

Bölüm 4

İklim Değişikliğinin Bitkiler Üzerine Etkileri

Tefide KIZILDENİZ¹

GİRİŞ

On dokuzuncu yüzyılın başlarından beri yani endüstri öncesi dönemden beri, insanların yapmış olduğu faaliyetler atmosferik CO₂ seviyesini 280 mol mol⁻¹ havaya (ppmv)'den, 2012–2013'te yapılan ölçümlerde 389 – 400 ppmv yükselttiği gözlemlenmiştir. ⁽¹⁾ Günümüzde atmosferik CO₂ miktarı 550 ppmv olarak ölçülmüş ve bu yüzyılın sonunda 700 ppmv'ye ulaşacağı tahmin edilmektedir⁽¹⁾. Atmosferik CO₂, diğer faktörlerle bağlantılıdır ve küresel ısınmaya neden olan ve artmaya devam eden çok önemli antropojenik sera gazlarından biridir. Bu bağlantılardan biri sıcaklıkla ilgilidir. Atmosferik CO₂ emisyonlarının artmasıyla yaklaşık 1,8 ile 4,0 °C aralığında sıcaklık artışlarının olması ön görülmektedir.⁽²⁾ Bu tahminlere göre, 1995 ile bugüne kadar, 1850'den bu yana en sıcak küresel yüzey sıcaklığı gözlemlendiği belirtilmiştir. Ayrıca, iklim değişikliğinin bitkisel üretimdeki su mevcudiyetini azalttığı ve su kıtlığından etkilenen tarım bölgelerinin sayısını artırarak mahsul verimliliğini azalttığı da ilişkilendirilmektedir.⁽³⁾ Değişen iklim yoluyla, artan irradyasyon periyotları ile bulut modellerinin de Akdeniz Bölgesi gibi bölgelerde değişmesi beklenmektedir.⁽⁴⁾ Başta Karasal ve Akdeniz iklim bölgeleri olmak üzere dünyanın birçok yerinde sıcaklık ve su kıtlığı artmaktadır. Antropojenik etki nedeni ile miktarı artan sera gazlarından en önemlileri olan yüksek CO₂, sıcaklık ve kuraklık faktörlerine ek olarak, UV ışığı doğru şekilde yansımaz, bitkilerin fotosentetik üretkenliğini ve metabolizmasını etkiler.^{(5) (6)}

Yukarıda bahsedilen iklim değişikliği faktörlerinin bitkiler üzerindeki etkileri ise genel olarak bitki çeşitlerine ve yetiştirildiği yere göre farklılık göstermektedir. C₃ bitkileri için radyasyon kullanım verimliliği (RUE) ve atmosferik CO₂ asimilasyonu arasındaki belirgin bir ilişki vardır. RUE, kuru madde birikimi ve birikmiş yakalanan küresel radyasyon oranıdır. Bu bağlamda, RUE değeri yüksek fotosentez seviyelerinde maksimumdur. ⁽⁷⁾ RUE üzerindeki atmosferik CO₂ etkisi (g MJ⁻¹), C₃ bitkileri için atmosferdeki her bir ppmv CO₂ artışını takiben RUE'nin

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, tkizildeniz@ohu.edu.tr

değişikliği yöntem ve metotlarının en doğru şekilde tercih edilmesiyle üretimi yapılan bitki türleri ve/veya çeşitleri için iklim değişikliğinin bitkiler üzerine etkileri çalışılmalı ve bu çalışmalar sonucu ortaya çıkan sonuçlar doğrultusunda yetiştiriciliği yapılacak yere göre yerel, bölgesel ve ulusal karar alıcıların iklim değişikliği politikalarına yön vermeleri gerekmektedir.

TEŞEKKÜRLER

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne "TGT 2021/5-HIDEP" nolu proje kapsamında, iklim değişikliği araştırmaları için Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi'nde bulunan bitki büyüme kabinlerinde gerçekleştirilen, yonca bitkileri üzerindeki iklim değişikliği simülasyon çalışmalarına katkılarından dolayı teşekkür ederiz. Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü bünyesinde bulunan, dört farklı iklim değişikliği simülasyon seralarında yetiştirilen yonca bitkilerine, iklim değişikliğinin etkilerinin araştırıldığı çalışmalarımıza desteklerinden dolayı teşekkür eder, bu çalışmalarda, değerli destek ve katkılarını esirgemeyen Prof. Dr. Nihat Tursun, Dr. Öğt. Üyesi Ayşe Özlem Tursun ve Ar. Gör Yücel Karaman'a da teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. Prentice, I. C., Farquhar, G. D., Fasham, M. J. R., Goulden, M. L., Heimann, M., Jaramillo, V. J., ... & Yool, A. (2001). The carbon cycle and atmospheric CO₂. In *Climate Change 2000: The Science of Climate Change. Contributions of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 183-237). Cambridge University Press.
2. IPCC (2007a). Observed changes in climate and their effects, in: R.K. Pachauri, A. Reisinger (Eds.), *Climate Change: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team, IPCC, Geneva, Switzerland, 2007.*
3. IPCC (2007b). Climate change and its impacts in the near and long term under different scenarios, in: R.K. Pachauri, A. Reisinger (Eds.), *Climate Change: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team, IPCC, Geneva, Switzerland, 2007.*
4. Trenberth, K. E., & Fasullo, J. T. (2009). Global warming due to increasing absorbed solar radiation. *Geophysical Research Letters*, 36(7).
5. Martínez-Lüscher, J., Morales, F., Delrot, S., Sánchez-Díaz, M., Gomès, E., Aguirreolea, J., & Pascual, I. (2013). Short-and long-term physiological responses of grapevine leaves to UV-B radiation. *Plant science*, 213, 114-122.
6. Martínez-Lüscher, J., Morales, F., Delrot, S., Sánchez-Díaz, M., Gomès, E., Aguirreolea, J., & Pascual, I. (2015). Characterization of the adaptive response of grapevine (cv. Tempranillo) to UV-B radiation under water deficit conditions. *Plant Science*, 232, 13-22.
7. Sinclair, T. R., & Muchow, R. C. (1999). Radiation Use Efficiency. *Advances in Agronomy* Volume 65, 215–265. doi:10.1016/s0065-2113(08)60914-1
8. Leakey, A. D. B., Uribealarea, M., Ainsworth, E. A., Naidu, S. L., Rogers, A., Ort, D. R., & Long, S. P. (2006). Photosynthesis, Productivity, and Yield of Maize Are Not Affected by Open-Air Elevation of CO₂ Concentration in the Absence of Drought. *Plant Physiology*, 140(2), 779–790. doi:10.1104/pp.105.073957

9. Long, S. P., Ainsworth, E. A., Leakey, A. D., Nösberger, J., & Ort, D. R. (2006). Food for thought: lower-than-expected crop yield stimulation with rising CO₂ concentrations. *science*, 312(5782), 1918-1921.
10. Long, S. P., Ainsworth, E. A., Rogers, A., & Ort, D. R. (2004). Rising atmospheric carbon dioxide: plants FACE the future. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 55, 591-628.
11. Paul, M. J., & Pellny, T. K. (2003). Carbon metabolite feedback regulation of leaf photosynthesis and development. *Journal of experimental botany*, 54(382), 539-547.
12. Erice, G., Irigoyen, J. J., Pérez, P., Martínez-Carrasco, R., & Sánchez-Díaz, M. (2006). Effect of elevated CO₂, temperature and drought on photosynthesis of nodulated alfalfa during a cutting regrowth cycle. *Physiologia Plantarum*, 126(3), 458-468.
13. Ainsworth, E. A., & Rogers, A. (2007). The response of photosynthesis and stomatal conductance to rising (CO₂): mechanisms and environmental interactions. *Plant, cell & environment*, 30(3), 258-270.
14. Springer, C. J., & Thomas, R. B. (2007). Photosynthetic responses of forest understory tree species to long-term exposure to elevated carbon dioxide concentration at the Duke Forest FACE experiment. *Tree Physiology*, 27(1), 25-32.
15. Ainsworth, E. A., & Long, S. P. (2005). What have we learned from 15 years of free-air CO₂ enrichment (FACE)? A meta-analytic review of the responses of photosynthesis, canopy properties and plant production to rising CO₂. *New phytologist*, 165(2), 351-372.
16. Jones, G. (2006). Climate and terroir. Impacts of climate variability and change on wine. *Geoscience Canada*, in: R. Macqueen, L.D. Meinert (Eds.), *Fine Wine and Terroir—The Geoscience Perspective*, Geological Association of Canada, St John's, Newfoundland, 2006, pp. 1–14.
17. Gladstones, J. (1992). *Viticulture and Environment: A Study of the Effects of Environment on Grape growing and Wine Qualities, with Emphasis on Present and Future Areas for Growing Winegrapes in Australia*, Winetitles, Adelaide, 1992.
18. Parker, A., de Cortázar-Atauri, I. G., Chuine, I., Barbeau, G., Bois, B., Boursiquot, J. M., ... & van Leeuwen, C. (2013). Classification of varieties for their timing of flowering and veraison using a modelling approach: A case study for the grapevine species *Vitis vinifera* L. *Agricultural and Forest Meteorology*, 180, 249-264.
19. Huglin, P. and Schneider, C. (1998). *Biologie et écologie de la vigne*, Éditions Tec & Doc Lavoisier, Cachan, France, 1998.
20. Greer, D. H. (2013). The impact of high temperatures on *Vitis vinifera* cv. Semillon grapevine performance and berry ripening. *Frontiers in plant science*, 4, 491.
21. Chuine, I., Yiou, P., Viovy, N., Seguin, B., Daux, V., & Ladurie, E. L. R. (2004). Grape ripening as a past climate indicator. *Nature*, 432(7015), 289-290.
22. De Orduna, R. M. (2010). Climate change associated effects on grape and wine quality and production. *Food Research International*, 43(7), 1844-1855.
23. IPCC (2013). *Climate change: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom/New York, USA, 201.
24. UNEP (2012). *United Nations Environment Programme, environmental effects assessment panel. Environmental effects of ozone depletion and its interactions with climate change: progress report*, 2011, *Photochem. Photobiol. Sci.* 11 (2012) 13–27.
25. Jansen, M. A., & Bornman, J. F. (2012). UV-B radiation: from generic stressor to specific regulator. *Physiologia plantarum*, 145(4), 501-504.
26. Ballaré, C. L., Caldwell, M. M., Flint, S. D., Robinson, S. A., & Bornman, J. F. (2011). Effects of solar ultraviolet radiation on terrestrial ecosystems. Patterns, mechanisms, and interactions with climate change. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 10(2), 226-241.
27. Allen Jr, L. H. (1979). *Potentials for carbon dioxide enrichment. Modification of the aerial environment of plants*/edited by BJ Barfield, JF Gerber.
28. Allen Jr, L. H., Boote, K. J., Jones, J. W., Jones, P. H., Valle, R. R., Acock, B., ... & Dahlman, R. C. (1987). Response of vegetation to rising carbon dioxide: Photosynthesis, biomass, and seed yield of soybean. *Global biogeochemical cycles*, 1(1), 1-14.

29. Sionit, N., Hellmers, H., & Strain, B. R. (1982). Interaction of Atmospheric CO₂ Enrichment and Irradiance on Plant Growth I. *Agronomy Journal*, 74(4), 721-725.
30. Kimball, B. A. (1983). Carbon dioxide and agricultural yield: An assemblage and analysis of 430 prior observations I. *Agronomy journal*, 75(5), 779-788.
31. Rogers, H. H., Cure, J. D., Thomas, J. F., & Smith, J. M. (1984). Influence of Elevated CO₂ on Growth of Soybean Plants I. *Crop Science*, 24(2), 361-366.
32. Dahlman, R. C., Strain, B. R., & Rogers, H. H. (1985). Research on the response of vegetation to elevated atmospheric carbon dioxide. *Journal of environmental quality*, 14(1), 1-8.
33. Bishop, K. A., Leakey, A. D., & Ainsworth, E. A. (2014). How seasonal temperature or water inputs affect the relative response of C₃ crops to elevated (CO₂): a global analysis of open top chamber and free air CO₂ enrichment studies. *Food and Energy Security*, 3(1), 33-45.
34. Kennedy, A. D. (1995). Simulated climate change: are passive greenhouses a valid microcosm for testing the biological effects of environmental perturbations?. *Global Change Biology*, 1(1), 29-42.
35. Marion, G. M., Henry, G. H. R., Freckman, D. W., Johnstone, J., Jones, G., Jones, M. H., ... & Virginia, R. A. (1997). Open-top designs for manipulating field temperature in high-latitude ecosystems. *Global Change Biology*, 3(S1), 20-32.
36. Beier, C., Emmett, B., Gundersen, P., Tietema, A., Penuelas, J., Estiarte, M., ... & Williams, D. (2004). Novel approaches to study climate change effects on terrestrial ecosystems in the field: drought and passive nighttime warming. *Ecosystems*, 7(6), 583-597.
37. Emmett, B. A., Beier, C., Estiarte, M., Tietema, A., Kristensen, H. L., Williams, D., ... & Sowerby, A. (2004). The response of soil processes to climate change: results from manipulation studies of shrublands across an environmental gradient. *Ecosystems*, 7(6), 625-637.
38. Welshofer, K. B., Zarnetske, P. L., Lany, N. K., & Thompson, L. A. (2018). Open-top chambers for temperature manipulation in taller-stature plant communities. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(2), 254-259.
39. Richardson, A. D., Hufkens, K., Milliman, T., Aubrecht, D. M., Furze, M. E., Seyednasrollah, B., ... & Hanson, P. J. (2018). Ecosystem warming extends vegetation activity but heightens vulnerability to cold temperatures. *Nature*, 560(7718), 368-371.
40. Mnspruce (n.d.) (visited 10July 2021) <https://mnspruce.ornl.gov/project/overview>
41. Krassovski, M. B., Riggs, J. S., Hook, L. A., Nettles, W. R., Hanson, P. J., & Boden, T. A. (2015). A comprehensive data acquisition and management system for an ecosystem-scale peatland warming and elevated CO₂ experiment. *Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems*, 4(2), 203-213.
42. Beerling, D. J. (1999). Long-term responses of boreal vegetation to global change: an experimental and modelling investigation. *Global Change Biology*, 5(1), 55-74.
43. Beerling, D., & Woodward, F. (1994). The Climate Change Experiment (CLIMEX): Phenology and Gas Exchange Responses of Boreal Vegetation to Global Change. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 4(1), 17-26. doi:10.2307/2997721
44. Allen Jr, L. H. (1992). Free-air CO₂ enrichment field experiments: An historical overview. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 11(2-3), 121-134
45. Kimball, B. A., Pinter Jr, P. J., & Mauney, J. R. (1992). Cotton leaf and boll temperatures in the 1989 FACE experiment. *Critical reviews in plant sciences*, 11(2-3), 233-240.
46. Kimball, B. A., LaMorte, R. L., Seay, R. S., Pinter Jr, P. J., Rokey, R. R., Hunsaker, D. J., ... & Nagy, J. (1994). Effects of free-air CO₂ enrichment on energy balance and evapotranspiration of cotton. *Agricultural and Forest Meteorology*, 70(1-4), 259-278.
47. LeCain, D., Smith, D., Morgan, J., Kimball, B. A., Pendall, E., & Miglietta, F. (2015). Microclimatic performance of a free-air warming and CO₂ enrichment experiment in windy Wyoming, USA. *Plos One*, 10(2), e0116834.
48. Aspenface (n.d.) (visited 10July 2021) <http://aspenface.mtu.edu/>
49. Ziska, L. H., & Bunce, J. A. (2007). Predicting the impact of changing CO₂ on crop yields: some thoughts on food. *New Phytologist*, 175(4), 607-618.
50. Morales, F., Pascual, I., Sánchez-Díaz, M., Aguirreolea, J., Irigoyen, J. J., Goicoechea, N., ... &

- Urdiain, A. (2014). Methodological advances: using greenhouses to simulate climate change scenarios. *Plant Science*, 226, 30-40.
51. Sanz-Sáez, Á., Erice, G., Aguirreolea, J., Irigoyen, J. J., & Sánchez-Díaz, M. (2012). Alfalfa yield under elevated CO₂ and temperature depends on the Sinorhizobium strain and growth season. *Environmental and experimental botany*, 77, 267-273.
 52. Sanz-Sáez, Á., Erice, G., Aranjuelo, I., Aroca, R., Ruíz-Lozano, J. M., Aguirreolea, J., ... & Sanchez-Diaz, M. (2013). Photosynthetic and Molecular Markers of CO₂-mediated Photosynthetic Downregulation in Nodulated Alfalfa. *Journal of integrative plant biology*, 55(8), 721-734.
 53. Salazar-Parra, C. (2011). Vid y cambio climático. Estudio del proceso de maduración de la baya en esquejes fructíferos de tempranillo en respuesta a la interacción de CO₂ elevado, estrés hídrico y temperatura elevada (Ph.D. thesis), University of Navarra, Spain, 2011.
 54. Kizildeniz, T., Pascual, I., Irigoyen, J. J., & Morales, F. (2021). Future CO₂, warming and water deficit impact white and red Tempranillo grapevine: Photosynthetic acclimation to elevated CO₂ and biomass allocation. *Physiologia Plantarum*.
 55. Kizildeniz, T., Pascual, I., Irigoyen, J. J., & Morales, F. (2018a). Using fruit-bearing cuttings of grapevine and temperature gradient greenhouses to evaluate effects of climate change (elevated CO₂ and temperature, and water deficit) on the cv. red and white Tempranillo. Yield and must quality in three consecutive growing seasons (2013–2015). *Agricultural water management*, 202, 299-310.
 56. Kizildeniz, T., Irigoyen, J. J., Pascual, I., & Morales, F. (2018b). Simulating the impact of climate change (elevated CO₂ and temperature, and water deficit) on the growth of red and white Tempranillo grapevine in three consecutive growing seasons (2013–2015). *Agricultural water management*, 202, 220-230.
 57. Kizildeniz, T., Mekni, I., Santesteban, H., Pascual, I., Morales, F., & Irigoyen, J. J. (2015). Effects of climate change including elevated CO₂ concentration, temperature and water deficit on growth, water status, and yield quality of grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars. *Agricultural Water Management*, 159, 155-164.
 58. Kizildeniz, T. (2017). Aclimatación fotosintética, producción y calidad de plantas de vid (*Vitis vinifera* L.) de la variedad tempranillo tinto y blanco, cultivadas en diferentes escenarios de cambio climático (Doctoral dissertation, Universidad de Navarra).
 59. Martínez-Lüscher, J., Kizildeniz, T., Vučetić, V., Dai, Z., Luedeling, E., van Leeuwen, C., ... & Delrot, S. (2016). Sensitivity of grapevine phenology to water availability, temperature and CO₂ concentration. *Frontiers in Environmental Science*, 4, 48.
 60. Carbonell-Bejerano, P., Santa María, E., Torres-Pérez, R., Royo, C., Lijavetzky, D., Bravo, G., ... & Martínez-Zapater, J. M. (2013). Thermotolerance responses in ripening berries of *Vitis vinifera* L. cv Muscat Hamburg. *Plant and Cell Physiology*, 54(7), 1200-1216
 61. Nijs, I., Ferris, R., Blum, H., Hendrey, G., & Impens, I. (1997). Stomatal regulation in a changing climate: a field study using free air temperature increase (FATI) and free air CO₂ enrichment (FACE). *Plant, Cell & Environment*, 20(8), 1041-1050.
 62. Ge, L., Cang, L., Ata-Ul-Karim, S. T., Yang, J., & Zhou, D. (2019). Effects of various warming patterns on Cd transfer in soil-rice systems under Free Air Temperature Increase (FATI) conditions. *Ecotoxicology and environmental safety*, 168, 80-87.
 63. Tian, Y., Zheng, J., Zhang, B., Chen, J., Dong, W., Yang, F., & Zhang, W. (2010). Design of free air temperature increasing (FATI) system for upland with three diurnal warming scenarios and their effects. *Scientia Agricultura Sinica*, 43(18), 3724-3731.
 64. Sharma, S., Walia, S., Rathore, S., Kumar, P., & Kumar, R. (2020). Combined effect of elevated CO₂ and temperature on growth, biomass and secondary metabolite of *Hypericum perforatum* L. in a western Himalayan region. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 16, 100239.