περιφερειακή κλίμακα, επενδύοντας ουσιαστικά στη βελτίωση των υφιστάμενων συστημάτων έγκαιρης ανίχνευσης και ελέγχου. Αυτό θα

απαιτήσει την ανάπτυξη νέων γεωργικών πρακτικών, την εισαγωγή άλλων καλλιεργειών και ποικιλιών ζώων και την εφαρμογή των αρχών της ολοκληρωμένης διαχείρισης επιβλαβών οργανισμών για να περιοριστεί η εξάπλωσή τους. Επίσης, είναι απαραίτητο να εξεταστεί η χρήση βιολογικών παραγόντων για την καταπολέμηση παρασίτων ή η ανάπτυξη καλλιεργειών και ποικιλιών ζώων ανθεκτικών σε παράσιτα και ασθένειες.

Η ευρεία υιοθέτηση μέτρων μεγάλης κλίμακας για ανθεκτικές σε έντομα καλλιέργειες, έχει περιοριστεί μέχρι στιγμής από περιορισμένες προσπάθειες στην παραγωγή και διανομή ανθεκτικών σπόρων. Η αντιμετώπιση των φυσικών εχθρών μιας συγκεκριμένης καλλιέργειας, μπορεί να γίνει με τη χρήση φυσικών αιθέριων ελαίων και βιοκτόνων, είτε μόνα τους ή σε συνδυασμό με παραδοσιακά ή συνθετικά φυτοφάρμακα. Ωστόσο, η σχετική αποτελεσματικότητα ορισμένων στρατηγικών διαχείρισης επιβλαβών οργανισμών (ιδίως εκείνων που βασίζονται σε βιο-φυτοφάρμακα ή φυσικά φυτικά προϊόντα) μπορεί να μειωθεί σημαντικά από ένα καυτό κλίμα. Αυτό θα απαιτούσε μεγαλύτερες προσπάθειες για την ανάπτυξη ολοκληρωμένων πακέτων διαχείρισης επιβλαβών οργανισμών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιτυχώς υπό τις συνθήκες που προβλέπονται για το μέλλον.

Το 2016, η συνολική παγκόσμια έκταση που καλλιεργήθηκε με γενετικά τροποποιημένες καλλιέργειες έφτασε τα 185 εκατομμύρια εκτάρια, αν και υπάρχει παγκόσμια διαμάχη σχετικά με την ασφάλεια αυτών των καλλιεργειών στο περιβάλλον και τα θηλαστικά.

Είναι επιτακτική ανάγκη οι κυβερνήσεις να προβούν σε αλλαγές στις πολιτικές και τα προγράμματα προσαρμογής στις κλιματικές εντάσεις, με ιδιαίτερη έμφαση στους μικρομεσαίους και μικρούς αγρότες, ώστε να μπορούν να αντιμετωπίσουν τις υπάρχουσες επιπτώσεις. Μία ελπιδοφόρος πρωτοβουλία σε αυτό το πλαίσιο, ήταν το πρόγραμμα «Συμμαχικά έντομα», το οποίο χρησιμοποίησε έντομα που περιέχουν ορισμένους ιούς ως φορείς για να βοηθήσει τις καλλιέργειες να καταπολεμήσουν απειλές όπως η ξηρασία ή η ρύπανση. Οι μονάδες γονιδίων που βασίζονται σε αυτό το πρόγραμμα, έχουν προταθεί ως τρόπος μείωσης ή εξάλειψης ασθενειών που μεταδίδονται από έντομα, ελέγχου των διεισδυτικών ειδών ή ακόμη και αντιστροφής της αντοχής των παρασίτων στα εντομοκτόνα, αλλά οι ερευνητές ανησυχούν για τις συνέπειες της απελευθέρωσης αυτής της νέας τεχνολογίας. Οι ανησυχίες αυτές που αμφισβήτησαν το πρόγραμμα, δημοσιεύτηκαν το 2018 σε ένα διάσημο περιοδικό, το Science.

4.2.2.4 Στρατηγικές μετριασμού για την Αλιεία

Η κλιματική αλλαγή έχει σημαντικές επιπτώσεις στα γλυκά και θαλάσσια υδρόβια συστήματα και συνεπώς στην αλιεία και την υδατοκαλλιέργεια. Η αλιεία και η υδατοκαλλιέργεια είναι ιδιαίτερα ευάλωτες στις μεταβολές της θερμοκρασίας, τις πλημμύρες, την ξηρασία και την αύξηση της στάθμης των υδάτων. Οι επιπτώσεις τέτοιων γεγονότων επηρεάζουν τον πληθυσμό των ψαριών, την παραγωγή και τον εφοδιασμό, επηρεάζοντας έτσι τη διαβίωση των ατόμων που ασχολούνται με τον πρωτογενή και δευτερογενή τομέα της αλιευτικής βιομηχανίας, καθώς και την επισιτιστική ασφάλεια. Πρέπει επομένως να αναπτυχθούν στρατηγικές και μέτρα πολιτικής για την καταπολέμηση των παρατηρήσιμων και προβλεπόμενων επιπτώσεων

της κλιματικής αλλαγής στην αλιεία και την υδατοκαλλιέργεια, προκειμένου να προστατευθούν τα προς το ζην των αλιευτικών κοινοτήτων και η επισιτιστική ασφάλεια.

Η απάντηση θα εξαρτηθεί κυρίως από τα χαρακτηριστικά της αλιείας και την προσαρμοστική ικανότητα των κοινοτήτων. Ωστόσο, κάθε χώρα χρειάζεται προσαρμοστικές και μετριαστικές στρατηγικές που θα βελτιώσουν τη διαχείριση της αλιείας και της υδατοκαλλιέργειας, θα προστατεύσουν την ακεραιότητα των υδάτινων οικοσυστημάτων, θα ανταποκριθούν στις ευκαιρίες και τις απειλές για την επιβίωση και την ασφάλεια των τροφίμων και θα μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. (Gomez-Zavaglia et al., 2020)

4.3 Παραδείγματα Χωρών

Σουηδία

Μια μελέτη στη Σουηδία εξέτασε τον κατάλληλο σχεδιασμό αποτελεσματικών κλιματικών φόρων στην κατανάλωση τροφίμων, κατασκευάζοντας ένα απλό θεωρητικό μοντέλο και παραθέτοντας τα αποτελέσματα χρησιμοποιώντας παραδείγματα τομάτας και βοείου κρέατος. Τα θεωρητικά αποτελέσματα έδειξαν ότι, για να είναι αποτελεσματικός ο φόρος, οι υφιστάμενοι φόροι επί των αερίων του θερμοκηπίου (GHG) πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον υπολογισμό των κλιματικών επιπτώσεων προκειμένου να αποφευχθεί η διπλή φορολογία, και οι φόροι πρέπει να διαφοροποιούνται μεταξύ των αερίων του θερμοκηπίου [διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), μεθανίου (CH₄) και νιτρώδους οξειδίου (N₂O)], λόγω των διαφορετικών κλιματικών επιπτώσεων. Το 1990, οι επιστήμονες δημιούργησαν το GWP100, ένα σύστημα που προοριζόταν να ρυθμίσει το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη των αερίων του θερμοκηπίου. Το διοξείδιο του άνθρακα έχει βαθμολογία 1, το μεθάνιο 28, το νιτρώδες οξείδιο 265. Δηλαδή, το μεθάνιο είναι 28 φορές πιο ισχυρό από 1 κιλό διοξειδίου του άνθρακα για 100 χρόνια. (Gren et al., 2019 ; Mitloehner, 2020)

Οι υπολογισμοί των κλιματικών φόρων για τις ντομάτες και το βόειο κρέας στη Σουηδία έδειξαν σημαντικές διαφορές στο φορολογικό επίπεδο ανάλογα με το εάν εξετάστηκαν ή όχι οι παραπάνω όροι. Η συνήθως εφαρμοζόμενη προσέγγιση στη βιβλιογραφία σχετικά με τους φόρους για το κλίμα στα τρόφιμα, δηλαδή τη φορολόγηση ισοδυνάμων διοξειδίου του άνθρακα (CO₂e) χρησιμοποιώντας το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη για πάνω από 100 χρόνια (GWP100) και την παραμέληση των υφιστάμενων φόρων για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, οδηγεί σε φόρο που είναι από 1,4 έως 2,8 φορές υψηλότερος από τον αποτελεσματικό φόρο για τις τομάτες και έναν φόρο που είναι από 30% χαμηλότερος έως 20% υψηλότερος από τον αποτελεσματικό φόρο για το βόειο κρέας. Παρά τις σχετικά χαμηλές διαφορές στον κλιματικό φόρο επί του βοείου κρέατος, η εκτιμώμενη μείωση των εκπομπών από το βόειο κρέας κυμαινόταν μεταξύ 23% και 35% ανάλογα με την επιλογή του φόρου. Οι αυξήσεις των τιμών στα τρόφιμα λόγω του κλιματικού φόρου και των σχετικών επιπτώσεων στις εκπομπές μπορούν έτσι να παρουσιάσουν μεγάλη διακύμανση ανάλογα με τη μέθοδο υπολογισμού του φόρου.

Ο αποτελεσματικός σχεδιασμός ενός κλιματικού φόρου στην κατανάλωση τροφίμων, πρέπει να στηρίζεται στην ύπαρξη άλλων κλιματικών φόρων, όπως οι φόροι άνθρακα στα ορυκτά καύσιμα, σε χώρες παραγωγής τροφίμων. Ο υπολογισμός του κλιματικού φόρου χωρίς να ληφθούν υπόψη οι υφιστάμενοι φόροι επί των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου μπορεί να οδηγήσει σε διπλή φορολόγηση μέρους των εκπομπών από μια εταιρεία παραγωγής τροφίμων και ως εκ τούτου σε υπερβολικά υψηλούς φόρους. Τέλος, ο φόρος πρέπει να διαφοροποιηθεί μεταξύ των τριών κύριων αερίων του θερμοκηπίου (CO₂, CH₄, N₂O), λόγω των διαφορών στις οριακές κλιματικές επιπτώσεις. Αποδείχθηκε ότι η συνήθως εφαρμοζόμενη μέθοδος συγχώνευσης των διαφόρων GHGs σε CO₂e χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογία GWP100 δίνει το ίδιο αποτέλεσμα με τους φόρους που διαφοροποιούνται μεταξύ των GHGs μόνο υπό συγκεκριμένες συνθήκες στα επιλεγμένα βάρη. (Gren et al., 2019)

Αυστραλία

Δεδομένου ότι το στάδιο της γεωργικής παραγωγής αντιπροσωπεύει τον μοναδικό μεγαλύτερο συντελεστή στις συνολικές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου του συστήματος τροφίμων και ότι το μεγαλύτερο μέρος των εκπομπών από τη γεωργία οφείλεται στην κτηνοτροφία, μια βασική στρατηγική για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής στην Αυστραλία και σε άλλες χώρες με υψηλό εισόδημα θα επικεντρωθεί στον τομέα της κτηνοτροφίας. Ένα πρόσφατο διεθνές ερευνητικό πρόγραμμα σχετικά με τα οφέλη για την υγεία, που θα προέκυπτε από δράσεις για τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου σε διάφορους τομείς, εντόπισε ότι, σε συνδυασμό με τεχνολογικές βελτιώσεις στις γεωργικές πρακτικές, η μείωση κατά 30% στην παραγωγή και πληθυσμιακή κατανάλωση τροφών ζωικής προέλευσης θα ήταν απαραίτητη για την επίτευξη επιλεγμένων εθνικών στόχων ως προς τις εκπομπές GHG. (Friel, 2010)

Η βασική προτεραιότητα μετριασμού είναι η ανάπτυξη πρακτικών επιλογών για τη μείωση των εκπομπών χωρίς αρνητικές επιπτώσεις στην παραγωγικότητα. Αυτό απαιτεί έρευνα σχετικά με:

- Βελτιωμένη λογιστική για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και τη δέσμευση στα συστήματα ζωικής παραγωγής και ικανότητα ποσοτικοποίησης του μετριασμού.
- Καμπύλες μείωσης κόστους για μια σειρά στρατηγικών μετριασμού, ευθυγραμμισμένων με τα κατάλληλα και τρέχοντα πρωτόκολλα για τη δημιουργία αντισταθμίσεων και την ενημέρωση του γεωργικού τομέα για οικονομικά αποδοτικές επιλογές διαχείρισης.
- Μοντελοποίηση ολόκληρων αγροτικών συστημάτων, για να διασφαλιστεί ότι η διαχείριση των μετριασμών δεν θα οδηγήσει σε απρόβλεπτες αυξήσεις άλλων εκπομπών στο αγρόκτημα ή κατά μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού.
- Κατανόηση της συμβατότητας των προτεινόμενων στρατηγικών μετριασμού με μελλοντικά σενάρια κλίματος και προσαρμογής. Για παράδειγμα, οι αυξανόμενες θερμοκρασίες ενδέχεται να επηρεάσουν τα μέτρα άμβλυνσης της διαχείρισης αποβλήτων και τις δυνατότητες συντονισμού των πειραματισμών επιλογής των ζώων, για ταυτόχρονη μείωση της έντασης των εκπομπών και αυξημένη ανοχή στη θερμότητα.

Επιπλέον, τα κενά γνώσης περιορίζουν την ικανότητα ανάπτυξης πρακτικών στρατηγικών στο αγρόκτημα για τη διαχείριση σημαντικών πηγών εκπομπών για βιομηχανίες ζωικού κεφαλαίου, όπως το εντερικό μεθάνιο και τα εκκρίματα των μηρυκαστικών ζώων. Ορισμένες συγκεκριμένες ερευνητικές προτεραιότητες για την αντιμετώπιση αυτών των κενών στα τρέχοντα ερευνητικά προγράμματα στην Αυστραλία είναι οι εξής:

- In vivo μετρήσεις εντερικού μεθανίου απαιτούνται για να διαπιστωθεί η σχέση μεταξύ αναπαραγωγικών μεθόδων για βελτιωμένη αποδοτικότητα μετατροπής της τροφής και μειωμένων εκπομπών μεθανίου και ποσοτικοποίησης της κληρονομικότητας για χαμηλή μεθανογένεση.
- Στρατηγικές διαχείρισης για τη βελτίωση των ποσοστών σύλληψης και απογαλακτισμού για τη μείωση εκπομπών του εντερικού μεθανίου από εκτεταμένα συστήματα βοσκής.
- Ολοκληρωμένες στρατηγικές διαχείρισης για τη βελτίωση της παραγωγικότητας και τη μείωση της έντασης των εκπομπών μεθανίου σε εκτεταμένα συστήματα βοσκής, όπως βελτιωμένη ποιότητα βοσκοτόπων και συμπλήρωση N και P. (Henry et al., 2012)

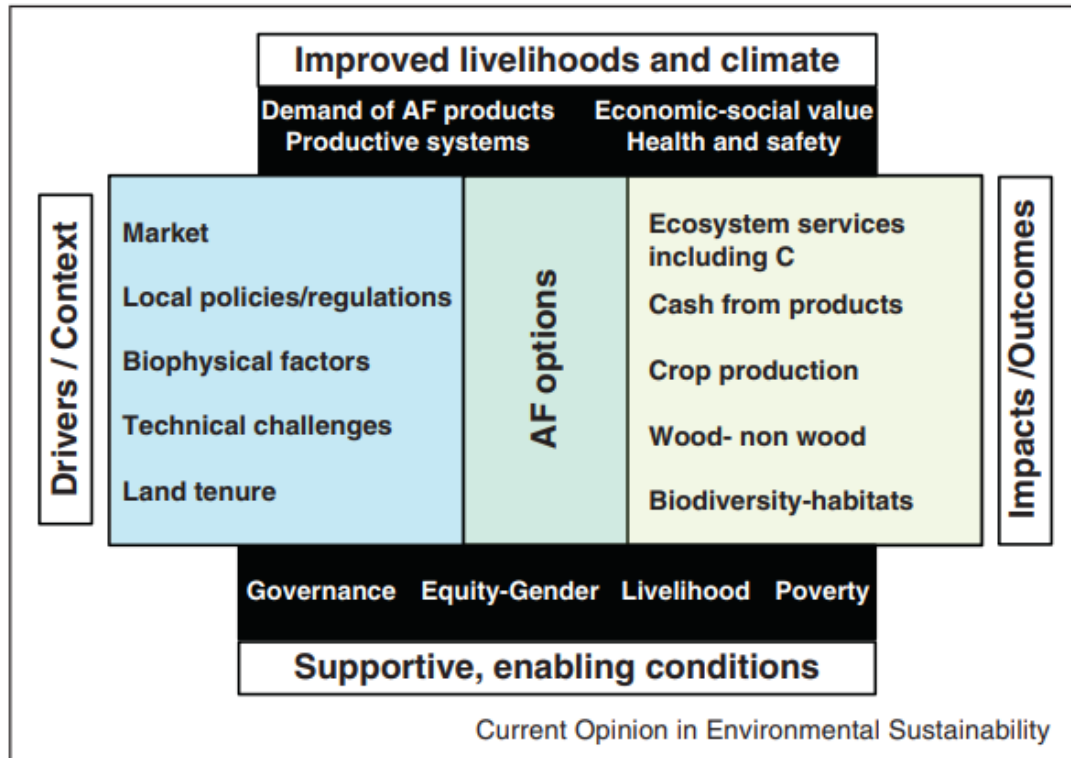
Αφρική

Αγροδοσκομία

Τα δέντρα μέσα και έξω από τα δάση συμβάλλουν στην επισιτιστική ασφάλεια στην Αφρική ενόψει της κλιματικής μεταβλητότητας και της αλλαγής. Παρέχουν επίσης περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη ως μέρος των αγροτικών μέσων. Σε διάφορα μέρη της Αφρικής, ποικίλες οικολογικές και κοινωνικοοικονομικές συνθήκες έχουν δημιουργήσει συγκεκριμένες μορφές αγροδοσκομίας. Η χρήση της αγροδοσκομίας και η ενσωμάτωση της γεωργικής και δασικής ατζέντας σε παγκόσμιες πρωτοβουλίες για την προσαρμογή και τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής μπορούν να αυξήσουν την αποτελεσματικότητά τους.

Τα αγροδασικά συστήματα (agroforestry systems), που περιλαμβάνουν και συνδυασμούς αγροσυσσωματικών συστημάτων (agrosilvopastoral systems), όπου συνυπάρχουν η γεωργία με την κτηνοτροφία, θα μπορούσαν να συμβάλουν στην επισιτιστική ασφάλεια, στον κοινωνικό πλούτο και στην ανακούφιση της κλιματικής αλλαγής.

Η εικόνα 14 προτείνει παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά την επιτυχία της αγροδασοκομίας.



Εικόνα 14: Παράγοντες διαμόρφωσης επιλογών αγροδασοκομίας. (Mbow et al., 2014)

Η υιοθέτηση της αγροδασοκομίας εξαρτάται από πολλούς διαχειριστικούς στόχους, οδηγούς και παράγοντες. Στις περισσότερες περιπτώσεις, τα περιουσιακά στοιχεία που σχετίζονται με τις υπηρεσίες οικοσυστήματος και την επισιτιστική ασφάλεια αποτελούν τους κύριους παράγοντες για την υιοθέτηση της αγροδασοκομίας. Η γεωργική δασοκομία έχει επίσης υποστηρικτικές λειτουργίες, για παράδειγμα, για τη βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους ή την ανακύκλωση νερού, ιδιαίτερα όταν εφαρμόζονται τεχνικές διαχείρισης, όπως η προστασία από την εδαφοκάλυψη ή τη γεωργία συντήρησης. Γι' αυτό, η γεωργική δασοκομία θεωρείται συχνά ένας τρόπος για την εντατικοποίηση βιώσιμων γεωργικών πρακτικών για ενισχυμένη επισιτιστική ασφάλεια χρησιμοποιώντας κοινωνικά και οικονομικά αποδοτικές τεχνικές διαχείρισης.

Πολλές επιλογές αγροδασοκομίας το επιτυγχάνουν μέσω της μείωσης των εξωτερικών γεωργικών εισροών χρησιμοποιώντας τους πόρους του οικοσυστήματος, των υψηλών ποσοστών ανακύκλωσης και της ενσωμάτωσης καλλιεργειών και κτηνοτροφίας. Μπορούν επομένως να είναι μια βιώσιμη επιλογή για τους μικρούς γεωργούς με περιορισμένους πόρους, αλλά όταν οι εκμεταλλεύσεις γης είναι μικρές, οι

αγρότες συχνά δεν επιθυμούν ή δεν μπορούν να διαθέσουν γη για εγκατάσταση γεωργοδασοκομίας (ακόμη και αν αυτό υπόσχεται μακροπρόθεσμα υψηλότερες αποδόσεις). Όπου οι εκμεταλλεύσεις γης είναι επίσης ανασφαλείς, οι αγρότες συχνά διστάζουν να επενδύσουν στη μακροπρόθεσμη προσπάθεια δημιουργίας δέντρων που μπορούν να ωφελήσουν τον επόμενο ιδιοκτήτη της γης τους, παρά τους ίδιους.

Απαιτείται ακόμη πολλή έρευνα για να καθοριστεί πώς και υπό ποιες συνθήκες η αγροδασική ή συναφείς έννοιες, όπως η κλιματική έξυπνη γεωργία, μπορούν να συμβάλουν στην ενίσχυση της επισιτιστικής ασφάλειας και της ανθεκτικότητας των πόρων απέναντι στην κλιματική αλλαγή, ειδικά για τα φτωχότερα τμήματα των αγροτικών πληθυσμών στην Αφρική.

Η γεωργική δασοκομία θεωρείται συχνά οικονομικά αποδοτική στρατηγική για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής. Γεωργικά συστήματα βασισμένα σε δέντρα αποθηκεύουν άνθρακα σε εδάφη και ξυλώδη βιομάζα και ενδέχεται να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τα εδάφη. Το σημαντικό δυναμικό δέσμευσης άνθρακα της αγροδασοκομίας δεν προέρχεται τόσο από την υψηλή πυκνότητα άνθρακα, αλλά από τις μεγάλες περιοχές που είναι ενδεχομένως κατάλληλες για την αγροδασική, συμπεριλαμβανομένων πολλών υποβαθμισμένων περιοχών.

Επίσης, ανάλογα με τον τρόπο δόμησης των αγορών, μέρος ή το σύνολο των επιτευχθέντων μειώσεων εκπομπών αντισταθμίζονται από τα εμπορεύσιμα δικαιώματα εκπομπών σε χώρες με δεσμεύσεις για επίτευξη εθνικής μείωσης εκπομπών.

Όσον αφορά την προσαρμογή της γεωργικής παραγωγής στην κλιματική αλλαγή, η αγροδασική έχει τη δυνατότητα να μετριάσει τις ακραίες κλιματικές συνθήκες, ιδίως τις υψηλές θερμοκρασίες, καθώς και τις ενδοετείς κλιματικές διακυμάνσεις. Οι θόλοι δέντρων μπορούν να δημιουργήσουν ένα καταλληλότερο μικροκλίμα για καλλιέργειες και πιο ανθεκτικά οικοσυστήματα για καλύτερη παραγωγή τροφίμων. Από την άλλη πλευρά, ένας πυκνός θόλος δέντρου μειώνει επίσης την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, μειώνοντας ενδεχομένως τις δυνατότητες απόδοσης των καλλιεργειών. Απαιτείται πρόσθετη έρευνα για καθοδήγηση σχετικά με τη βέλτιστη κάλυψη δέντρων για προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή σε ποικίλους περιβαλλοντικούς τομείς.

Η καθιέρωση αγροδασοκομίας σε γη που σήμερα έχει χαμηλή κάλυψη δέντρων έχει αναγνωριστεί ως μία από τις πιο ελπιδοφόρες στρατηγικές για την αύξηση της παραγωγής τροφίμων χωρίς πρόσθετη αποψίλωση των δασών. Οι συχνά ευνοϊκές επιπτώσεις της αγροδασικής καλλιέργειας στο έδαφος συμπληρώνονται από πρόσθετα άμεσα οφέλη και υπηρεσίες που παρέχουν τα δέντρα στη φάρμα, όπως καύσιμο ξύλων, ξυλεία, φρούτα ή ζωοτροφές. Αυτές οι υπηρεσίες είναι συνήθως πιο σημαντικές για τους αγρότες από τις έμμεσες επιπτώσεις της αυξημένης γονιμότητας του εδάφους ή την αποφυγή αποψίλωσης των δασών.

Μια πρόσφατη έρευνα έδειξε ότι η γεωργική δασοκομία μείωσε την επισιτιστική ανασφάλεια κατά τη διάρκεια της ξηρασίας και των πλημμυρών στη δυτική Κένυα κατά 25% λόγω του αυξημένου εισοδήματος και της βελτιωμένης διαβίωσης. (Mbow et al., 2014)

Αναπτυγμένες Χώρες

Διατροφική προσαρμογή

Εάν η κλιματική αλλαγή οδηγεί σε αλλαγές στη διατροφική σύνθεση της μεμονωμένης διαίτας των ατόμων, τότε οι συνολικές επιπτώσεις θα εξαρτηθούν από την ικανότητα της κοινωνίας να προσαρμοστεί σε αυτές τις αλλαγές. Η τακτική παρακολούθηση της θρεπτικής σύνθεσης των βασικών ειδών διατροφής, όπως δημητριακά και πατάτες, κρέας, φρούτα και λαχανικά δεν πραγματοποιείται στο Ηνωμένο Βασίλειο, αλλά η πρόσληψη τροφής και η διατροφική κατάσταση του πληθυσμού παρακολουθείται μέσω της National Diet and Nutrition Survey (NDNS), η οποία μετρά την πρόσληψη τροφής και θρεπτικών συστατικών και τη διατροφική κατάσταση ενός διαστρωματοποιημένου δείγματος του πληθυσμού του Ηνωμένου Βασιλείου κάθε 10 χρόνια.

Το συνολικό αποτέλεσμα ωστόσο, θα εξαρτηθεί από τις τοπικές πολιτικές αντιδράσεις. Οι πολιτικές απαντήσεις σε υπάρχοντα διατροφικά ζητήματα παρέχουν στοιχεία για την ικανότητα των ανεπτυγμένων χωρών, χρησιμοποιώντας τη μελέτη περίπτωσης του Ηνωμένου Βασιλείου, να προσαρμοστούν στις διατροφικές αλλαγές που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή.

Μία στρατηγική για την αντιμετώπιση των μεταβαλλόμενων θρεπτικών καταστάσεων του πληθυσμού θα ήταν η ενίσχυση της ασφάλειας των τροφίμων στη γεωργία (βιοφθορίωση) ή κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας τροφίμων. Για παράδειγμα, το λευκό αλεύρι εμπλουτίζεται με ποικιλία ανόργανων συστατικών και βιταμινών στο Ηνωμένο Βασίλειο. Εκτός από την βελτίωση της διατροφικής ασφάλειας, οι κυβερνήσεις μπορούν να ενθαρρύνουν τους κατασκευαστές να αλλάξουν τα συστατικά των τροφίμων τους ως απάντηση σε προβλήματα υγείας. Ένα παράδειγμα είναι η πρωτοβουλία για μείωση της περιεκτικότητας σε αλάτι των μεταποιημένων τροφίμων, όπου η πολιτική στο Ηνωμένο Βασίλειο φαίνεται να έχει μειώσει την πρόσληψη αλατιού κατά 10%. Τέτοιες πρωτοβουλίες όμως, μπορεί να αντιμετωπίσουν σημαντική αντίθεση από τη βιομηχανία.

Η κλιματική αλλαγή μπορεί να αλλάξει το status quo και έτσι να καταστήσει την παρακολούθηση της τροφικής αλυσίδας ανεπαρκή. Γι' αυτό, προκύπτει η ανάγκη για αναδυόμενα συστήματα αναγνώρισης κινδύνου που εντοπίζουν τα προβλήματα ασφάλειας των τροφίμων με την πρώτη ευκαιρία. Τέτοιες τεχνικές περιλαμβάνουν σάρωση ορίζοντα, μια μέθοδο που εξετάζει τις μεταδοτικές ασθένειες που εμφανίζονται σε άλλα μέρη του κόσμου ή ασθένειες που εμφανίζονται σε ζώα για την πρόβλεψη μελλοντικών απειλών για τον άνθρωπο. Άλλες επιλογές είναι τα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης, και τα καλύτερα παραδείγματα αυτών είναι για τις μυκοτοξίνες στον αραβόσιτο. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν μοντέλα υπολογιστών για να προβλέψουν τον κίνδυνο εμφάνισης μυκοτοξίνης, χρησιμοποιώντας πληροφορίες σχετικά με τις τρέχουσες καιρικές συνθήκες.

Οι ανεπτυγμένες χώρες έχουν δομές παρακολούθησης και πολιτικές που ενδέχεται να περιορίσουν τις πιθανές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην ασφάλεια των τροφίμων. Οι δομές που ισχύουν για την αντιμετώπιση των διατροφικών προκλήσεων

όμως, είναι λιγότερο εύρωστες, ειδικά λόγω των πιθανών συγκρούσεων μεταξύ δημόσιας υγείας και βιομηχανίας. (Lake et al., 2012)

Μεσογειακές Χώρες

Οι μεσογειακές κλιματολογικές συνθήκες φιλοξενούν δύο κύρια συστήματα παραγωγής καλλιεργειών, το ένα το οποίο τροφοδοτείται με βροχή και το άλλο το οποίο αρδεύεται, διαφέρουν όμως σε μεγάλο βαθμό από την άποψη της διαχείρισης και, κατά συνέπεια, των εκπομπών υποξειδίου του αζώτου (N_2O), ενός ισχυρού αερίου θερμοκηπίου. Τα αρδευόμενα συστήματα λαμβάνουν συνήθως μεγάλες ποσότητες νερού και αζώτου, οι οποίες δημιουργούν ευνοϊκές συνθήκες εδάφους για εκπομπές N_2O . Οι συντελεστές εκπομπών σε αυτά τα συστήματα κυμαίνονται σε μεγάλο βαθμό ανάλογα με τη διαχείριση του νερού και τον τύπο και την ποσότητα του λιπάσματος που χρησιμοποιείται (π.χ. συνθετικές, στερεές ή υγρές κοπριάς).

Οι στρατηγικές μετριασμού που προτείνονται, είναι:

- βελτιστοποίηση γονιμοποίησης αζώτου
- βελτιωμένη διαχείριση νερού
- καλύτερη αποθήκευση οργανικού άνθρακα εδάφους
- δέσμευση άνθρακα σε εδαφολογικές και πολυετείς κατασκευές ξύλου από ξυλώδεις καλλιέργειες
- διαχείριση υπολειμμάτων καλλιεργειών και υποπροϊόντων γεωργικής βιομηχανίας.

Η σημασία του ενδεχόμενου μετριασμού του N_2O και η καλύτερη στρατηγική μετριασμού διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό ανάλογα με το σύστημα καλλιέργειας, επηρεαζόμενο σε μεγάλο βαθμό από τις στρατηγικές προσαρμογής όσον αφορά τη διαχείριση του οργανικού άνθρακα και του νερού του εδάφους στα συστήματα καλλιέργειας. Υπό αυτήν την έννοια, η αύξηση της γενικά χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα των μεσογειακών εδαφών είναι μια σημαντική στρατηγική μετριασμού των αερίων του θερμοκηπίου, και αποτελεί επίσης προτεραιότητα για την πρόληψη της διάβρωσης και τη βελτίωση της ποιότητας του εδάφους.

Η περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανικό άνθρακα των μεσογειακών εδαφών είναι συνήθως χαμηλότερη από ό, τι σε εύκρατες περιοχές, και οι διαδικασίες υποβάθμισης του εδάφους υπάρχουν σε πολλές περιοχές, μια τάση που αναμένεται να επιδεινωθεί από την κλιματική αλλαγή τις επόμενες δεκαετίες. Ωστόσο, η περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανικό άνθρακα στα καλλιεργήσιμα εδάφη της Μεσογείου ανταποκρίνεται επίσης πολύ στις αλλαγές διαχείρισης, όπως οι οργανικές τροποποιήσεις, οι καλλιέργειες κάλυψης και οι μειώσεις οργώματος, και υπάρχει μεγάλη δυνατότητα αποθήκευσης οργανικού άνθρακα μέσω αποκατάστασης γης. Έχουν παρατηρηθεί σημαντικοί ρυθμοί δέσμευσης άνθρακα μετά την εφαρμογή των συνιστώμενων πρακτικών διαχείρισης και της οργανικής διαχείρισης σε συστήματα καλλιέργειας της Μεσογείου. (Mrabet et al., 2020)

Νότια Ασία και Λατινική Αμερική

Είναι σημαντική η προώθηση γεωργικών πρακτικών που μετριάζουν την κλιματική αλλαγή με τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. αλλά οι ίδιες πρακτικές

πρέπει επίσης να βελτιώσουν την παραγωγή και το εισόδημα των αγροτών και να ρυθμίσουν το σύστημα παραγωγής ενάντια στις αλλαγές του κλίματος. Επειδή, η Νότια Ασία και η Λατινική Αμερική είναι μεγάλες περιοχές με ποικίλες αγροκλιματικές ζώνες, οι στρατηγικές προσαρμογής και μετριασμού πρέπει να είναι στοχευμένες σε συγκεκριμένες τοποθεσίες και οικονομικά αποδοτικές.

Οι αλλαγές στη διαχείριση της χρήσης γης που υποστηρίζουν την παραγωγή, η ανάπτυξη πολλαπλών ποικιλιών ανθεκτικών στα ακραία καιρικά φαινόμενα και η ανάπτυξη νέων αγρονομικών στρατηγικών διαχείρισης, είναι μερικές από τις στρατηγικές προσαρμογής που εξετάζονται. Πρέπει να αναπτυχθούν κατάλληλες τεχνολογίες διατήρησης πόρων (Resource Conservation Technologies) και κατάλληλα σχέδια έκτακτης ανάγκης για κινδύνους που σχετίζονται με τη θερμοκρασία και τις βροχοπτώσεις. Τα συστήματα αγροδασικής και άλλα βιολογικά συστήματα δέσμευσης άνθρακα μπορούν επίσης να βοηθήσουν στη μείωση των εκπομπών άνθρακα.

Διατίθενται ήδη μεγάλοι αριθμοί αποτελεσματικών πρακτικών διαχείρισης νερού και λιπασμάτων, που μειώνουν τις εκπομπές CH₄ και N₂O για καλλιέργειες ρυζιού και σίτου. Η συγκομιδή νερού και η συμπληρωματική άρδευση για περιοχές στεγανοποίησης ξηρασίας, τα βελτιωμένα μέτρα αποστράγγισης και ελέγχου πλημμυρών σε περιοχές με υψηλές βροχοπτώσεις και οι τεχνικές για τη διατήρηση των πόρων έχουν τεράστια σημασία για τον μετριασμό των αρνητικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.

Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός επιλογών στις τεχνολογίες διαχείρισης εδάφους, νερού και θρεπτικών συστατικών, οι οποίες συμβάλλουν τόσο στην προσαρμογή όσο και στον μετριασμό. Μεγάλο μέρος της έρευνας που πραγματοποιήθηκε στη γεωργία που τροφοδοτείται από βροχή, σχετίζεται με τη διατήρηση του εδάφους και του βρόχινου νερού. Σημαντικές τεχνολογίες περιλαμβάνουν: γεωργία διατήρησης (άροση διατήρησης, υπολείμματα συγκομιδής καλλιεργειών και διαχείριση θρεπτικών ουσιών), in situ διατήρηση υγρασίας, περισυλλογή και ανακύκλωση υδάτων, αποτελεσματική χρήση νερού άρδευσης, ενεργειακή απόδοση στη γεωργία, χρήση νερών κακής ποιότητας, εναλλακτικές χρήσεις γης και αγροδασική των υποβαθμισμένων εδαφών.

Τα γεωργικά συστήματα θα πρέπει να είναι πιο ανθεκτικά στα ακραία καιρικά φαινόμενα, δηλαδή την ξηρασία και τις πλημμύρες. Είναι σημαντικό οι νέες γεωργικές πρακτικές να μπορούν να αποτρέψουν την περαιτέρω υποβάθμιση του εδάφους, μέσω της αυξημένης οργανικής ύλης του εδάφους, της βελτιωμένης αποδοτικότητας χρήσης νερού και της αποτελεσματικής χρήσης θρεπτικών συστατικών και της αυξημένης βιοποικιλότητας.

Πρόσφατα, έχει προταθεί η έννοια της έξυπνης κλιματικής γεωργίας για να ξεπεραστούν οι αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία. Αυτή η ιδέα περιλαμβάνει πολλές από τις βιώσιμες γεωργικές πρακτικές διαχείρισης της γης των αγροκτημάτων και των γεωργικών εκμεταλλεύσεων, όπως άροση διατήρησης, αγροδασική, διαχείριση καταλοίπων συγκομιδής και διαχείριση υδάτων.

Τέλος, η βελτίωση της τεχνολογίας παραγωγής ρυζιού και της διαχείρισης ζωικού κεφαλαίου και κοπριάς, μπορεί να βοηθήσει στον μετριασμό του 9% του συνολικού

ανθρωπογενούς CH₄ και η καλύτερη διαχείριση των καλλιεργήσιμων γαιών μπορεί να μετριάσει περίπου το 2% των συνολικών εκπομπών N₂O από τη γεωργία. Η πλειονότητα αυτών των πρακτικών (70%) μπορεί να εφαρμοστεί στις αναπτυσσόμενες χώρες. (Jat et al., 2016)

5. Αντιμετώπιση των αναδυόμενων κινδύνων για τα τρόφιμα

Η ασφάλεια των τροφίμων περιλαμβάνει ολόκληρη τη διαδικασία παραγωγής τροφίμων, από την προπαρασκευή έως το τελικό προϊόν. Ως εκ τούτου, η διασφάλιση της ασφάλειας των τροφίμων είναι ένα πολύπλοκο έργο σε πολλές χώρες. Η υγεία των ζώων και των φυτών, το περιβάλλον και η υγιεινή των τροφίμων είναι αλληλένδετες πτυχές που αναμένεται να επηρεαστούν από την κλιματική αλλαγή. Επομένως, οι προκλήσεις για την ασφάλεια των τροφίμων περιλαμβάνουν προετοιμασία και κατανόηση σε διεπιστημονικό πλαίσιο. Επιπλέον, οι μεγάλες επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος στη δημόσια υγεία και την ασφάλεια των τροφίμων έχουν πολύπλοκες συνέπειες.

Εφαρμογή ορθών πρακτικών

Τα εθνικά προγράμματα ορθών πρακτικών για την υγιεινή, τη γεωργία, την κτηνοτροφία, την κτηνιατρική φροντίδα και την υδατοκαλλιέργεια είναι ζωτικής σημασίας για τον καθορισμό στρατηγικών διαχείρισης για την αλλαγή του κλίματος. Όμως, τέτοιες κατευθυντήριες γραμμές πρέπει να δημιουργηθούν λαμβάνοντας υπόψη τον αντίκτυπο των αλλαγών στην εμφάνιση μικροβιολογικών και χημικών κινδύνων, καθώς και στα έντομα, τα παράσιτα και τους φορείς τους. Η ανάπτυξη κατευθυντήριων γραμμών για αυτά τα θέματα απαιτεί την ανάπτυξη εφαρμοσμένης έρευνας υψηλού επιπέδου για την υποστήριξη των διαφορετικών προσεγγίσεων που προτείνονται για την επίλυση του προβλήματος. Ωστόσο, για την επιτυχή εφαρμογή όλων αυτών, ένας συμβιβασμός κυβερνήσεων και βιομηχανικών ενώσεων είναι καθοριστικός παράγοντας.

Παρακολούθηση και επιτήρηση - Τρόφιμα και περιβάλλον

Ο έγκαιρος εντοπισμός πιθανών προβλημάτων απαιτεί ολοκληρωμένη παρακολούθηση τόσο των τροφίμων όσο και των περιβαλλοντικών αλλαγών, διότι επιτρέπει την εφαρμογή λύσεων. Παρόλο που τέτοια προγράμματα εφαρμόζονται σε διαφορετικές χώρες, μια σχετική επιτήρηση χρειάζεται συνεχή αναθεώρηση των αναδυόμενων κινδύνων που σχετίζονται με την παγκόσμια κλιματική αλλαγή. Τα δεδομένα που παράγονται από ανάλογα προγράμματα μπορεί να είναι πολύ χρήσιμα για τη βελτίωση της προγνωστικής μοντελοποίησης και της αξιολόγησης κινδύνων, επομένως θα πρέπει να κοινοποιούνται σε εθνικό και διεθνές επίπεδο. Σε διεθνές επίπεδο, οι σχετικές πληροφορίες μπορούν να κυκλοφορούν μέσω δικτύων όπως το Διεθνές Δίκτυο Αρχών Ασφάλειας Τροφίμων (INFOSAN). Αυτό το δίκτυο παρέχει έναν μηχανισμό για την ανταλλαγή πληροφοριών σχετικά με τα αναδυόμενα θέματα ασφάλειας των τροφίμων. Υπάρχει σαφώς ανάγκη να επικεντρωθούν οι ερευνητικές προσπάθειες στην ανάπτυξη ταχέων μεθόδων για την ανίχνευση παθογόνων και

μολυσματικών ουσιών στα τρόφιμα, προκειμένου να διευκολυνθεί η ταχεία ανταπόκριση στα αποτελέσματα των προγραμμάτων παρακολούθησης και επιτήρησης.

Παρακολούθηση ασθενειών - Άνθρωποι και ζώα

Η παρακολούθηση της επιδημιολογίας είναι κρίσιμη στη δημόσια υγεία, όχι μόνο για τον έγκαιρο εντοπισμό των αναδυόμενων ασθενειών, αλλά και για την εφαρμογή στρατηγικών για τον έλεγχό τους. Για αυτόν τον λόγο, μια αποτελεσματική επιδημιολογική παρακολούθηση απαιτεί στενή συνεργασία επαγγελματιών που ασχολούνται με την υγεία των ανθρώπων και των ζώων, καθώς και εκείνων που επικεντρώνονται σε περιβαλλοντικά θέματα. Από αυτήν την άποψη, μια γρήγορη διερεύνηση ασυνήθιστων εστιών είναι κρίσιμη. Ο Διεθνής Υγειονομικός Κανονισμός παρέχει ένα πρόγραμμα διαχείρισης για το συντονισμό εκδηλώσεων που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε διεθνείς καταστάσεις έκτακτης ανάγκης για την υγεία, παρέχοντας επίσης βοήθεια για την ανίχνευσή τους.

Το One Health είναι μια αναδυόμενη παγκόσμια βασική ιδέα που ενσωματώνει την υγεία των ανθρώπων και των ζώων μέσω της διεθνούς έρευνας και πολιτικής. Οι περίπλοκες σχέσεις μεταξύ ανθρώπου και ζώου έχουν οδηγήσει σε διεπαφή ανθρώπου-ζώου-περιβάλλοντος από τους προϊστορικούς χρόνους. Οι άνθρωποι, τα ζώα, τα φυτά και το περιβάλλον συνδέονται εκ φύσεως μεταξύ τους, ώστε η πρόληψη των κινδύνων και ο μετριασμός των επιπτώσεων των κρίσεων που προέρχονται από τον συγχρωτισμό μεταξύ ανθρώπων, ζώων και του περιβάλλοντός τους, μπορούν μόνο να διατηρήσουν και να βελτιώσουν την υγεία και την ευημερία. Η προσέγγιση «One Health» έχει εφαρμοστεί με επιτυχία σε πολλά προγράμματα σε όλο τον κόσμο. Ο περιορισμός πανδημικών απειλών όπως η γρίπη των πτηνών και το σοβαρό οξύ αναπνευστικό σύνδρομο εντός μηνών από το ξέσπασμά τους, είναι μερικά παραδείγματα επιτυχημένων εφαρμογών της πρωτοβουλίας One Health.

Εκτίμηση κινδύνου

Η εκτίμηση κινδύνου δίνει ένα επιστημονικό υπόβαθρο για την ανάπτυξη και την υιοθέτηση προτύπων ασφαλείας τροφίμων. Οι επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος μπορεί να οδηγήσουν σε νέους κινδύνους για την ασφάλεια των τροφίμων, οι οποίοι με τη σειρά τους καθορίζουν νέες προτεραιότητες στην αξιολόγηση του κινδύνου. Για παράδειγμα, εάν μύγματα μυκοτοξινών εμφανίζονται συχνότερα στις καλλιέργειες, τότε οι μέγιστες αποδεκτές συγκεντρώσεις πρέπει να αναθεωρηθούν.

Μια ομάδα κοινών εμπειρογνομόνων των FAO και WHO έχει εκπονήσει αξιολόγηση κινδύνου για μολυσματικές ουσίες, φυτοφάρμακα, υπολείμματα κτηνιατρικών φαρμάκων, πρόσθετα τροφίμων και μικροβιολογικούς κινδύνους. Επιπλέον, μια άλλη ομάδα κοινών εμπειρογνομόνων των FAO και WHO ορίστηκε για να αντιμετωπίσει αναδυόμενα ζητήματα όταν αυτά προκύπτουν. Όλα τα κράτη μέλη του WHO και του FAO μπορούν να προτείνουν την ιεράρχηση της αξιολόγησης κινδύνου σε διεθνές επίπεδο. Επιπλέον, αυτές οι χώρες έχουν πρόσβαση σε οδηγίες εκτίμησης κινδύνων σχετικά με τους αναδυόμενους κινδύνους που προκύπτουν από την κλιματική αλλαγή.

Συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης και αντιμετώπισης έκτακτης ανάγκης

Τα βελτιωμένα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης είναι θεμελιώδη για τη μείωση του κινδύνου που προκαλούν οι φυσικές καταστροφές και οι καταστάσεις έκτακτης ανάγκης που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή. Αυτό απαιτεί στενή συνεργασία μεταξύ των κτηνιατρικών τομέων, της ασφάλειας τροφίμων και της δημόσιας υγείας τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο. Η ετοιμότητα έκτακτης ανάγκης είναι επίσης απαραίτητη. Οι χώρες πρέπει να επανεξετάσουν τα υφιστάμενα σχέδια έκτακτης ανάγκης για την ασφάλεια των τροφίμων και να αναπτύξουν νέα.

Νέες τεχνολογίες

Ορισμένες επιστημονικές και τεχνολογικές καινοτομίες αναμένεται να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στη βοήθεια κατανόησης και αντιμετώπισης των προκλήσεων για την ασφάλεια των τροφίμων που θέτει η κλιματική αλλαγή. Τέτοιες καινοτομίες περιλαμβάνουν νέες νανοσυσκευές φιλτραρίσματος ικανές να απομακρύνουν ένα ευρύ φάσμα χημικών και μικροβιολογικών ρύπων από το νερό και τα εδάφη. Περιλαμβάνουν επίσης ταχεία ανίχνευση παθογόνων και ανιχνευτές ρύπων που βασίζονται σε νέες τεχνικές νανοτεχνολογίας, νέες μοριακές και βιολογικές μεθόδους, όπως συγκρίσεις αλληλουχιών νουκλεϊκών οξέων και προσεγγίσεις βασισμένες στη γονιδιωματική, για τον χαρακτηρισμό σύνθετων μικροβιακών κοινοτήτων και των αλληλεπιδράσεών τους, και τη χρήση γενετικά τροποποιημένων καλλιεργειών κατάλληλων για ανάπτυξη σε περιθωριοποιημένες ή εγκαταλειμμένες εκτάσεις. (Gomez-Zavaglia et al., 2020)

Βελτίωση καλλιεργειών

Οι ποικιλίες καλλιεργειών πρέπει να είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν τα αυξανόμενα ποσοστά βιοτικού και αβιοτικού στρες (από ζωντανούς οργανισμούς, όπως παθογόνα, μύκητες κ.ά, και μη ζωντανούς, όπως ξηρασία, αλατότητα κ.ά), και να παράγουν ακόμη υψηλές αποδόσεις για να υποστηρίξουν τον αυξανόμενο ανθρώπινο πληθυσμό. Η γονιδιωματική και άλλες τεχνολογίες «omics» - οι οποίες στοχεύουν στην ανίχνευση γονιδίων (γονιδιωματική), πρωτεϊνών (πρωτεϊμική) και μεταβολιτών (μεταβολική) - έχουν ενσωματωθεί σε στρατηγικές αναπαραγωγής καλλιεργειών, αν και η βελτίωση παραμένει αργή.

Η ξηρασία και το θερμικό στρες εμφανίζονται συχνά σε συνδυασμό, για πολλές καλλιέργειες, όπως ο αραβόσιτος και το σιτάρι, και ο συνδυασμός αυτών των τύπων πίεσης προκαλεί πιο σημαντικές μειώσεις της απόδοσης από κάθε μεμονωμένο στρες. Η ξηρασία και το θερμικό στρες μειώνουν την πρόσληψη θρεπτικών ουσιών και τη φωτοσυνθετική απόδοση στις καλλιέργειες, και οι αποκρίσεις στο άγχος περιλαμβάνουν μια μεγάλη ποικιλία φυσιολογικών και βιοχημικών αποκρίσεων.

Η υπερχειλίση και η πλημμύρα του εδάφους μειώνει την απόδοση λόγω ανοξίας και αυξημένων περιστατικών ασθeneιών ρίζας. Σε πληθυσμούς αναπαραγωγής ρυζιού, η ανακάλυψη γονιδίων έχει πραγματοποιηθεί για ανοχή στις πλημμύρες για μικρές περιόδους (βύθιση), μεγάλες περιόδους (στάσιμη πλημμύρα), και βύθιση στο στάδιο βλάστησης (αναερόβια βλάστηση). (Anderson et al., 2020)

Βιώσιμη διαχείριση της γης που είναι κατάλληλη για καλλιέργεια

Απειλές όπως η διάβρωση, η εξάντληση των θρεπτικών ουσιών και η απώλεια οργανικού άνθρακα θα πρέπει να αντιμετωπιστούν με την ανάπτυξη αποτελεσματικών στρατηγικών για τη διατήρηση των υφιστάμενων περιοχών καλλιέργειας με βιώσιμες πρακτικές διαχείρισης και αύξηση της παραγωγικότητας της γης που δεν είναι πλέον κατάλληλη προς καλλιέργεια για παραγωγή τροφίμων. Η διεθνής κοινότητα πρέπει επομένως να προωθήσει τη βιώσιμη διαχείριση της γης μέσω κατάλληλων πολιτικών και ορθολογικών επενδύσεων.

Η αύξηση των θερμοκρασιών θα μετατοπίσει τη γεωργική δραστηριότητα σε υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη, όπου τα εδάφη και τα θρεπτικά συστατικά είναι λιγότερο κατάλληλα για την καλλιέργεια. Επιπλέον, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας μπορεί να εξαφανίσει ορισμένες περιοχές που επί του παρόντος παρέχουν σημαντικές ποσότητες φυτικών τροφίμων και να βλάψουν σοβαρά την παραγωγή και την ασφάλεια των τροφίμων. Η έλλειψη θρεπτικών ουσιών σε εδάφη μεγάλου γεωγραφικού πλάτους αποτελεί αναπόφευκτη πρόκληση σε περιοχές όπως η Φινλανδία και η νότια Σκανδιναβία.

Μια άλλη παρενέργεια των μειωμένων αποδόσεων των καλλιεργειών είναι η συσσώρευση αλάτων σε καλλιεργούμενα εδάφη, γεγονός που σταδιακά τα καθιστά άχρηστα για τη γεωργική παραγωγή. Σύμφωνα με την έκθεση του FAO σχετικά με την κατάσταση των εδαφών, περίπου 760.000 km² καλλιεργήσιμων εκτάσεων αλατίζονται παγκοσμίως. Άλλη αρνητική εξέλιξη επίσης, είναι η οξύτητα των αρόσιμων στρωμάτων του εδάφους, τα οποία μπορούν να μειώσουν έντονα την παραγωγή τροφίμων ή ακόμη και την καλλιέργεια του εδάφους.

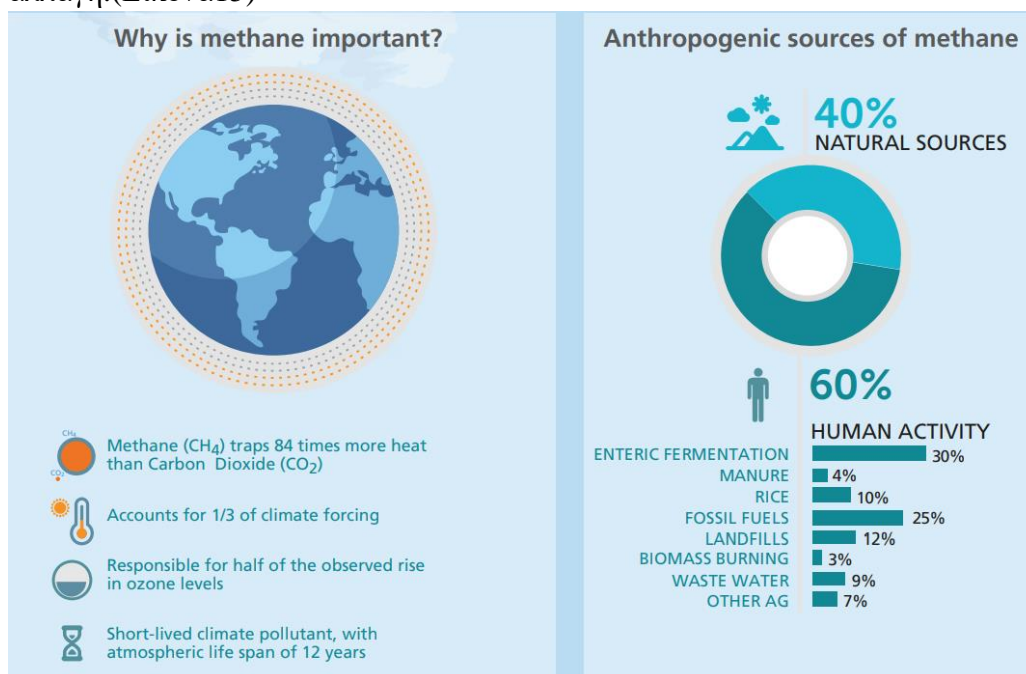
Βραχυπρόθεσμα, η περαιτέρω υποβάθμιση των εδαφών θα πρέπει να αποφεύγεται με κάθε κόστος, για όσο χρονικό διάστημα οι κλιματολογικές συνθήκες εξακολουθούν να τους επιτρέπουν να χρησιμοποιηθούν ως αρόσιμη γη. Μακροπρόθεσμα, πρέπει να αναπτυχθεί αποτελεσματική τεχνολογία για τη διευκόλυνση της προσαρμογής των εδαφών σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, ώστε να είναι κατάλληλα για καλλιέργειες, και νέες τεχνικές, που να καθιστούν καλλιεργήσιμα εδάφη φτωχών θρεπτικών συστατικών. (Gomez-Zavaglia et al., 2020)

Χρήση και ζήτηση τροφίμων

Η κλιματική αλλαγή, εκτός από τις αλλαγές στην παραγωγή και κατανάλωση τροφίμων, μπορεί να επηρεάσει και την παγκόσμια υγεία του πληθυσμού αλλάζοντας τη σύνθεση και τη μορφή της διατροφής και του βάρους, οι οποίοι είναι παράγοντες κινδύνου και σχετικής θνησιμότητας. Ακόμη και αρκετά μέτριες μειώσεις στη διαθεσιμότητα τροφίμων ανά άτομο θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε αλλαγές στο ενεργειακό περιεχόμενο και τη σύνθεση της τροφής, που σχετίζεται με σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία. (Springmann et al., 2016)

Η επισιτιστική ασφάλεια μπορεί να βελτιωθεί αυξάνοντας την παγκόσμια γεωργική παραγωγή, αλλάζοντας τα πρότυπα ζήτησης τροφίμων και μειώνοντας τα απόβλητα και τις απώλειες τροφίμων. Οι δίαιτες ποικίλλουν ως προς τη διατροφική τους

ικανότητα, την τοπική διαθεσιμότητα και τις ανάγκες σε πόρους, και οι δίαιτες που περιέχουν σημαντικές ποσότητες ζωικών προϊόντων (ιδιαίτερα το κόκκινο κρέας) απαιτούν τη μεγαλύτερη γεωργική εισροή ανά άτομο. Αυτές οι δίαιτες δηλαδή, απαιτούν σημαντικά υψηλότερα ποσοστά νερού, γης και άλλων πόρων. Επιπλέον, η εντερική ζύμωση παράγει μεθάνιο (CH₄), συμβάλλοντας περαιτέρω στην κλιματική αλλαγή. (Εικόνα 15)



Εικόνα 15: Η εντερική ζύμωση των μηρυκαστικών παράγει μεθάνιο (αέριο του θερμοκηπίου). (FAO, 2016)

Η μείωση του εντερικού μεθανίου μπορεί να αποφέρει γρήγορα και άμεσα οφέλη για την επισιτιστική ασφάλεια και τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής. (FAO, 2016 ; Springmann et al., 2016)

Για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής, τα άτομα μπορεί να αρχίσουν να καταναλώνουν τρόφιμα, ο τρόπος παραγωγής των οποίων προκαλεί χαμηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Τέτοιες αλλαγές συνεπάγονται χαμηλότερη κατανάλωση κόκκινου κρέατος και γαλακτοκομικών προϊόντων, η οποία επίσης θα είχε θετικά αποτελέσματα όσον αφορά τα χαμηλότερα ποσοστά καρδιαγγειακών παθήσεων, αλλά μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερο επιπολασμό ελλειμμάτων σιδήρου και ψευδαργύρου. Η κατανάλωση τοπικών και εποχιακών τροφίμων μπορεί όμως να οδηγήσει σε ανεπαρκή πρόσληψη φρέσκων φρούτων και λαχανικών σε διάφορες περιόδους του έτους σε εύκρατες χώρες. (Lake et al., 2012)

Οι δίαιτες που παράγουν χαμηλότερη ποσότητα αερίων του θερμοκηπίου (vegan, vegetarian και flexitarian, όπως ορίζεται από την IPCC), θα μείωναν τη ζήτηση για περισσότερη γεωργική γη και θα επέτρεπαν την αποκατάσταση της γης για να ενεργήσει ως καταβόθρα άνθρακα. Τέλος, η βελτίωση της αποτελεσματικότητας της χρήσης τροφίμων είναι μια σημαντική ευκαιρία για τη βελτίωση της επισιτιστικής ασφάλειας.

Ο μετριασμός της κλιματικής αλλαγής θα μπορούσε να μειώσει σημαντικά τον αριθμό των θανάτων που σχετίζονται με το κλίμα, και με τις κατάλληλες αλλαγές σε διατροφικούς και σχετιζόμενους με το βάρος παράγοντες κινδύνου. Η ενίσχυση των προγραμμάτων δημόσιας υγείας που αποσκοπούν στην πρόληψη και θεραπεία διατροφικών παραγόντων και παραγόντων κινδύνου που σχετίζονται με το βάρος θα μπορούσε να είναι μια κατάλληλη στρατηγική προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή με στόχο τη μείωση των επιπτώσεων στην υγεία.

Μελέτες έδειξαν ότι οι περισσότεροι θάνατοι που σχετίζονται με το κλίμα αναμένεται να συμβούν στη Νοτιοανατολική Ασία και την περιοχή του Δυτικού Ειρηνικού, ιδίως στην Κίνα και την Ινδία, και συσχετίστηκαν με αλλαγές στους παράγοντες διατροφικού κινδύνου, ειδικά με τη μείωση της κατανάλωσης φρούτων και λαχανικών. Τα προγράμματα προσαρμογής που σχετίζονται με την υγεία πρέπει να είναι ειδικά ανά περιοχή και να λαμβάνουν υπόψη τόσο την κλίμακα όσο και τη σύνθεση των παραγόντων κινδύνου που είναι ευαίσθητοι στο κλίμα. (Springmann et al., 2016)

6. Συμπεράσματα

6.1 Επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην πείνα, την επισιτιστική ασφάλεια και τη διατροφή

Ο FAO δεν βλέπει πρόοδο στους στόχους αειφόρου ανάπτυξης. Οι προσπάθειες για βιώσιμη γεωργία, μαζί με τη μακροπρόθεσμη διαχείριση των χερσαίων και των ωκεάνιων πόρων, ήταν ανεπιτυχείς. Περισσότεροι από 820 εκατομμύρια άνθρωποι πεινούν σε όλο τον κόσμο. Περίπου το 60% όλων των φυλών ζώων κινδυνεύουν να εξαφανιστούν, και λίγα έχουν γίνει για τη διατήρηση του DNA από είδη φυτών με τον μεγαλύτερο κίνδυνο. Επίσης, το ένα τρίτο όλων των θαλάσσιων αποθεμάτων υπεραλιεύονται. Όλες οι ήπειροι βρίσκονται υπό πίεση νερού, ειδικά στη Βόρεια Αφρική και στη Δυτική, Κεντρική και Νότια Ασία. (Gomez-Zavaglia et al., 2020)

Οι αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής δεν είναι παροδικές και θα διαρκέσουν για πολλά χρόνια στο μέλλον, ακόμη και αν ληφθούν τώρα δραστικά μέτρα προσαρμογής για την αντιμετώπιση και αντιστροφή τους. (Kulshreshtha & Wheaton, 2013)

6.2 Συμπεράσματα σχετικά με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα συστήματα τροφίμων

Παρόλο που η γεωργία ήταν πάντα στο έλεος του απρόβλεπτου καιρού, σήμερα είναι ακόμη πιο ευάλωτη. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες μπορεί να αυξήσουν τις αποδόσεις των καλλιεργειών σε ορισμένες περιοχές, αλλά η κλιματική αλλαγή αναμένεται να έχει αρνητικές συνολικές επιπτώσεις που οδηγούν σε μειωμένη προμήθεια τροφίμων και σε αύξηση των τιμών των τροφίμων. Η υποσαχάρια Αφρική και η Νότια Ασία αντιμετωπίζουν ήδη υψηλά ποσοστά επισιτιστικής ανασφάλειας και προβλέπεται να σημειώσουν τις μεγαλύτερες μειώσεις στην παραγωγή τροφίμων. Τα αυξημένα επίπεδα του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα αναμένεται να μειώσουν τα επίπεδα ψευδαργύρου, σιδήρου και άλλων σημαντικών θρεπτικών συστατικών στις καλλιέργειες.

Με τις αλλαγές στα πρότυπα βροχόπτωσης, οι αγρότες αντιμετωπίζουν διπλή απειλή από πλημμύρες και ξηρασία. Οι πλημμύρες καταστρέφουν το εύφορο έδαφος από το οποίο οι αγρότες εξαρτώνται για την παραγωγικότητα, ενώ οι ξηρασίες ξηραίνουν το έδαφος και διευκολύνουν την καταστροφή από τις πλημμύρες. Οι αυξημένες θερμοκρασίες αυξάνουν τις ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών και τις καθιστούν πιο ευάλωτες σε ξηρές περιόδους. Ορισμένα είδη ζιζανίων, εντόμων και άλλων παρασίτων επωφελούνται από τις υψηλές θερμοκρασίες και τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα, τα οποία αυξάνουν τις δυνατότητές τους να βλάψουν τις καλλιέργειες και να δημιουργήσουν προβλήματα και οικονομικές δυσκολίες στους αγρότες. Το μεταβαλλόμενο κλίμα διευκολύνει επίσης την επέκταση των γεωργικών παρασίτων σε νέες περιοχές.

Με υψηλότερες θερμοκρασίες, οι περισσότεροι παγετώνες του κόσμου έχουν αρχίσει να υποχωρούν. Αυτό έχει επηρεάσει τους αγρότες που εξαρτώνται από το νερό παγετώδους τήγματος για άρδευση. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας αυξάνει τους κινδύνους πλημμύρας στις παράκτιες εκμεταλλεύσεις και ενισχύει την εισβολή αλμυρού νερού σε παράκτιους υδροφορείς γλυκού νερού, καθιστώντας έτσι αυτές τις πηγές νερού πολύ αλμυρές και ακατάλληλες για άρδευση.

Η κλιματική αλλαγή αναμένεται επίσης να έχει αντίκτυπο στα οικοσυστήματα και στις υπηρεσίες που παρέχουν στη γεωργία, όπως είναι η επικονίαση και ο έλεγχος των παρασίτων από φυσικούς θηρευτές. Πολλά είδη άγριων φυτών που χρησιμοποιούνται στην εκτροφή οικιακών φυτών απειλούνται από εξαφάνιση.

Οι δραστηριότητες του συστήματος καλλιέργειας τροφίμων, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής και μεταφοράς τροφίμων, και η αποθήκευση απορριμμάτων τροφίμων σε χώρους υγειονομικής ταφής, παράγουν εκπομπές αερίων θερμοκηπίου που συμβάλλουν στην αλλαγή του κλίματος. Το ζωικό κεφάλαιο, το οποίο είναι ο μεγαλύτερος συντελεστής παραγωγής εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, αντιπροσωπεύει περίπου το 14,5% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από ανθρώπινες δραστηριότητες, με το πρόβλημα των εκπομπών από τα μηρυκαστικά να είναι ιδιαίτερα έντονο.

Η κλιματική αλλαγή έχει ήδη προκαλέσει σημαντικές αλλαγές στη γεωργική παραγωγή και απόδοση και ακόμη και με άμεσες και σημαντικές μειώσεις των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου παγκοσμίως, οι αλλαγές θα συνεχιστούν. Ο βαθμός στον οποίο η κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει την επισιτιστική ασφάλεια των μεμονωμένων εθνών εξαρτάται από τη γεωγραφική τους θέση, την προσαρμοστικότητα και το ΑΕΠ τους. Οι αναπτυσσόμενες χώρες αναμένεται να υποστούν τον μεγαλύτερο αντίκτυπο της μεταβλητότητας της θερμοκρασίας και των αυξημένων ακραίων καιρικών φαινομένων και έχουν περιορισμένους πόρους για να προσαρμοστούν σε αυτές τις γεωργικές αλλαγές.

Η έκθεση IPCC του 2014 διαπίστωσε ότι οι περιθωριοποιημένες ομάδες στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπως οι γυναίκες και τα παιδιά, κινδυνεύουν περισσότερο από την κλιματική αλλαγή και ήδη αντιμετωπίζουν υψηλότερα ποσοστά επισιτιστικής ανασφάλειας και υποσιτισμού. Η επισιτιστική ασφάλεια έχει συνδεθεί με κοινωνικές συγκρούσεις λόγω των υψηλότερων τιμών των τροφίμων, που μειώνουν την κοινωνική σταθερότητα, και η κλιματική αλλαγή θα περιορίσει περαιτέρω την οικονομική

ευημερία των αναπτυσσόμενων χωρών, επιδεινώνοντας θέματα ασφάλειας και τη φτώχεια.

Η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για την περαιτέρω μείωση της κλιματικής αλλαγής είναι απαραίτητη και απαιτεί επείγουσα και σημαντική δράση από πληθυσμούς, κυβερνήσεις και διεθνή συνεργασία. Οι αλλαγές σε κυβερνητικό, βιομηχανικό και δημόσιο επίπεδο είναι σημαντικές για την προσαρμογή της κλιματικής αλλαγής και πρέπει να ενθαρρύνονται μέσω της πολιτικής, της ρύθμισης και της εκπαίδευσης. Οι σημαντικές αλλαγές στις γεωργικές πρακτικές, την τεχνολογία και τη στάση του κοινού πρέπει να εφαρμοστούν αποτελεσματικά και γρήγορα για να διασφαλιστεί η επισιτιστική ασφάλεια υπό την απειλή της κλιματικής αλλαγής.

Οι παγκόσμιοι ηγέτες συμφώνησαν ότι η μέση παγκόσμια θερμοκρασία δεν θα πρέπει να αυξηθεί περισσότερο από 2 ° C πάνω από τα προ-βιομηχανικά επίπεδα, προκειμένου να αποφευχθούν τα πλέον καταστροφικά σενάρια της κλιματικής αλλαγής. Ακόμα και αν επιτευχθεί αυτός ο στόχος, πολλές από τις κλιματικές επιπτώσεις όπως η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, είναι πιθανό να παραμείνουν για αιώνες. Το ευοίωνο σενάριο θα ήταν, οι κοινωνίες να έχουν αλλάξει έως το 2050, τον άνθρακα και το φυσικό αέριο με αιολικές, ηλιακές και άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Σε αυτό το σενάριο, η δημόσια πολιτική και οι επενδύσεις σε υποδομές θα δώσουν την κατεύθυνση ώστε η πεζοπορία, η ποδηλασία και οι δημόσιες συγκοινωνίες, να γίνουν οι πιο προσιτές και δημοφιλείς μορφές μεταφοράς και τα αεροπορικά ταξίδια να χρησιμοποιούνται μόνο ως έσχατη λύση. Σε αυτό το κατά τα άλλα καλύτερο σενάριο όμως, εάν συνεχιστούν οι παγκόσμιες τάσεις στην πρόσληψη κρέατος και γαλακτοκομικών προϊόντων, η πιθανότητα να παραμείνουμε κάτω από το όριο των 2 ° C θα παραμείνει εξαιρετικά χαμηλή.

Επομένως, αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο οι επείγουσες, δραματικές μειώσεις στην κατανάλωση κρέατος και γαλακτοκομικών προϊόντων, καθώς και οι σημαντικές μειώσεις των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από τη χρήση ενέργειας, τις μεταφορές και άλλες πηγές, είναι ζωτικής σημασίας για την αποφυγή καταστροφικών κλιματικών αλλαγών. Η ευθύνη για χαμηλότερη κατανάλωση τροφίμων, βαραινεί περισσότερο χώρες όπως οι ΗΠΑ, που είναι ο μεγαλύτερος κατά κεφαλήν καταναλωτής κρέατος και γαλακτοκομικών προϊόντων παγκοσμίως.

Η αλλαγή διαίτας σε διεθνή κλίμακα θα απαιτήσει περισσότερα από την απλή επανεκπαίδευση των καταναλωτών. Στην πραγματικότητα, οι εθνικές πολιτικές θα πρέπει να παρέχουν αυξανόμενη υποστήριξη για φυτοκεντρικές δίαιτες. Τέλος, πρέπει να προβλεφθούν και να εφαρμοστούν στρατηγικές για τη βελτίωση της ανθεκτικότητας στις κλιματικές αλλαγές και τις ακραίες καιρικές συνθήκες σε όλους τους τομείς διαχείρισης της παραγωγής.

7. Προτάσεις

7.1 Δράσεις στα μέτωπα της κλιματικής αλλαγής για αντιμετώπισή της

Τόσο οι στόχοι αειφόρου ανάπτυξης, που εγκρίθηκαν το 2015, όσο και η συμφωνία για το κλίμα του Παρισιού του 2015 στο πλαίσιο της Σύμβασης-πλαίσιου των

Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος, απαιτούν σημαντική δράση για την κλιματική αλλαγή.

Οι παραγωγοί μπορούν να καλλιεργήσουν περισσότερες τροφές πλούσιες σε θρεπτικά συστατικά, όπως φρούτα, λαχανικά και όσπρια, μειώνοντας παράλληλα τις απώλειες τροφίμων και περιορίζοντας τα αέρια θερμοκηπίου.

Η γεωργία πρέπει να γίνει «πιο έξυπνη» στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής. Δηλαδή, πρέπει να είναι ευαίσθητη στις ανάγκες των τροφίμων και της διατροφής, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τις αρνητικές επιπτώσεις στο κλίμα. Η κλιματική έξυπνη γεωργία είναι ένα αποτελεσματικό μέσο για την ανταπόκριση σε αυτό το κάλεσμα και τη μείωση των επιπτώσεων του κλάδου στην κλιματική αλλαγή. Αν και δαπανηρή, η βιώσιμη ανάπτυξη πρέπει να περιλαμβάνει παρεμβάσεις που προωθούν από κοινού την έξυπνη κλιματική γεωργία, την υγεία, τη διατροφή και την περιβαλλοντική ανθεκτικότητα. (Fanzo et al., 2018)

Η γεωργία ακριβείας (precision agriculture) επίσης, είναι μια προηγμένη καινοτομία και βελτιστοποιημένη στρατηγική διαχείρισης επιπέδου πεδίου, που χρησιμοποιεί μεγάλο αριθμό δεδομένων και πληροφοριών για τη βελτίωση της χρήσης των γεωργικών πόρων, των αποδόσεων και της ποιότητας των καλλιεργειών. Έτσι, αυτή η προηγμένη μέθοδος γεωργίας μπορεί να παίξει το ρόλο της στην εστιασμένη προσθήκη εισροών, όπως νερό και λίπασμα και στις αυστηρά απαιτούμενες ποσότητες. Ο κύριος στόχος της γεωργίας ακριβείας, ανεξάρτητα από την πηγή δεδομένων και πληροφοριών, είναι να παρέχει υποστήριξη στους αγρότες στη διαχείριση της επιχείρησής τους, με τελικό αποτέλεσμα την μείωση των απαραίτητων πόρων. (Singh et al., 2020)

Ο FAO πρότεινε ένα νέο πρόγραμμα δράσης για την Αφρική για τις Πράσινες Πόλεις (The Green Cities Regional Action Programme for Africa), ώστε να γίνουν πιο πράσινες, πιο καθαρές και να ενσωματωθούν σε βιώσιμα γεωργικά συστήματα τροφίμων. Το πρόγραμμα προτείνει την εφαρμογή καινοτόμων λύσεων και μετατροπή της αστικοποίησης σε μια ευκαιρία για τις πόλεις να γίνουν πιο βιώσιμες, πιο ανθεκτικές, να παρέχουν πρόσβαση σε υγιεινά τρόφιμα και να διασφαλίζουν μια καλύτερη ζωή για όλους.

Η πρωτοβουλία στοχεύει στην αύξηση των μέτρων ταχείας δράσης για μεγαλύτερη ανθεκτικότητα των πόλεων, ασφαλή τρόφιμα και διατροφή, με ευχάριστα φυσικά περιβάλλοντα, πιο ολοκληρωμένα θρεπτικά συστήματα παραγωγής και διανομής τροφίμων προς όφελος των κατοίκων και των αγροτών. (FAO, 2021)

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής μπορούν να επιδεινώσουν τον υποσιτισμό σε όλα τα στάδια της τροφικής αλυσίδας, καθώς μειώνουν τις γεωργικές αποδόσεις, επηρεάζουν τη διατροφική ποιότητα των καλλιεργειών, περιορίζουν την πρόσβαση σε τρόφιμα, αυξάνουν τα παθογόνα που μεταδίδονται στα τρόφιμα και απαιτούν μεγαλύτερη ψυκτική αποθήκευση.

Παρακάτω προτείνονται επτά εστιακοί τομείς παρεμβάσεων για τη μείωση των διατροφικών κινδύνων υπό την κλιματική αλλαγή μαζί με δράσεις για την αντιμετώπισή της και την ενίσχυση της μελλοντικής επισιτιστικής ασφάλειας.

1. Αλυσίδα εφοδιασμού τροφίμων

- Αύξηση της πρόσβασης σε ποικιλίες σπόρων και φυλές ζώων που είναι διαφορετικές και ανθεκτικές σε μεταβλητές καιρικές συνθήκες (θερμότητα και ξηρασία), παράσιτα και ασθένειες
- Χρησιμοποίηση προγραμμάτων γεωργικής επέκτασης για τη βελτίωση της πρόσβασης σε πληροφορίες και περαιτέρω εκπαίδευση σχετικά με αυτές τις ποικιλίες και φυλές
- Βελτίωση της ποιότητας του εδάφους μέσω της χρήσης καλλιεργειών κάλυψης, εναλλαγής καλλιεργειών, ισορροπημένης χρήσης λιπασμάτων και κοπριάς
- Αύξηση των συστημάτων άρδευσης για την προστασία των καλλιεργειών και των ζώων από απώλειες λόγω αλλαγών στην εποχιακή βροχόπτωση και ακραίων καιρικών φαινομένων

2. Παραγωγή τροφίμων (γεωργία)

- Επένδυση και παροχή εκπαίδευσης σχετικά με ολοκληρωμένες πολιτικές χρήσης γης και μεικτών συστημάτων καλλιέργειας και κτηνοτροφίας
- Επέκταση της πρόσβασης σε υπηρεσίες και χρηματοδότηση για υποστήριξη των αγροτών, συμπεριλαμβανομένων των εργαλείων διαχείρισης κινδύνων των αγροτών, της ασφάλισης και των δανείων

3. Αποθήκευση και επεξεργασία μετά τη συγκομιδή

- Βελτίωση της υποδομής, ιδίως σε αγροτικές περιοχές, συμπεριλαμβανομένων δρόμων, αποθηκών και εγκαταστάσεων επεξεργασίας
- Παροχή εκπαίδευσης σχετικά με ασφαλείς τεχνικές αποθήκευσης και επεξεργασίας, όπως ξήρανση

4. Διανομή, εμπορία και λιανική

- Βελτίωση της πρόσβασης των λιανοπωλητών σε νερό, ηλεκτρικό ρεύμα και ψυκτική αποθήκευση
- Δημιουργία δικτύων παραγωγών τροφίμων για αύξηση της πρόσβασης στην αγορά και περιορισμός της σπατάλης τροφίμων
- Βελτίωση των μεταφορικών υποδομών σε περιοχές όπου οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής θα περιορίσουν την ικανότητα των ανθρώπων να έχουν πρόσβαση στις αγορές

5. Κατανάλωση και χρήση τροφίμων

- Επέκταση της πρόσβασης σε υπηρεσίες κοινωνικής προστασίας, συμπεριλαμβανομένων της άνευ όρων μεταφοράς χρημάτων και των συμπληρωματικών επιδομάτων τροφίμων
- Αύξηση της κατανάλωσης τροφών ζωικής προέλευσης σε χώρες με χαμηλό και μεσαίο εισόδημα, με παράλληλη εκπαίδευση του κοινού για τους κινδύνους για την υγεία που σχετίζονται με την υπερβολική κατανάλωση αυτών των τροφίμων
- Βελτίωση της πρόσβασης σε ασφαλείς και ενεργειακά αποδοτικές εστίες μαγειρέματος

- Αύξηση της πρόσβασης στην υγειονομική περίθαλψη για ευάλωτους πληθυσμούς, ιδίως στους φτωχούς της υπαίθρου, αυξάνοντας τις εγκαταστάσεις και το προσωπικό υγειονομικής περίθαλψης
- 6. Συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης**
- Βελτίωση συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης και αύξηση της πρόσβασης των αγροτών σε αυτά
 - Παροχή εκπαίδευσης στους παραγωγούς για το πώς να προστατεύσουν τις καλλιέργειες και να αποθηκεύσουν τα τρόφιμα, ώστε να είναι προετοιμασμένοι για ακραία καιρικά φαινόμενα
- 7. Συλλογή αποδεικτικών στοιχείων για την ένταξη της διατροφής στην έρευνα για το κλίμα**
- Διεξαγωγή έρευνας και συλλογή και ανάλυση δεδομένων σχετικά με το πώς η κλιματική αλλαγή επηρεάζει τα συστήματα τροφίμων και πώς θα εξασφαλισθεί η επισιτιστική ασφάλεια εν μέσω αυτών των επιπτώσεων (Fanzo et al., 2018)

7.2 Ενίσχυση της μελλοντικής επισιτιστικής ασφάλειας

Η στασιμότητα στην παραγωγικότητα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων και η μείωση των αποδόσεων εν μέσω της υποβάθμισης των πόρων εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής, δημιουργούν νέες προκλήσεις σε πολλούς τομείς, και επισημαίνουν την ανάγκη για περαιτέρω επενδύσεις για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων. Παρ' όλα αυτά, πρέπει να διασφαλιστεί το δικαίωμα όλων των ατόμων σε τρόφιμα, όπως ορίζεται από την διακήρυξη του ΟΗΕ για την υπεράσπιση του δικαιώματος στη διατροφή, ανεξάρτητα από το κέρδος.

Η επανασύνδεση της γεωργίας μέσω ανανεωμένων επενδύσεων σε τεχνολογία, υποδομή και διαχείριση υδάτων, καθώς και σε νέες πολιτικές και θεσμούς, είναι ο κύριος δρόμος για την αντιμετώπιση των σύνθετων μελλοντικών προκλήσεων επισιτιστικής ασφάλειας.

Οι μελλοντικές επενδύσεις πρέπει να στοχεύουν τις γεωγραφικές περιοχές και τις καλλιέργειες τροφίμων των μικρών αγροτών. Οι διεθνείς οργανισμοί και οι εθνικές κυβερνήσεις πρέπει να συμμετάσχουν σε δραστηριότητες ζωτικής σημασίας για την προστασία της παγκόσμιας επισιτιστικής ασφάλειας, όπως:

- Επένδυση σε παγκόσμια δημόσια γεωργική έρευνα και ανάπτυξη, με έμφαση στο νερό για την επισιτιστική ασφάλεια και τη μείωση της φτώχειας.
- Διάδοση νέων τεχνολογιών παραγωγής τροφίμων σε μικρούς αγρότες τόσο στις αρδευόμενες όσο και στις βρόχινες καλλιέργειες.
- Προώθηση της παγκόσμιας διαχείρισης υδάτων και της κυριαρχίας των τροφίμων ως εναλλακτικό πρότυπο ανάπτυξης, που περιλαμβάνει την ασφάλεια των υδάτων, την επισιτιστική ασφάλεια, την ενεργειακή ασφάλεια και την ανακούφιση της φτώχειας μέσω των συμμετοχικών προσεγγίσεων σε όλο το φάσμα των ενδιαφερόμενων μερών.

Είναι σημαντικό οι αναπτυσσόμενες χώρες να δώσουν νέα έμφαση στην ενίσχυση της εγχώριας προμήθειας τροφίμων, καθώς δεν μπορούν να αντέξουν την εξάρτηση από τις ακριβές εισαγωγές τροφίμων. Τα περιφερειακά προγράμματα για τη βελτίωση της παραγωγικότητας και της επισιτιστικής ασφάλειας πρέπει να:

- Επικεντρωθούν στην προμήθεια σπόρων, εργαλείων και εξοπλισμού και άλλων στρατηγικών συνιστωσών, όπως πίστωση, διαχείριση νερού εντός αγροκτήματος, άρδευση μικρής κλίμακας, καλύτερος έλεγχος και αποστράγγιση νερού, συγκομιδή βροχής, εντατικοποίηση και διαφοροποίηση των καλλιεργειών, στην υδατοκαλλιέργεια, την αλιεία και τη ζωική παραγωγή, με συνολική έμφαση στον τεχνικό εκσυγχρονισμό και υποστήριξη σε μικροκαλλιεργητές και γυναίκες αγρότες.
- Εφαρμόσουν πολιτικές που αυξάνουν τη φυσική και οικονομική πρόσβαση στα τρόφιμα, μεταξύ άλλων μέσω δικτύων κοινωνικής ασφάλισης.
- Προωθήσουν συμμετοχικές πολιτικές και πρακτικές στους τομείς που κατέχουν το κλειδί για την επισιτιστική ασφάλεια, όπως τρόφιμα, γεωργία, κτηνοτροφία, αλιεία και δασοκομία.
- Προωθήσουν επενδύσεις σε ανθρώπινους πόρους, βιώσιμα τρόφιμα και αγροτική ανάπτυξη.
- Διασφαλίσουν την εθνική ιδιοκτησία, τη δέσμευση με τους αναπτυξιακούς εταίρους και τους μικροκαλλιεργητές και την ένταξη των φύλων. (Hanjra & Qureshi, 2010)

8. Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση

Βολουδάκης, Δ.Σ. (2015) ‘Προβλέψεις επίδρασης της κλιματικής αλλαγής στις αροτραίες καλλιέργειες στην Ελλάδα’, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σχολή Αγροτικής Παραγωγής Υποδομών και Περιβάλλοντος, Τμήμα Επιστήμης της Φυτικής Παραγωγής, Εργαστήριο Γεωργίας, Αθήνα.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (χ.χ.) ‘Αίτια της κλιματικής αλλαγής’ [Online], διαθέσιμο στην: https://ec.europa.eu/clima/change/causes_el [επισκέφθηκα στις 20/11/2020].

Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (2020) ‘Έδαφος, γη και κλιματική αλλαγή’ [Online], διαθέσιμο στην: <https://www.eea.europa.eu/el/simata-eop-2010/simata-2019/arhra/edafos-gi-kai-klimatiki-allagi> [επισκέφθηκα στις 2/12/2020].

Καρβούνης, Γ.Κ. (2014) ‘Ενέργεια και πράσινη ανάπτυξη: Το ενεργειακό πρόβλημα στην Ελλάδα και οι πολιτικές για τη μετάβαση στην πράσινη οικονομία’, Πάντειο Πανεπιστήμιο Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών, Τμήμα Κοινωνιολογίας, Αθήνα.

Κουνναμάς, Κ. (2015) ‘Οικοφυσιολογία της φύτευσης και επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής σε ενδημικά φυτά του Τροόδου (Κύπρος)’, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Βιολογίας, Τομέας Βοτανικής, Αθήνα.

Χάλκος, Γ. (2016) *Οικονομική Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος*, Εκδόσεις Δίσιγμα.

Χατζημπίρος, Κ. (2014) *Οικολογία: Οικοσυστήματα και προστασία του περιβάλλοντος*, 3η έκδοση, Αθήνα: Εκδόσεις Συμμετρία.

Ξενόγλωσση

Abberton, M., Marshall, A., Humphreys, M. (2008) *Livestock and Global Climate Change*, Editors: Rowlinson P., Steele M., Nefzaoui A., Cambridge University Press, Proceedings of International Conference, Hammamet, Tunisia.

Abou Hadid, A.F. (2009) *Arab environment climate change: Impact of climate change on Arab countries*, Publisher: The Arab forum for Environment and Development, Editors: Mostafa K. Tolba, Najib W. Saab.

Anderson, R., Bayer, P.E., Edwards, D. (2020) ‘Climate change and the need for agricultural adaptation’, *Current Opinion in Plant Biology*, **56**:197–202

Bateman, I., Fezzi, C., Askew, T., Munday, P., Pascual, U., Sen, A., Harwood, A. (2014) ‘Valuing Provisioning Ecosystem Services in Agriculture: The Impact of Climate Change on Food Production in the United Kingdom’, *Environmental and Resource Economics*, **57**(2):197–214

Campbell, I.D., Durant D.G., Hunter, K.L., Hyatt, K.D. (2014) ‘Food Production’, *Canada in a Changing Climate: Sector Perspectives on Impacts and Adaptation*, Editors: F.J. Warren and D.S. Lemmen, Government of Canada, Ottawa, p. 99-134.

Campbell, S. (2015) 'Let's not forget climate change in the food insecurity conversation: Why the homeless are most vulnerable', *Health promotion journal of Australia: official journal of Australian Association of Health Promotion Professionals*: Vol 26, Issue 2, Pages 161-162.

Chung Chen, C., McCarl, B., Cheng Chang, C. (2012) 'Climate change, sea level rise and rice: global market implications', *Climatic Change: An Interdisciplinary, International Journal Devoted to the Description, Causes and Implications of Climatic Change*, **110** 543–560.

Devereux, S. and Edwards, J. (2004) 'Climate Change and Food Security', *Life in a Time of Food Price Volatility: IDS Bulletin*: Vol 35, Issue 3, Pages 22-30.

De Vrese, P., Stacke, T., Hagemann, S. (2017) *Climate change imposed limitations on potential food production*, Earth System Dynamics Discussions, Hamburg, Germany.

Fanzo, J., Davis, C., McLaren, R., Choufani, J. (2018) 'The effect of climate change across food systems: Implications for nutrition outcomes', *Global Food Security*, **18** 12-19

Fao.org (2016) 'Livestock & Climate Change' [Online], διαθέσιμο στην: <http://www.fao.org/3/i6345e/i6345e.pdf> [επισκέφτηκα στις 14/01/2021].

Fao.org (2016) *The State of Food and Agriculture: Climate change, agriculture and food security*, Rome.

Fao.org (2019) *Fao's Work on Climate Change: United Nations Climate Change Conference*.

Fao.org (2021) 'FAO launches Green Cities Action Programme for Africa' [Online], διαθέσιμο στην: <http://www.fao.org/news/story/en/item/1412711/icode/> [επισκέφτηκα στις 25/06/2021].

Fao.org (2021) 'Nature is our first line of defence against desertification and drought' [Online], διαθέσιμο στην: <http://www.fao.org/climate-change/news/detail/fr/c/1412246/> [επισκέφτηκα στις 26/06/2021].

Friel, S. (2010) 'Climate change, food insecurity and chronic diseases: sustainable and healthy policy opportunities for Australia', *New South Wales Public Health Bulletin*: Vol 21(5-6):129-133.

Gill, M., Smith, P., Wilkinson, J.M. (2010) 'Mitigating climate change: the role of domestic livestock', *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*, Cambridge University Press, **4:3**, pp 323–333

Godber, O.F. and Wall, R. (2014) 'Livestock and food security: vulnerability to population growth and climate change', *Global Change Biology*, University of Bristol, UK, **20**, 3092–3102.

Gomez-Zavaglia, A., Mejuto, J.C., Simal-Gandara, J. (2020) 'Mitigation of emerging implications of climate change on food production systems', *Food Research International*, **134** 109256.

Gommes, R., Du Guerny, J., Nachtergaele, F., Brinkman, R. (1998) 'Potential Impacts of Sea-Level Rise on Populations and Agriculture' [Online], διαθέσιμο στην: <http://www.fao.org/3/au881e/au881e.pdf> [επισκέφθηκα στις 25/01/2021].

Gren, I.M., Moberg, E., Sall, S., Roos, E. (2019) 'Design of a climate tax on food consumption: Examples of tomatoes and beef in Sweden', *Journal of Cleaner Production*, **211** 1576-1585

Hanjra, M.A. and Qureshi, M.E. (2010) 'Global water crisis and future food security in an era of climate change', *Food Policy*, **35** 365-377

Havlík, P., Valin, H., Herrero, M., Obersteiner, M., Schmid, E., Rufino, M.C, Mosnier, A., Thornton, P.K., Böttcher, H., Conant, R.T., Frank, S., Fritz, S., Fuss, S., Kraxner, F., Notenbaert, A. (2014) 'Climate change mitigation through livestock system transitions', Editor: Clark, W.C, Harvard University, Cambridge, MA, [Online], διαθέσιμο στην: <https://www.pnas.org/content/pnas/111/10/3709.full.pdf> [επισκέφθηκα στις 16/02/2021].

Henry, B., Charmley, E., Eckard, R., Gaughan, J.B., Hegarty, R. (2012) 'Livestock production in a changing climate: adaptation and mitigation research in Australia', *Crop and Pasture Science* 63(3) 191-202

Hull, R., Head, G., Tzotzos, G. (2020) *Genetically Modified Plants: Assessing Safety and Managing Risk*, Second Edition.

Jat, M.L., Dagar, J.C., Sapkota, T.B., Singh, Y., Govaerts, B., Ridaura, S.L., Saharawat, Y.S., Sharma, R.K., Tetarwal, J.P., Jat, R.K., Hobbs, H., Stirling, C. (2016) 'Climate Change and Agriculture: Adaptation Strategies and Mitigation Opportunities for Food Security in South Asia and Latin America', *Advances in Agronomy*, Vol 137, Pages 127-235.

Kanitkar, T. (2014) 'Climate Change and Food Production Systems', *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, [Field, C. B., Barros, V. R., Dokken, D. J. Mach, K. J., Mastrandrea, M. D., Bilir, T. E., Chatterjee, M., Ebi, K. L., Estrada, Y. O., Genova, R. C., Girma, B., Kissel, E. S., Levy, A. N., MacCracken, S., Mastrandrea, P. R. and White, L. L. (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge and New York, p. 160-167.

King, D., Schrag, D., Dadi, Z., Ye, Q., Ghosh, A. (2015) *Climate Change: A Risk Assessment*, Editors: Hynard, J. and Rodger, T., Center for Science and Policy, University of Cambridge.

Kukal, M.S. and Irmak, S. (2018) 'Climate-Driven Crop Yield and Yield Variability and Climate Change Impacts on the U.S. Great Plains Agricultural Production' [Online], διαθέσιμο στην: <https://www.nature.com/articles/s41598-018-21848-2#Tab1> [επισκέφθηκα στις 5/03/2021].

Kulmer, V., Jury, M., Wong, S., Kortschak, D. (2020) ‘Global resource consumption effects of borderless climate change: EU’s indirect vulnerability’, *Environmental and Sustainability Indicators*, **8** 100071.

Kulshreshtha, S. and Wheaton, E. (2013) *Climate change adaptation and food production in Canada: some research challenges*, University of Saskatchewan, Conference: Food and Environment, Vol 170, Canada, in WIT Press.

Lake, I.R., Hooper, L., Abdelhamid, A., Bentham, G., Boxall, A.B.A., Draper, A., Fairweather-Tait, S., Hulme, M., Hunter, P.R., Nichols, G., Waldron, K.W. (2012) ‘Climate Change and Food Security: Health Impacts in Developed Countries’ [Online], διαθέσιμο στην: <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/full/10.1289/ehp.1104424> [επισκέφτηκα στις 20/03/2021].

Larbodière, L., Davies, J., Schmidt, R., Magero, C., Vidal, Arroyo Schnell, A., Bucher, P., Magnus, S., Cox, N., Hasinger, O., Abhilash, P.C., Conner, N., Westerberg, V., Costa, L. (2020) *Common ground: restoring land health for sustainable agriculture*, Gland, Switzerland: IUCN.

Lee-Ann, J., Woolridge, M., Frank, J.M., Miraglia, M., McQuatters-Gollop, A., Tirado, C., Clarke, R., Friel, M. (2009) ‘Climate change: implications for food safety’ [Online], διαθέσιμο στην: <http://www.fao.org/3/i0195e/i0195e00.pdf> [επισκέφτηκα στις 21/02/2021].

Le Treut, H., Somerville, R., Cubasch, U., Ding, Y., Mauritzen, C., Mokssit, A., Peterson, T. and Prather, M. (2007): Historical Overview of Climate Change. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Mbow, C., Van Noordwijk, M., Luedeling, E., Neufeldt, H., Minang, P.A., Kowero G. (2014) ‘Agroforestry solutions to address food security and climate change challenges in Africa’, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, **6**:61–67

Melkonyan, A., Krumme, K., Gruchmann, T., De La Torre, G. (2017) ‘Sustainability assessment and climate change resilience in food production and supply’, *Energy Procedia*, **123** 131-138.

Miraglia, M., Marvin, H.J.P., Kleter, G.A., Battilani, P., Breta, C., Coni, E., Cubadda, F., Croci, L., De Santis, B., Dekkers, S., Filippi, L., Hutjes, R.W.A., Noordam, M.Y., Pisante, M., Piva, G., Prandini, A., Toti, L., van den Born, G.J., Vespermann, A. (2009) ‘Climate change and food safety: An emerging issue with special focus on Europe’, *Food and Chemical Toxicology*, **47** 1009-1021.

Mitloehner, F. (2020) ‘For methane, GWP100 not measuring up’ [Online], διαθέσιμο στην: <https://clear.ucdavis.edu/blog/methane-gwp100-not-measuring> [επισκέφτηκα στις 5/04/2021].

Mrabet, R., Savé, R., Toreti, A., Caiola, N., Chentouf, M., Llasat, M.C., Mohamed, A.A.A., Santeramo, F.G., Sanz-Cobena A., Tsikliras, A. (2020) Food. In: *Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin – Current Situation and Risks for the Future. First Mediterranean Assessment Report* [Cramer W, Guiot J, Marini K (eds.)] Union for the Mediterranean, Plan Bleu, UNEP/MAP, Marseille, France, 26pp, in press

nasa.gov (2020) ‘2020 Arctic Sea Ice Minimum at Second Lowest on Record’ [Online], διαθέσιμο στην: <https://climate.nasa.gov/news/3023/2020-arctic-sea-ice-minimum-at-second-lowest-on-record/> [επισκέφτηκα στις 7/2/2021].

pnas.org (2007) ‘Global fish production and climate change’ [Online], διαθέσιμο στην: <https://www.pnas.org/content/104/50/19709> [επισκέφτηκα στις 26/2/2021].

Qureshi, M.E., Hanjra, M.A., Ward, J. (2013) ‘Impact of water scarcity in Australia on global food security in an era of climate change’, *Food Policy*, **38** 136-145.

Ray, D.K., West, P.C., Clark, M., Gerber, J.S., Prishchepov, A.V., Chatterjee, S. (2019) ‘Climate change has likely already affected global food production’ [Online], διαθέσιμο στην: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0217148> [επισκέφτηκα στις 11/04/2021].

Rojas-Downing, M.M., Nejadhashemi, A.P., Harrigan, T., Woznicki, S.A. (2017) ‘Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation’, *Climate Risk Management*, **16** 145-163.

Sahu, G. and Das, S. (2020) ‘Regenerative Agriculture: Future of Sustainable Food Production’, *Biotica Research Today*, 2(8): 745-748

Smith, P. and Gregory, P.J. (2013) ‘Climate change and sustainable food production’, *Proceedings of the Nutrition Society*, **72** 21-28.

Singh, P., Chandra Pandey, P., Petropoulos, G.P., Pavlides, A., Srivastava, P.K., Koutsias, N., Deng, K.A.A., Bao, Y. (2020) ‘Hyperspectral remote sensing in precision agriculture: present status, challenges, and future trends’, *Hyperspectral Remote Sensing: Theory and Applications*, A volume in Earth Observation, Pages 121-146.

Spalevic, V., Škatarić, G., Tanaskovik, V., Markoski, M. (2020) *Impact of irrigation for Sustainable Food Production on Climate change*, University of Montenegro, GEA (Geo Eco-Eco Agro) International Conference - Book of Abstracts, Podgorica, Montenegro.

Springmann, M., Mason-D'Croz, D., Robinson, S., Garnett, T., Godfray, C., Gollin, D., Rayner, M., Ballon, P., Scarborough, P. (2016) ‘Global and regional health effects of future food production under climate change: a modelling study’, *The Lancet*, 387: 1937–46

Staal, A., Fetzer, I., Wang-Erlandsson, L., Bosmans, J.H.C., Dekker, S.C., Van Nes, E.H., Rockström, J., Tuinenburg, O.A. (2020) ‘Hysteresis of tropical forests in the 21st

century' [Online], διαθέσιμο στην: <https://www.nature.com/articles/s41467-020-18728-7> [επισκέφθηκα στις 30/03/2021].

Van der Spiegel, M., Van der Fels-Klerx, H.J., Marvin, H.J.P. (2012) 'Effects of climate change on food safety hazards in the dairy production chain', *Food Research International*, **46** 201-208.

Wu, W., Verburg, P.H., Tang, H. (2014) 'Climate change and the food production system: impacts and adaptation in China', *Regional Environmental Change*, 14:1–5

Ye, L., Xiong, W., Li, Z., Yang, P., Wu, W., Yang, G., Fu, Y., Zou, J., Chen, Z., Van Ranst, E., Tang, H. (2013) 'Climate change impact on China food security in 2050', *Agronomy for Sustainable Development*, 33:363–374

Yeni, F. and Alpas, H. (2017) 'Vulnerability of global food production to extreme climatic events', *Food Research International*, **96** 27-39.

Zilli, M., Scarabello, M., Soterroni, A.C., Valin, H., Mosnier, A., Leclère, D., Havlík, P., Kraxner, F., Lopes, M.A., Ramos, F.M. (2020) 'The impact of climate change on Brazil's agriculture', *Science of the Total Environment*, **740** 139384.