

| | |
|---|--|
| Γενικές Πληροφορίες Μαθήματος | |
| Τίτλος μαθήματος | Επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη γεωργία και μέτρα προσαρμογής |
| Κωδικός Μαθήματος | EMΠ48 |
| Εξάμηνο διδασκαλίας σύμφωνα με τον Οδηγό Σπουδών | 2 ^ο εξάμηνο (εαρινό) |
| Ώρες διδασκαλίας ανά εβδομάδα | Θεωρητικές Διαλέξεις: 13 X 2 ώρες Εργαστηριακές ασκήσεις: 10 X 2 ώρες |
| Μονάδες ECTS | 10 |

Περιγραφή Διδακτέας Ύλης

Η κλιματική αλλαγή και η ατμοσφαιρική ρύπανση, δύο στενά συνδεδεμένα περιβαλλοντικά θέματα, προκαλούν ήδη δυσκολίες στην παγκόσμια παραγωγή τροφίμων οι οποίες απασχολούν επιστήμονες και πολιτικούς σε όλο τον πλανήτη. Σήμερα, οι επιπτώσεις στη γεωργική παραγωγή, στα αγροοικοσυστήματα και ευρύτερα είναι μετρήσιμες. Ιδιαίτερα σε σχέση με τη ρύπανση της ατμόσφαιρας, η Ελλάδα είναι μια από τις πρώτες περιοχές της Ευρώπης σε ότι αφορά την συχνότητα και ένταση των φωτοχημικών επεισοδίων. Ταυτόχρονα, στην ίδια θέση κατατάσσεται σε ότι αφορά την αύξηση της θερμοκρασίας τα αμέσως επόμενα χρόνια.

Η γεωργική παραγωγή θα είναι δυνατόν να ικανοποιήσει τη μελλοντική ζήτηση στα προβλεπόμενα σενάρια μόνο εάν επιταχυνθούν οι αναγκαίες αλλαγές στα γεωργικά συστήματα. Η απαιτούμενη προσέγγιση είναι ολιστική και θα πρέπει να περιλαμβάνει βιώσιμη διαχείριση των καλλιεργειών και των φυσικών πόρων, γενετικό υλικό που να αντέχει στις πολλαπλές οξειδωτικές καταπονήσεις και αναθεωρημένη πολιτική τροφίμων.

Στα πλαίσια αυτού του μαθήματος θα αναπτυχθούν τα μέχρι σήμερα δεδομένα της επιστήμης σχετικά με την απαιτούμενη προσαρμογή της γεωργικής παραγωγής στις βιοτικές και αβιοτικές πιέσεις, τις βιώσιμες τεχνολογίες και την εξοικονόμηση πόρων. Επιπλέον, θα αναπτυχθούν νέα εργαλεία για την ενίσχυση της προσαρμογής των καλλιεργειών και υπολογισμό των δεικτών που ήδη απαιτούνται από τα συστήματα παραγωγής τροφίμων. Σκοπός του μαθήματος είναι η ανάπτυξη δεξιοτήτων για τη διαχείριση των στρατηγικών προσαρμογής και τον σχεδιασμό παρεμβάσεων άμβλυνσης των αλλαγών στα καλλιεργητικά συστήματα. Επίσης, στόχο του μαθήματος αποτελεί η μετάδοση γνώσεων για τη χαρτογράφηση του κινδύνου, την αναζήτηση των αλλαγών που θα μπορούσαν να υιοθετηθούν ώστε να εξασφαλισθεί η επάρκεια και η ασφάλεια τροφίμων και η κατανόηση των πιθανών ανάδρομων δράσεων σε δεδομένες περιβαλλοντικές και κοινωνικοοικονομικές συνθήκες. Τα ανωτέρω συνιστούν απαραίτητη γνώση για τους σημερινούς φοιτητές και αυριανούς ερευνητές των περιβαλλοντικών επιστημών.

Περιεχόμενο Μαθήματος

Αντικείμενα Θεωρητικών Διαλέξεων

1. Από την ατμοσφαιρική ρύπανση στην κλιματική αλλαγή: Επιδράσεις στις κοινωνίες, και στην επάρκεια και την ασφάλεια των τροφίμων.

2. Μέθοδοι για τη μελέτη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα συστήματα γεωργικής παραγωγής.
3. Φυσιολογικές, βιοχημικές και μοριακές ανταποκρίσεις των φυτών στην κλιματική αλλαγή.
4. Ανταποκρίσεις των φυτών στην ατμοσφαιρική ρύπανση.
5. Έδαφος και δομή της μικροβιακής κοινότητας.
6. Αντιδράσεις οικοσυστημάτων. Επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα.
7. Πολλαπλοί παράγοντες καταπόνησης των καλλιεργειών.
8. Γενετική Βελτίωση για προσαρμογή.
9. Υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα και νερού των καλλιεργειών.
10. Αντιμετώπιση της κλιματικής μεταβλητότητας στη γεωργία - Κλιματικά έξυπνη γεωργία.
11. Ο ρόλος των μοντέλων για την προσαρμογή και την ανεκτικότητα των καλλιεργητικών συστημάτων.
12. Βιώσιμες τεχνολογίες για προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή.
13. Το μέλλον της Γεωργικής Παραγωγής. Τα όρια της επιστήμης.

Αντικείμενα Εργαστηριακών Ασκήσεων

1. Μέτρηση μορφολογικών παραμέτρων των καλλιεργούμενων φυτών υπό την επίδραση περιβαλλοντικών αλλαγών.
2. Μέτρηση φυσιολογικών παραμέτρων των καλλιεργούμενων φυτών υπό την επίδραση περιβαλλοντικών αλλαγών.
3. Υπολογισμός αποτυπώματος άνθρακα σε συμβατικές και αειφορικές καλλιέργειες (μελέτη περιπτώσεων).
4. Υπολογισμός αποτυπώματος νερού σε συμβατικές και αειφορικές καλλιέργειες (μελέτη περιπτώσεων).
5. Τεχνικές προσαρμογής καλλιεργειών στην κλιματική αλλαγή.
6. Ανάπτυξη καλλιεργειών με ελλειμματικές αρδεύσεις.
7. Μέτρηση ποιοτικών και ποσοτικών επιπτώσεων των ατμοσφαιρικών ρύπων στις καλλιέργειες.
8. Η χρήση των φυτοδεικτών για την εκτίμηση της ζημιάς των ατμοσφαιρικών ρύπων στα φυτά.
9. Εκτίμηση της επικινδυνότητας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη γεωργική παραγωγή.
10. Σχεδιασμός αειφορικών συστημάτων καλλιέργειας.

Σκοπός του Μαθήματος

Το μάθημα αποσκοπεί να καταστήσει τους φοιτητές ικανούς να:

- να κατανοήσουν και να εκτιμήσουν την ευαισθησία των συστημάτων τροφίμων στις συντελούμενες αλλαγές,
- να υπολογίσουν και να χαρτογραφήσουν τον κίνδυνο,

- ο να αναζητούν τις αλλαγές που θα μπορούσαν να υιοθετηθούν ώστε να εξασφαλισθεί η επάρκεια και η ασφάλεια τροφίμων και
- ο να διερευνήσουν τις πιθανές ανάδρομες δράσεις σε δεδομένες περιβαλλοντικές και κοινωνικοοικονομικές συνθήκες.

Μέθοδος Αξιολόγησης Φοιτητών

- Γραπτή ή/και προφορική εξέταση 60% της βαθμολογίας.
- Δύο ατομικές εργασίες, 40% της βαθμολογίας.

Προαπαιτούμενες γνώσεις για την ομαλή παρακολούθηση

Βασικό πτυχίο θετικών επιστημών

Πολύ καλή γνώση της Αγγλικής γλώσσας

Προτεινόμενα συγγράμματα

Γουμενάκη, Ε., 2017. *Σημειώσεις για το μάθημα Περιβαλλοντικές Αλλαγές και Συστήματα Τροφίμων*. ΤΕΙ Κρήτης, Ηράκλειο, 93 σελ.

Δαλέζιος, Ν., 2015. Κλιματική αλλαγή και γεωργία. https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3739/1/02_chapter_10.pdf.

Ζουμπούλης, Α.Ι., Πελέκα, Ε.Ν. και Τριανταφυλλίδης, Κ.Σ., 2015. Πράσινη χημεία και τεχνολογία στη βιώσιμη ανάπτυξη. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύναδμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. σελ. 113-144. Διαθέσιμο στο: <https://repository.kallipos.gr/handle/11419/2320>.

Bell, J.N.B. and Treshow, M., 2002. *Air Pollution and Plant Life*. Wiley, West Sussex, UK, 465p.

Fuhrer, J., and Gregory, J.P., 2014. *Climate Change Impact and Adaptation in Agricultural Systems*. CAB International, Oxfordshire, UK, 285 p.

Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M. and Mekonnen, M. M., 2009. *Water footprint manual—State of the Art 2009*. Water Footprint Network. Water Footprint Network. Enschede, The Netherlands. pp.131.

Newman, A.J., Anand, M., Henry, A.L.H., Hunt, S., Gedalof, Z., 2011. *Climate Change Biology*. CAB International, Oxfordshire, UK, 289 p.

Reynolds, P.M., 2011. *Climate Change & Crop Production*. CAB International, Oxfordshire, UK, 292 p.

Notarnicola, B., Tassielli, G., Renzulli, P.A. and Giudice, A.L., 2015. *Life Cycle Assessment in the agri-food sector: An overview of its Key Aspects, International Initiatives, Certification, Labelling Schemes and Methodological Issues*. IN: Notarnicola, B., Salomone, P., Petti, L., Renzulli, P.A., Roma, R. and Cerutti, A.K. (eds) *Life Cycle Assessment in the Agri-food Sector*. Springer International Publishing, Switzerland. pp. 1-56.

Δημοσιεύσεις σε διεθνή περιοδικά

Becklin, K.M., Anderson, J.T., Gerhart, L.M., Wadgymar, S.M., Wessinger, C.A., Ward, J.K., 2016. Examining plant physiological responses to climate change through an evolutionary lens. *Plant Physiology* 172:635–649.

Boura, A., Koroneos, C. J. and Moussiopoulos, N., 2000. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 5:203 –204.

Campbell B.M., Vermeulen S.J., Aggarwal P.K., et al., 2016. Reducing risks to food security from climate change. *Global Food Security* 11: 34-43

Čuček, L., Klemes, J. J., and Kravanja, Z., 2012. A review of footprints analysis

- tools for monitoring impacts on sustainability. *Journal of Cleaner Production* 34:9–20.
- Eberle, U. and Fels, J., 2016. Environmental impacts of German food consumption and food losses. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 21:759–772.
- Galli, A., Wiedmann, T., Ercin, E., Knoblauch, D., Ewing, B. and Giljum, S., 2012. Integrating ecological, carbon and water footprint into a “Footprint Family” of indicators: Definition and role in tracking human pressure on the planet. *Ecological Indicators*, 16: 100–112.
- Gillespie, C., Stabler, D., Tallentire, E., Goumenaki, E., Barnes, J., 2015. Exposure to environmentally relevant levels of ozone negatively influence pollen and fruit development. *Environmental Pollution* 206: 494-501.
- Goumenaki E., Gonzalez-Fernandez I., Papanikolaou A., Papadopoulou D., Askianakis C., Kouvarakis G., and Barnes J., 2007. Derivation of ozone flux-yield relationships for lettuce: a key horticultural crop. *Environmental Pollution* 146, 699-706.
- Goumenaki E., Taybi T., Borland A., Barnes J., 2010. Mechanisms underlying the impacts of ozone on photosynthetic performance. *Environmental and Experimental Botany* 69 (3), 259-266.
- Jensen, A. A., Hoffman, L., Møller, B. T., Schmidt, A., Christiansen, K., Berendsen, S. and Elkington, J., 1997. *Life Cycle Assessment: A guide to approaches, experiences and information sources*. European Environment Agency. Environmental Issues Series 6:1-116.
- Karmakar, R., Das, I., Dutta, D. and Rakshit, A., 2016. Potential Effects of Climate Change on Soil Properties: A Review. *Science International*, 4(2): 51-73.
- Köhler, A., & Aoustin, E., 2008. Project group on assessment of use and depletion of water resources within LCA. UNEP/SETAC life cycle initiative SETACEurope annual meeting, Warsaw Ecological Systems Design Group. <http://www.wulca-waterlca.org/pdf/wulca.pdf>. Accessed 12 Nov 2013.
- Meier, M.S., Stoessel, F., Jungbluth, N, Juraske, R., Schader, C. and Stolze, M., 2015 Environmental impacts of organic and conventional agricultural products. Are the differences captured by life cycle assessment? *Journal of Environmental Management* 149: 193-208.
- Moore FC, Baldos U, Hertel T, Diaz D (2017) New Science of Climate Change Impacts on Agriculture Implies Higher Social Cost of Carbon. *Nature Communications* 8: 1607
- Qafoku, P. N., 2015. Climate-Change Effects on Soils: Accelerated Weathering, Soil Carbon, and Elemental Cycling. In: *Advances in Agronomy*, Sparks D.L. (eds), Academic Press, 131: 111-172. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2014.12.002>
- Rasul G, Sharma B (2015) The nexus approach to water-energy-food security: an option for adaptation to climate change. *Climate Policy* 16(6):682-702.
- Rozakis, S., Haque, M. I., Natsis, A., Borzecka-Walker, M. and Mizak, K., 2013. Cost-effectiveness of bioethanol policies to reduce carbon dioxide emissions in Greece. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 18: 306–318.
- Smith, P., 2012. Soils and climate change. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4(5): 539-544. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2012.06.005>
- Tirado MC, Clarke R, Jaykus LA, McQuatters-Gollop A, Franke JM (2010) Climate change and food safety: a review. *Food Research International*

43:1745–65

Vermeulen, S. J., Campbell, B. M. and Ingram, J. S. I., 2012. Climate change and food systems. *Annual Review of Environment and Resources* 37: 195–222.

General Course Information

| | |
|---|---|
| Course title | Climate Change and air pollution impacts on crops and adaptation strategies |
| Course Number | EMII48 |
| Teaching semester (according to the Study Guide) | 2nd |
| Teaching hours per week | Theoretical lectures: 13 X 2 hours Practicals: 10 X 2 hours |
| ECTS credits | 10 |

Curriculum

Course Outline

Climate change and air pollution, two closely related environmental issues, cause considerable problems in world food production, already a major concern to scientists and politicians across the planet. Today, the impacts on agricultural production, in agroecosystems and the broader environment are measurable. Especially in relation to atmospheric pollution Greece is one of the first areas of Europe in terms of frequency and intensity of photochemical episodes. At the same time, the country has been classed among the first ones in relation to temperature increase in the coming years.

In the relevant crisis scenarios, agricultural production will be sufficient against future demands only if the necessary changes are made to the agricultural production systems. Holistic approaches must include sustainable farm and resource management, genetic material resistant to oxidative stresses and substantial reforms in food policies.

This course will include the current state of the art knowledge on the required adaptation of agricultural production to biotic and abiotic pressures, relevant sustainable technologies and natural resource management. New tools will be presented for the support of crop adaptation and mitigation technologies, already required for the food production systems.

The goal is to develop the necessary skills to manage adaptation strategies and design change mitigation interventions in crop systems. The course also aims to disseminate risk mapping knowledge, to look for changes that could be adopted to ensure food security and safety, and to understand possible retrograde actions in given environmental and socio-economic conditions. Another intended learning outcome of this course is the knowledge required by the students for risk assessment and mapping, for the search on changes that could be adopted to maintain food safety and security, as well as the comprehension of necessary retrograde actions in given environmental and socio-economic conditions.

All the above constitute necessary knowledge for today's students and researchers

of environmental sciences.

Lectures

1. Air Pollution and Climate Change: Potential Impacts on Society and Food Security and Safety.
2. Methods for Studying the Impacts of Air Pollution and Climatic Change on Agricultural Systems.
3. Physiological, biochemical and molecular plant responses to climate change.
4. Plant responses to air pollution.
5. Soil and Soil Microorganisms.
6. Ecosystems responses. Impacts on biodiversity.
7. Multiple stressors.
8. Genetic Improvement and Adaptation.
9. Life Cycle Assessment in the Agri-food sector.
10. Climate-smart Agriculture.
11. Models of Climate Change Adaptation and Mitigation
12. Sustainable and resource-conserving technologies for adaptation to and mitigation of climate change
13. The Future of Agricultural Production. The Limits of Science.

Practicals

1. Measurements of morphological parameters on cultivated plants under the influence of environmental changes.
2. Physiological parameters: Measurements on cultivated plants under the influence of environmental changes.
3. Carbon footprint calculations for conventional and sustainable cropping systems (case studies).
4. Water footprint calculations for conventional and sustainable cropping systems (case studies).
5. Climate change adaptation strategies for cropping systems.
6. Deficit irrigation practices.
7. Measurement of qualitative and quantitative effects of air pollutants on crops.
8. Biomarkers of air-pollution stress and damage in crops.
9. Risk assessment of air pollution in agricultural production.
10. Design of sustainable cropping systems.

Purpose of the Course

The course aims to enable students to:

- understand and appreciate the sensitivity of food systems to environmental changes
- calculate and map the risks,
- seek for changes that could be adopted to ensure food security and safety,
- explore possible retrograde actions in given environmental and socio-economic conditions.

Student Assessment Method(s)

- Written and / or oral examination, 60% of the total assessment.
- Two individual projects, 40% of the total assessment.

Background knowledge Prerequisites

BSc in a Science Subject
Proficient use of English

Suggested literature

- Becklin, K.M., Anderson, J.T., Gerhart, L.M., Wadgyamar, S.M., Wessinger, C.A., Ward, J.K., 2016. Examining plant physiological responses to climate change through an evolutionary lens. *Plant Physiology* 172:635–649.
- Bell, J.N.B. and Treshow, M., 2002. *Air Pollution and Plant Life*. Wiley, West Sussex, UK, 465p.
- Boura, A., Koroneos, C. J. and Moussiopoulos, N., 2000. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 5:203 –204.
- Campbell BM, Vermeulen SJ, Aggarwal PK, et al., 2016. Reducing risks to food security from climate change. *Global Food Security* 11: 34-43
- Čuček, L., Klemes, J. J., and Kravanja, Z., 2012. A review of footprints analysis tools for monitoring impacts on sustainability. *Journal of Cleaner Production* 34:9–20.
- Eberle, U. and Fels, J., 2016. Environmental impacts of German food consumption and food losses. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 21:759–772.
- Fuhrer, J., and Gregory, J.P., 2014. *Climate Change Impact and Adaptation in Agricultural Systems*. CAB International, Oxfordshire, UK, 285 p.
- Galli, A., Wiedmann, T., Ercin, E., Knoblauch, D., Ewing, B. and Giljum, S., 2012. Integrating ecological, carbon and water footprint into a “Footprint Family” of indicators: Definition and role in tracking human pressure on the planet. *Ecological Indicators*, 16: 100–112.
- Gillespie, C., Stabler, D., Tallentire, E., Goumenaki, E., Barnes, J., 2015. Exposure to environmentally relevant levels of ozone negatively influence pollen and fruit development. *Environmental Pollution* 206: 494-501.
- Goumenaki E., Gonzalez-Fernandez I., Papanikolaou A., Papadopoulou D., Askianakis C., Kouvarakis G., and Barnes J., 2007. Derivation of ozone flux-yield relationships for lettuce: a key horticultural crop. *Environmental Pollution* 146, 699-706.
- Goumenaki E., Taybi T., Borland A., Barnes J., 2010. Mechanisms underlying the impacts of ozone on photosynthetic performance. *Environmental and Experimental Botany* 69 (3), 259-266.
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M. and Mekonnen, M. M., 2009. *Water footprint manual—State of the Art 2009*. Water Footprint Network. Water Footprint Network. Enschede, The Netherlands. pp.131.
- Jensen, A. A., Hoffman, L., Møller, B. T., Schmidt, A., Christiansen, K., Berendsen, S. and Elkington, J., 1997. *Life Cycle Assessment: A guide to approaches, experiences and information sources*. European Environment Agency. *Environmental Issues Series* 6:1-116.
- Karmakar, R., Das, I., Dutta, D. and Rakshit, A., 2016. Potential Effects of Climate Change on Soil Properties: A Review. *Science International*, 4(2): 51-73.
- Köhler, A., & Aoustin, E., 2008. Project group on assessment of use and depletion of water resources within LCA. UNEP/SETAC life cycle initiative SETACEurope annual meeting, Warsaw Ecological Systems Design Group. <http://www.wulca-waterlca.org/pdf/wulca.pdf>. Accessed 12 Nov 2013.
- Meier, M.S., Stoessel, F., Jungbluth, N., Juraske, R., Schader, C. and Stolze, M., 2015

- Environmental impacts of organic and conventional agricultural products. Are the differences captured by life cycle assessment? *Journal of Environmental Management* 149: 193-208.
- Moore FC, Baldos U, Hertel T, Diaz D (2017) New Science of Climate Change Impacts on Agriculture Implies Higher Social Cost of Carbon. *Nature Communications* 8: 1607
- Newman, A.J., Anand, M., Henry, A.L.H., Hunt, S., Gedalof, Z., 2011. *Climate Change Biology*. CAB International, Oxfordshire, UK, 289 p.
- Notarnicola, B., Tassielli, G., Renzulli, P.A. and Giudice, A.L., 2015. Life Cycle Assessment in the agri-food sector: An overview of its Key Aspects, International Initiatives, Certification, Labelling Schemes and Methodological Issues. IN: Notarnicola, B., Salomone, P., Petti, L., Renzulli, P.A., Roma, R. and Cerutti, A.K. (eds) *Life Cycle Assessment in the Agri-food Sector*. Springer International Publishing, Switzerland. pp. 1-56.
- Qafoku, P. N., 2015. Climate-Change Effects on Soils: Accelerated Weathering, Soil Carbon, and Elemental Cycling. In: *Advances in Agronomy*, Sparks D.L. (eds), Academic Press, 131: 111-172. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2014.12.002>
- Rasul G, Sharma B (2015) The nexus approach to water-energy-food security: an option for adaptation to climate change. *Climate Policy* 16(6):682-702.
- Reynolds, P.M., 2011. *Climate Change & Crop Production*. CAB International, Oxfordshire, UK, 292 p.
- Rozakis, S., Haque, M. I., Natsis, A., Borzecka-Walker, M. and Mizak, K., 2013. Cost-effectiveness of bioethanol policies to reduce carbon dioxide emissions in Greece. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 18: 306–318.
- Smith, P., 2012. Soils and climate change. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4(5): 539-544. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2012.06.005>
- Tirado MC, Clarke R, Jaykus LA, McQuatters-Gollop A, Franke JM (2010) Climate change and food safety: a review. *Food Research International* 43:1745–65
- Vermeulen, S. J., Campbell, B. M. and Ingram, J. S. I., 2012. Climate change and food systems. *Annual Review of Environment and Resources* 37: 195–222.