



**GEORGIKON  
FOR  
AGRICULTURE**

**A MULTIDISCIPLINARY  
JOURNAL IN AGRICULTURAL  
SCIENCES**

**YASS - FIATAL AGRÁRSZAKEMBEREK ÉS KUTATÓK  
TALÁLKOZÓJA KÜLÖNSZÁM**

**Volume 26**

**2022**

**Number 3**

The Journal **Georgikon for Agriculture** (briefly: G. Agric) is published twice a year by Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Georgikon Campus. Articles of original research findings in all fields of agriculture and related topics are published in the Journal subsequent to critical review and approval by the Editorial Board.

## Editorial Board

**Editor-in-Chief:** Rózsa L., PhD, Director of the Georgikon Campus

**Editor:** Anda A., DSc

**Associate Editors:** Alföldi Z.; Menyhárt L.; Pál L.; Pintér Á., Soós G.

**Technical Editors:** Simon-Gáspár B.

---

Georgikon is the predecessor of the Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Georgikon Campus founded by Count Gy. Festetics in 1797. Georgikon was among the first regular agricultural colleges in Europe that time.

---

Responsible Publisher is the Director of the Georgikon Campus, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, KESZTHELY.

**HU ISSN 0239 1260**

**CITIZEN SCIENCE SURVEY OF THE SNAKE'S HEAD  
FRITILLARY (*FRITILLARIA MELEAGRIS*) IN THE VALLEY  
OF THE RIVER ZALA IN HUNGARY**

*Előd Búzás<sup>1,2\*</sup> – Judit Bódis<sup>1</sup> – Bence Fülöp<sup>1</sup>–Bálint Pacsai<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Georgikon Campus, H-8360 Keszthely, Deák Ferenc str. 16.*

<sup>2</sup> *Balaton-felvidéki National Park Directorate, H-8229, Kossuth str. 16*

\*Corresponding author, [buzaselod@gmail.com](mailto:buzaselod@gmail.com)

**Abstract**

The protected snake's head fritillary (*Fritillaria meleagris*) is an easily recognisable plant species, and therefore allows for botanical monitoring through socially based or community-based 'citizen science'. Agro-technical interventions for spring grassland management can cause severe damage to the species. It is therefore important to have as accurate and up-to-date data base as possible of the species' distribution and abundance. Our target area was the Alsó-Zala-völgy Special Area of Conservation (Natura 2000). Students, PhD students and lecturers of the Georgikon Campus of the Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, along with the Association for Land and People NGO assisted the survey, which was carried out between 4 and 15 April 2022. In total 23 participants counted or estimated the number of flowering plants of fritillary in 1607 localities along the River Zala. They surveyed 1500

hectares of grasslands. The records from this survey were shown on a map of the species' current distribution in the area. That will be a great use for the Balaton-felvidéki National Park Directorate in its work. The students participating in the monitoring survey had the opportunity to gain experience in data collection and to understand the importance of extensive grassland management and the complexity of conservation work through the target species.

**Keywords:** *Fritillaria meleagris*, snake's head fritillary, grassland, citizen science

### Összefoglalás

Bár a társadalmi alapú vagy közösségi részvételi ('citizen science') definíciója sokféle lehet, minden olyan tudományos tevékenység ide sorolható, amiben önkéntes amatőrök vesznek részt. A botanikai monitoringok esetében különösen a könnyen felismerhető fajoknál érdemes ilyen módon monitorozni a fajokat. A védett mocsári kockásliliom (*Fritillaria meleagris*) az ország északkeleti és délnyugati részén jellemző, legnagyobb egyedszámban Zala megyében található. A növény tavaszi virágzása kb. 2 hétig tart ez után már alig észrevehető. A fajnak kiemelt jelentősége van a Zala megyei réteken, ugyanis ez a régió legismertebb védett faja és a gazdálkodók is tisztában vannak természetvédelmi jelentőségével. Ugyanakkor a tavaszi gyepjavítást szolgáló agrotechnikai beavatkozások erősen károsíthatják az egyedeket. Ezért fontos, hogy minél pontosabb és aktuálisabb képünk legyen a faj elterjedéséről és tömegességi viszonyairól.

Célterületünk az Alsó-Zala-völgy kiemelt jelentőségű természetmegőrzési terület (Natura 2000) volt. A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Georgikon Campus hallgatói, doktoranduszai és oktatói mellett a Táj és Ember Kulturális és Természetvédő Egyesület segítette a felmérést, melyet 2022. április 04 és 15 között végeztünk. Az összesen 23 fő a Zala folyó mentén, nagyságrendileg 1500 hektár gyepterületet vizsgálva, 1607 lokalitáson számolta meg, vagy becsülte a mocsári kockásliliom virágzó töveit. Ezzel sikerült az Alsó-Zala-völgy

Natura 2000 terület kockásliliomai számára potenciális élőhelyek megközelítőleg 80%-át áttekinteni és az itt rögzített adatok alapján elkészíthetővé vált a faj aktuális elterjedési térképe, ami segíti a Balaton-felvidéki Nemzeti Park Igazgatóság munkáját e gyepék hosszútávú megőrzésében. A felmérésben résztvevő hallgatók számára lehetőség nyílt adatgyűjtési gyakorlatot szerezni, illetve a célfajon keresztül élményszerűen megérteni az extenzív gyepgazdálkodás jelentőségét és a természetmegőrzési munka komplexitását.

**Kulcsszavak:** kockásliliom, közösségi felmérés, Alsó-Zala-völgy Natura 2000 terület.

### Introduction

There are several ways to define citizen science. We apply this term as 'scientific work undertaken by members of the general public often in collaboration with or under the direction of professional scientist' (Haklay et al., 2021). The very first mention of citizen science happened in 1989 in connection with an acid-rain campaign (Kerson 1989). Nowadays, citizen science is gaining more and more importance in many areas of science, as the method became an independent discipline (Vohland et al., 2021) and a special kind of citizen science is applied even in the social networks as a tool for biodiversity monitoring (Marceno et al., 2021). Citizen science is not only beneficial for science, but for citizens (participants) as well. In biomonitoring, the participants learn a lot about the observed organisms and experience the various methods that scientific studies employ (Bonney et al., 2009). In addition, which can even be more valuable, personal involvement in scientific investigations can also strive the participants' emotional appreciation of nature.

As the participants are usually not professionals, the range of living organisations to which citizen science can be applied is limited. Biomonitoring is possible for easily identifiable species that cannot be confused with other organism (Tweddle et al., 2012). Snake's head

fritillary (*Fritillaria meleagris*) is a very good object for a citizen science project: it is an easily and well identifiable plant which has an iconic character in its whole distribution area whether indigenous or not (Bódis et al., 2020; Tatarenko et al., 2022). There is a citizen science project on the dynamics of a large population of the *Fritillaria meleagris* in North Meadow Nature Reserve (Wiltshire, United Kingdom) since 1999. The dataset constructed by volunteers led by professional botanists from the Open University, Milton Keynes, UK (Tatarenko et al., 2013).

*Fritillaria meleagris* is a protected plant in Hungary (Anonim, 2012). Over the past centuries, much of its habitat has been drained and ploughed up, and some of the remaining grassland is dominated by invasive plants, resulting in a drastic reduction in suitable habitats. The species is found in the north-eastern and south-western parts of the country, with the largest numbers in Zala county, where *F. meleagris* is a characteristic species of the meadows along the rivers Zala, Kerka and Rába (Bódis et al., 2020). It is the best known protected species of that region and farmers are aware of its conservation importance, as well. However, agro-technical interventions for spring grassland management can cause severe damage to the species. It is therefore important to have as accurate and up-to-date data as possible on the distribution and abundance of the species. The citizen science survey of an extensive areas of meadows along the river Zala provides an excellent mapping opportunity of the eye-catching fritillaries.

## **Material and method**

### ***Study site***

We investigated the *Fritillaria meleagris* populations in western part of Hungary, situated on floodplain meadows of river Zala. Target area was the Alsó-Zala-völgy Special Area of Conservation (HUBF20037 Natura 2000 site). Half of its territory of the total of 6500 hectares is covered by meadows and pastures (Figure 1).

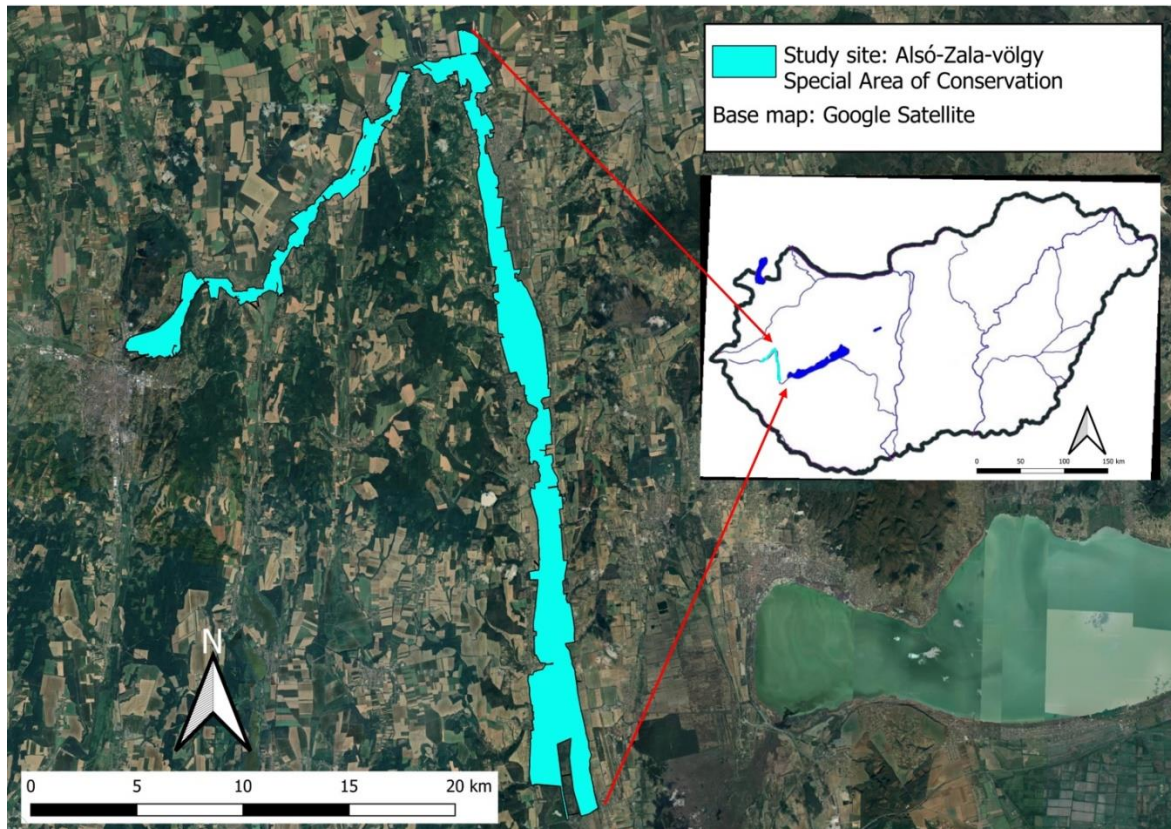


Figure 1 The study site was the Alsó-Zala-völgy Special Area of Conservation

### Methods

The total of 23 people took part in the surveys between 04 and 15 April 2022. The survey was conducted by the groups of 3-4 people, each led by a person with botanical monitoring experience. During a systematic survey of the meadows, the number of *Fritillaria meleagris* individuals observed was counted, and in the case of larger numbers (>50) the number of flowers was estimated. GPS coordinates and numbers of *Fritillaria meleagris* individuals were

recorded in a pre-downloaded central data collection application. The survey data were assessed daily and locations for the next day surveys identified by the park ranger of Balaton-felvidéki National Park Directorate. All meadow areas were designated in the N2000 area, which was located along the river Zala. Pastures under grazing, that are surrounded by electric fences and had animals on were excluded from the monitoring.

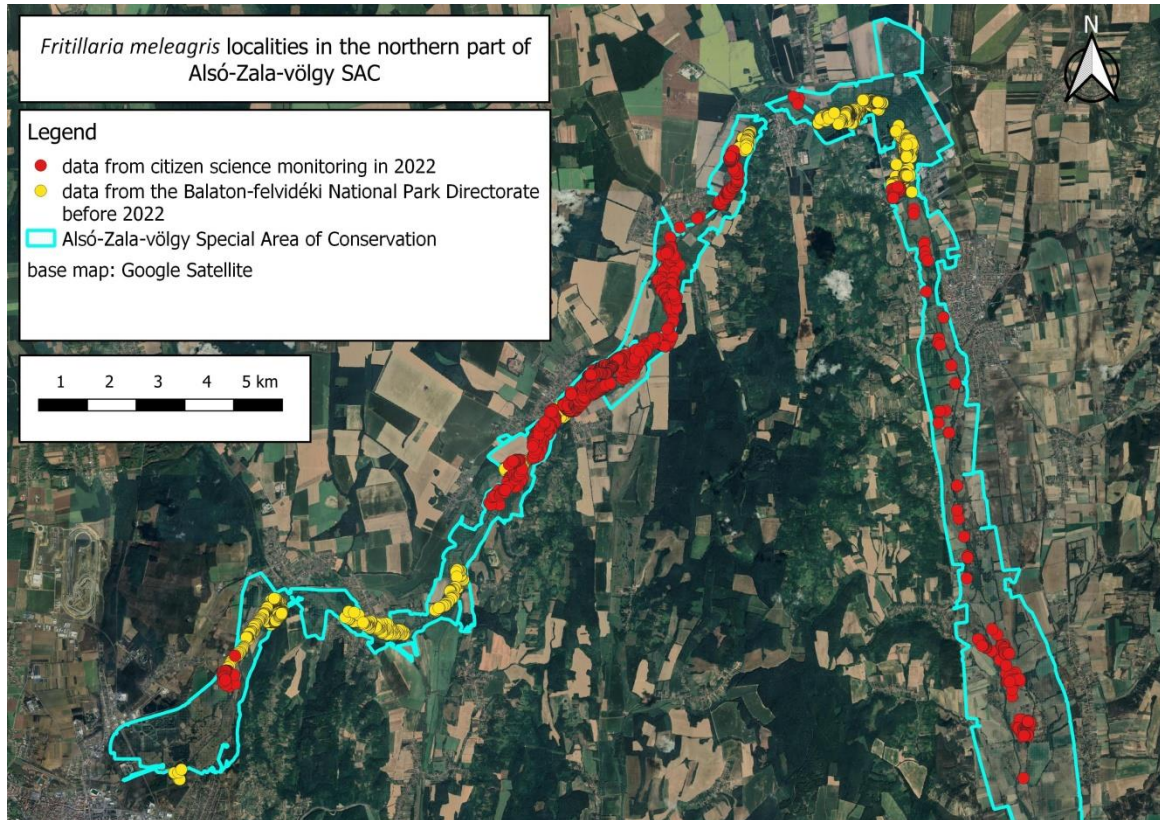
All locations of *Fritillaria meleagris* were georeferenced by a special app on mobile phones provided by the Balaton-felvidéki National Park Directorate, so the data collected was directly entered into the national park database. The collected data were plotted out on the map using the Qgis 3.16 software.

The survey was carried out by undergraduate students of the Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Georgikon Campus, Keszthely, Hungary. Botanists of that university were also involved in the survey, which was financially supported by Association for Land and People NGO. The field survey method was coordinated by Balaton-felvidéki National Park Directorate.

### **Results**

During the flowering period of the *Fritillaria meleagris*, we surveyed about 1500 hectares of grassland, counting or estimating the number of flowering plants at 1607 localities (Figure 2). In this way, approximately 80 percent of the potential habitat of the species in the Alsó-Zala-völgy Natura 2000 site was surveyed. Using the data collected, the current range of the species can be established in the surveyed areas (Figure 2-3).





*Figure 2 Fritillaria meleagris localities in the western and central part of Alsó-Zala-völgy SAC.*

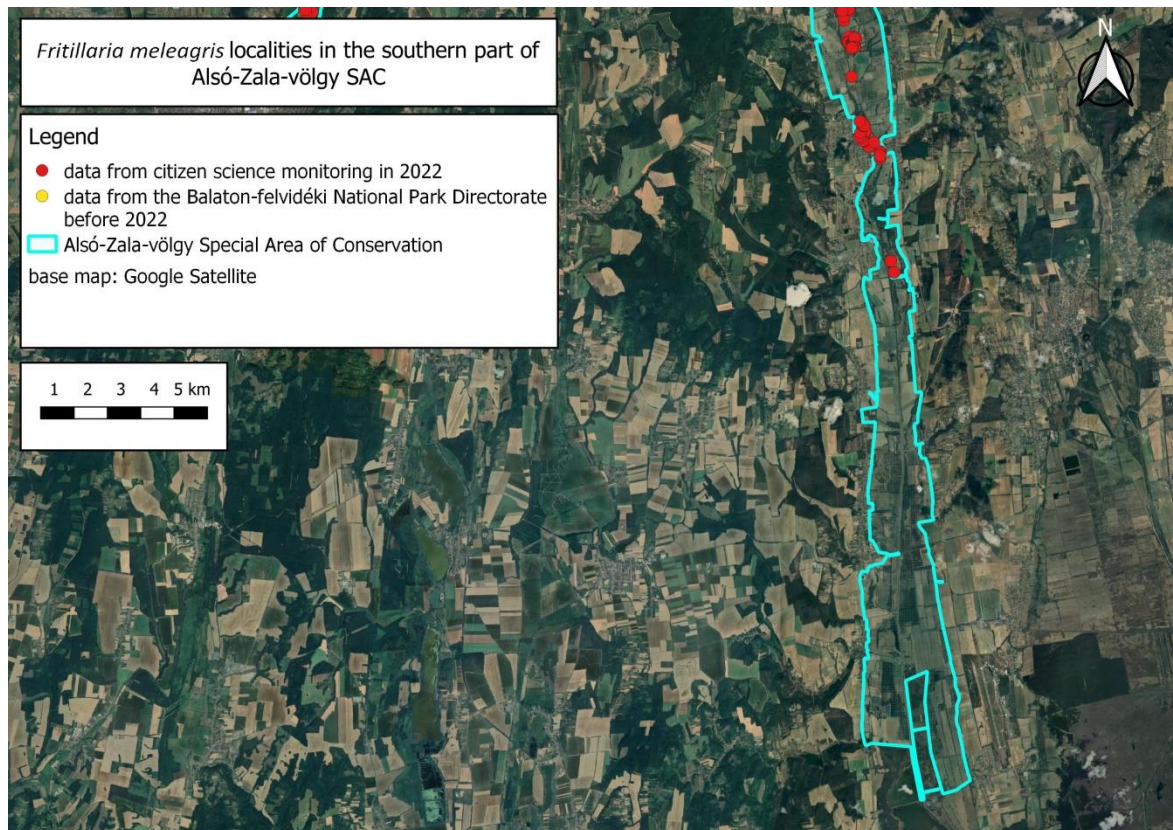


Figure 3 *Fritillaria meleagris* localities in the southern part of Alsó-Zala-völgy SAC.

For students studying agriculture, fritillary count in traditionally managed species-rich meadows provided a hands-on experience in conservation of biodiversity and the rationale behind the conservation legislation. These semi-natural habitats have evolved under a long-term traditional and sustainable management of vegetation by hay making and grazing by domestic animals. Without the removal of hay collected after mowing, or without the immediate absence of grazing, shrubs and trees are ingrowing grassland areas. Woody plants add diversity to the habitat in small areas, but if they become dominant, rare grassland-associated organisms may decline. Volunteers observed many other protected species while searching for fritillaries. The students also found small emperor moth (*Saturnia pavonia*). They saw common kestrel (*Falco tinnunculus*) started its nesting by occupying a crow's nest. Shells of the protected the thick shelled river mussel (*Unio crassus*) were found on the banks of the river Zala. The volunteers were also dealing with conservation problems associated with invasive species, as

abandoned grassland being rapidly taken over by the invasive *Acer negundo* and *Solidago gigantea*. The volunteers have also learnt that, although grassland management is necessary, some elements of it, if not carried out at the right time, can seriously damage the populations of fritillaries. Overall, the participants of this citizen science project have built up appreciation of the grasslands and their environments as a complex system, both socially and ecologically.

### **Discussion**

The survey of *Fritillaria meleagris* distribution was carried out by 23 participants during two weeks. The citizen science method made it possible to survey a large territory during a single flowering period. Citizen science data collection has already precedent in Hungary, one of the largest being the Vadonleső (Wilderness ranger) (INTERNET 1) project, which has been started 11 years ago and in which data were collected on 18 protected plant species, which were submitted to the national database. However, project of Vadonleső as well as similar international data collection programmes, for example, inaturalist.org (INTERNET 2), observations.org (INTERNET 3) often lack a sense of community, a shared field experience, and a personal encounter between researchers and volunteers. There are good example, as for example, ispotnature.org (INTERNET 4). Our project provided a community field experience for the volunteers and personal interactions with a park ranger and also with botanists.

### **Conclusion**

We have assessed the current distribution of *Fritillaria meleagris* in 80 percent of the Alsó-Zala-völgy N2000 area, using citizen science survey in 2022 and visualized in an up-to-date distribution map of the species. The data collected will directly help the Balaton-felvidéki National Park Directorate in the long-term conservation of the grasslands.

An even greater achievement was that the participants had opportunity to gain experience in data collection and to understand the importance of extensive grassland management and the complexity of conservation work through working with the target species.

### Acknowledgement

The Authors express their many thanks to all of their surveyors and helpers: András Mészáros, Anikó Kausics, Anna Rác, Bálint Pacsai, Barbara Végh, Balázs Antal, Beáta Horváth, Bence Kiss, Boglárka Barca, Előd Kondorosy, Emese Bognár, Frida Szabó, Gellért Tóth, Hajnalka Nemes, Máté Pados, Rebeka Kiss, Réka Mikolacsek, Tamara Priegl, Viktor Schneider, Viktória Ványi, Vivien Lábadi, and also the member of Association for Land and People NGO. Special thanks to Irina Tatarenko for her review of an earlier version of the manuscript, her useful ideas and linguistic corrections. The publication is supported by the EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 project. The project is co-financed by the European Union and the European Social Fund.

### References

Anonim 2012. 100/2012 (IX.28.) VM rendelet „A védett és a fokozottan védett növény- és állatfajokról, a fokozottan védett barlangok köréről, valamint az Európai Közösségben természetvédelmi szempontból jelentős növény és állatfajok közzétételéről szóló 13/2001. (V. 9.) KöM rendelet és a növényvédelmi tevékenységről szóló 43/2010. (IV.23.) FVM rendelet módosításáról.” – Magyar Közlöny 128. 20903–21019 (in Hungarian).

Billaud, O., Vermeersch, R. L., Porcher, E. (2021). Citizen science involving farmers as a means to document temporal trends in farmland biodiversity and relate them to agricultural practices. *Journal of Applied Ecology*. **58**(2). 261–273. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13746>



- Bódis, J., Takács, A., Óvári, M., Virók, V., Kulcsár, L., Magos, G., Sulyok, J., Nótári, K., Molnár, A., Barna, Cs., Kuczkó, A., Biró, É., Gerencsér, B., Freytag, Cs., Tüdősné, Budai J., Molnár, V. A. 2020. Az év vadvirága 2016-ban: a mocsári kockásliliom (*Fritillaria meleagris*). – *Kitaibelia*. **25**(1). 79–100. <https://doi.org/10.17542/kit.25.79>
- Bonney, R., Cooper, C. B., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K. V., & Shirk, J. (2009). Citizen science: a developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. *BioScience*. **59**(11). 977–984. <http://dx.doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9>
- Haklay, M., Dörler, D., Heigl, M., Manzoni, M., Hecker, S., Vohland, K. 2021. The Science of Citizen Science, Springer, Cham, pp. 13–34. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4_2)
- Kerson, R. 1989. Lab for the environment. *MIT Technology Review*. **92**(1). 11–12.
- Marcenò, C., Padullés Cubino, J., Chytrý, M., Genduso, E., Salemi, D., La Rosa, A., Gristina, A.S., Agrillo, E., Bonari, G., Galdo, G.G., Ilardi, V., Landucci, F., Guarino, R. 2021. Facebook groups as citizen science tools for plant species monitoring. *Journal of Applied Ecology*. **58**(10). 2018–2028. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13896>
- Tatrenko, I., Dodd, M., Rothero, D., & Gowing, D. 2013. Citizen science in meadow studies: population dynamics in *Fritillaria meleagris* on North Meadow (Wiltshire, UK), pp: 95-99. In: Tatrenko, I., Walker, K., Dyson, M. 2022. Biological Flora of Britain and Ireland: *Fritillaria meleagris*. *Journal of Ecology*, **00**. 1–23, <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13886>
- Tweddle, J. C., Robinson, L. D., Pocock, M. J. O., & Roy, H. E. 2012. Guide to citizen science: developing, implementing and evaluating citizen science to study biodiversity and the environment in the UK. NERC/Centre for Ecology & Hydrology.
- INTERNET 1: <https://vadonleső.hu/>
- INTERNET 2: <https://www.inaturalist.org/>
- INTERNET 3: <https://observation.org/>

INTERNET 4: <https://www.ispotnature.org/>

## STUDY ON THE PAYBACK OF VINEYARD PLANTATION

*Péter Szabó<sup>1\*</sup> – Adrienn Soós<sup>2</sup> – Angéla Szanati<sup>3</sup> - Mihály Veszélka<sup>4</sup>*

*<sup>1</sup>Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szőlészeti-Borászati Intézet*

*<sup>2</sup> Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Tájépítészeti és Tájökológiai*

*Doktori Iskola*

*<sup>3</sup>Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Vidékfejlesztés és Fenntartható*

*Gazdaság Intézet*

*<sup>4</sup>Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Agrár- és Élelmiszergazdasági*

*Intézet*

*\* Corresponding author, [szabo.peter@uni-mate.hu](mailto:szabo.peter@uni-mate.hu)*

### Abstract

The vineyard area was 7.5 million hectares around the world - due to the International Organisation of Vine and Wine (OIV)- showing a downward trend in 2021. The vine production of Hungary has had a centuries-old history and the wine- and grape sectors are still significant today. The Hungarian wine- and grape sector represent about 1% of the world's wine production. The Hungary wine sector is still focusing on the Hungarian market. The size of the vineyard considerably declined after EU accession. However, it seems to have stabilized in the

last couple of years, it is currently about 63 thousand hectares. A clear trend is recognized as the slow increase in the production of blue grapes (30% in 2019) and the growth of fragrant white and resistant varieties (HNT, 2021). Hungary is a small wine producing country with a great diversity of terroirs. European Union strictly regulates wine-grape growing therefore one percent area expansion is allowed per year for member states. There is a chance to increase their production potential to a limited extent for member states thanks to the new vineyard licensing regulation of the European Union. We carried out economic calculations for one hectare of vineyard within the scope of our study. We have been trying to find out the costs of planting one hectare of 'Cserszegi fűszeres' grape, the revenue that can be realized over a 10-year period and the payback period of the plantation.

**Keywords:** grape, planting, return, vineyards

### Összefoglalás

A Nemzetközi Szőlészeti és Borászati Hivatal (OIV) adatai szerint a világ szőlőterülete 7,5 millió hektár volt 2021-ben, mely csökkenő tendenciát mutat. Magyarország szőlőtermesztése több évszázados múltra tekint vissza és a szőlő-borágazat még napjainkban is jelentős. A magyarországi szőlő-bor ágazat a világ bortermelésének töredékét, mintegy 1%-át adja. Magyarország borágazatának középpontjában továbbra is a magyarországi piac áll. A szőlőterület nagysága az EU-csatlakozást követően jelentősen csökkent, ez az elmúlt pár évben azonban stabilizálódni látszik, jelenleg mintegy 63 ezer hektár. Egyértelmű tendencia a kékszőlők arányának (2014-ben: 30%) lassú növekedése, valamint az illatos fehér és a rezisztens fajták előretörése (HNT, 2019). Magyarország tehát egy kis bortermelő ország, igen nagy termőhelyi változatossággal. Az Európai Unió területén komoly szabályozás alá esik a borszőlő termesztése, a tagállamok számára csupán évi egy százaléknyi területbővítést



engedélyeznek. Az Európai Unió új szőlőtelepítési engedélyezési szabályozásának köszönhetően ugyan korlátozott mértékben, de alkalom nyílik a tagállamok számára a termelési potenciál növelésére. Munkánk során 1 hektár nagyságú szőlőültetvényre vonatkozóan végeztünk gazdasági számításokat. Választ kerestünk arra, a kérdésre, hogy 1 hektár cserszegi fűszeres szőlő telepítése milyen költségekkel jár, illetve milyen bevételeket lehet realizálni 10 év távlatában, továbbá az ültetvény megtérülési idejét is vizsgáltuk.

**Kulcsszavak:** szőlő, telepítés, megtérülés, szőlőültetvény

### Introduction

The vineyard area was 7.5 million hectares around the world in 2015 - due to the International Organisation of Vine and Wine (OIV) - showing a downward trend. It is obvious that the negative trend is primarily borne by the Old World wine countries, while the New World shows a slow development. According to the OIV data, the distribution of European countries ranged from 62.5% to 55% between 2000 and 2013. This was primarily caused by 13-17% drop in the three largest wine producing countries (France, Spain and Italy).

The Hungarian wine and grape sector represent about 1% of the world's wine production. The Hungarian wine sector is still focusing on the Hungarian market. The size of the vineyard considerably declined after EU accession. However it seems to have stabilized in the last couple of years, it is currently about 63 thousand hectares. A clear trend is recognized as the slow increase in the production of blue grapes (30% in 2014) and the growth of fragrant white and resistant varieties (HNT, 2016). Hungary is a small wine producing country with a great diversity of terroirs. The global warming makes wine production more and more challenging thanks to extreme weather conditions (like temperature) and rainfall distribution (Kispál, 2014).

Wine-grape growing is seriously regulated within the European Union as it allows only one percent area expansion per year for member states. On the contrary of this, Hungary would need much more growth.

It was possible to increase the Hungarian vineyard by 1% in 2016, but this alternative was not known amongst the majority of farmers. EU subsidies have not been available for producers for many years, but the Hungarian Government has been trying to provide adequate resources through replanting and restructuring aid and other tenders for the sector. An EC Council Regulation (Council Regulation, 2008) was issued on the grubbing-up premiums and the National Envelope system. From the first axis of the New Hungary Rural Development Programme (NHRDP), the subsidy for the modernization of horticulture was 78.6 million HUF and the aid for the modernization of the plantations amounted to 27.9 million HUF (Bíró et al., 2014).

There is a chance for member states to increase their production potential to a limited extent due to the new vineyard licensing regulation of the European Union. The Hungarian Government – making use of the opportunity – has transferred about 4 billion HUF providing the installation of new wine grape vineyards within the framework of the Rural Development Programme. The Hungarian Government announced a tender for the installation of wine-growing plantations in the framework of the Rural Development Programme in January.

In 2017, plantation plans were indicated for a total of 642 hectares – that is 1% of the area of the previous year. The call for proposals of the Enclosed Garden Program was launched in Hungary in the beginning of 2018 where the local governments can apply for 2 billion HUF. The program supports the agricultural utilization of areas already farmed, including the planting of vines.

The farmers plan to use a much larger number of stock per hectare, the yields are higher, the new plantation method using metal columns facilitates mechanization, so the producers are more willing to modernize with regard to the new plantings.

The crop land of Hungary has decreased by 15.1% since 2003. The decline mainly occurs in the area of white grape varieties, which decreased by 18.6%, but the crop land of blue grapes has also fallen by 5.8%.

The vineyard area of Hungary has dramatically dropped over the last twenty years, and a high proportion of the plantations has been aging so it is important to incite the planting of vines. The use of modern technologies is required if we wish to increase the competitiveness of agriculture- including grape and wine production- which is hampered by the low wages of labor force, black and gray employment and the shortage of capital (Harangi-Rákos – Szabó, 2012; Popp, 2014). Decision-makers have fortunately recognized this and they are trying to support grape planting with different incentives.

We carried out economic calculations for one hectare of vineyard -considering the facts mentioned above - in our study. We have been trying to find out the costs of planting one hectare of 'Cserszegi fűszeres' grape, the revenue that can be realized over a 10 year period and the payback period of the plantation. Overall, our aim was to provide an economic overview for a prospective producer regarding grape planting.

Our research focuses on the wine region with the biggest crop land - the Kunság wine region - in Hungary. The Kunság wine region is unique in Europe because rooty European grape cuttings can be planted there due to filoxeric immunity owing to the high, more than 80% quartz content of the soil.

The Kunság wine region has the most diverse grape variety structure. The planting of resistant vine varieties is also significant in the Kunság wine region- being unique amongst Hungarian wine regions- the leading varieties include Bianca and Aletta. The 'Cserszegi fűszeres'- the variety in our study- is also worth mentioning here as it gains the second place of the country in terms of its production area.

### **Material and method**

In the course of our study, the costs of the investment were calculated divided into three groups. The first group included the costs of preparation. The soil preparation process includes organic and artificial fertilization, also ploughing and rotating are included in this group. The second group of costs contains the expenses of the stake system, the material of the stakes, the sticks and wires. We included the plantation costs in the third group. We separately calculated the annual cost of cultivation, which was considered to be the same in the first four years. The first crop was calculated for the fourth year. We only calculated with the costs of cultivation for 2-4 years after the plantation. We also counted yields from the third year, the revenue of which reduced the costs of the investment (Sutus, 2002, Sutus, 2011). The discounted cost of the conversion was calculated using a 10% expected profitability rate. The future value of the actual amount was calculated using a compound interest rate formula of  $B \cdot (1+r)^n$ , where B is the annual amount of the investment, r is the annual interest rate or expected profitability rate, and n is the number of years (Birher et al., 2006). The operation of the investment takes place after fruit-bearing starts in the fifth year (Sabján; Sutus, 2003; Helgertné, 2003), we calculated with the same costs and yield after fruit-bearing – 100 quintal yield and HUF 120 purchase price. In accordance with Annex 2 to Act LXXXI of 1996 on Corporate Tax and Dividend Tax, which states that depreciation is to be calculated from the investment costs including the stake system,

we calculated with 6% depreciation. The payback period was determined in two ways based on the cash flow of the operation, on the discounted and non-discounted value of the investment.

### Results or Result and Discussion

Almost 90% of the investment costs arose in the first year of the investment (Table 1). After that, the costs of cultivation were decreasing, they amounted to 8% and then to 5%. In the year preceding fruit-bearing, the value of the harvested yield exceeded the cost of cultivation. The value of the yield harvested before fruit-bearing reduced the costs of the investment. In the last year, the value of the yield exceeded the costs of cultivation, so that year we calculated with 'negative' costs, the investment costs did not increase further, but rather declined.

*Table 1: Costs of investment (€)*

<b>Apellation</b>	<b>1. year</b>	<b>2. year</b>	<b>3. year</b>	<b>4. year</b>	<b>Cost of investment</b>
<b>Costs of preparation</b>	1492				1492
<b>Costs of training system</b>	6943				6943
<b>Costs of planting</b>	4223				4223
<b>Costs of cultivation</b>	1681	1.681	1681	1681	6724
<b>Value of harvested grape during the</b>			501	1670	2171

<b>investment period</b>					
<b>Altogether</b>	14.339	1681	1180	11	17.211
<b>Amount of Harvested Grape (q)</b>	-	-	15	50	
<b>The discounted cost of conversion</b>	20.994	2238	1428	-	24.660

Source: own calculations

The discounted cost of the conversion is significantly increased by the fact that the major part of the investment costs are realized in the first year, thus our investment is tied up for a longer period (3 years) without producing an income.

Looking at the composition of investment costs, it can be said that the highest proportion, 37% of the amount is spent on the stake system. The cost ratio of plantation and cultivation is 27-28%, while the costs of preparation are under 10%. In our model, we presumed the start of fruit-bearing in the fifth year, then we calculated with the same yield and the same revenue. The price income includes the revenue from the grapes sold, in the model we assumed that the whole crop was sold. We took into account the subsidies paid to cover costs among other revenues (Act C of 2000). As our starting point, we took the average data of the test system of the Research Institute of Agricultural Economics (AKI) in case of determining the production costs. We kept track of the provisions of the Personal Income Tax Act with regard to tax calculation and we counted 15% personal income tax (Act CXVII of 1995). Calculating net cash flow, we determined the after-tax profit and we took into account depreciation – the primary purpose of

which is to replace worn out tangible assets – as internal resource formation in accordance with the corporate tax law. The basis for calculating depreciation is the cost of the investment for the plantation, which was registered among the fixed assets with the start of fruit-bearing.

*Table 2. The itemised costs of investment (€)*

Organic fertilizer	223
Organic fertilizer+scattering+transportation	320
Fertilizer + scattering	103
Soil disinfection	139
Plowing	50
Rotation	445
Soil preparation	45
Laying out	167
<b>Total costs of preparation</b>	<b>1492</b>
Material of training system	4576
Holding rod	1236
Wire	1097
End fixing	33
<b>Total costs of training system</b>	<b>6943</b>
Plantation	501



Cost of graft	3958
Wages	19
Tractor-running	97
Plantation drilling	223
Water	39
Binding	111
<b>Total costs of planting</b>	<b>4949</b>

Source: own calculations

Nutrient supply accounts for more than 40% of preparation costs (Table 2). Soil preparation is another 40% of the total expenditure of preparation. The material of the stakes amounts to almost 70% of the total investment of the stake system, that is 4576€. The purchase of the graft accounts for almost 80% of the plantation costs. In our model, we calculated the costs with 4,300 pieces of graft – 2.3-metre-long rows and 1 metre distance between vines in an one-hectare area – and with the price of € 0,75 per graft.

*Table 3. Itemised costs of cultivation (€)*

Pesticide	557
Manual cultivation	665
Mechanised cultivation	181
Nutrition supplement	278

<b>Total costs of cultivation</b>	<b>1681</b>
-----------------------------------	-------------

Source: own calculations

We listed the factors (Table 3) which must be included in the summary of the costs of cultivation. The costs of cultivation incur every year, this amount is calculated in our model as 1681€ starting from the first year. The cost of plant protection products was estimated at 557€ and this amount included the costs of plant protection products necessarily to be used during the year. We can conclude that the amount spent on manual labour is significant regarding the total costs of cultivation. The total costs of cultivation represents 10% of the total investment.

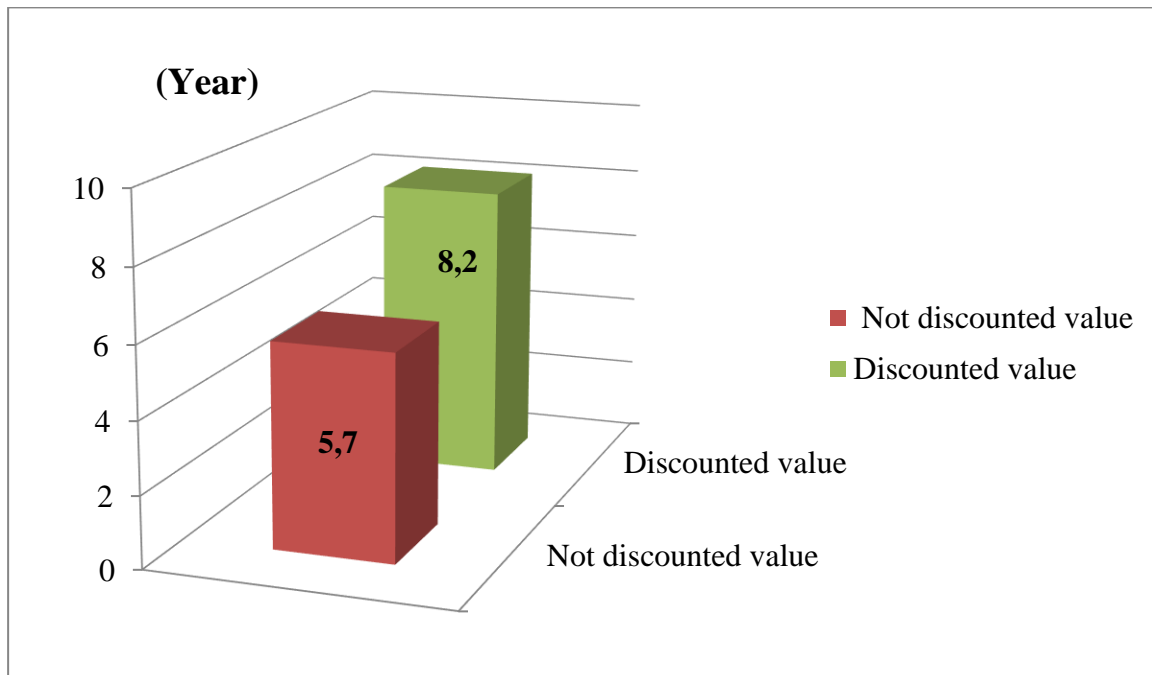
*Table 4. Cash flows after the turnaround (€)*

<b>Apellation</b>	<b>1. year</b>	<b>2. year</b>	<b>3. year</b>	<b>4. year</b>
<b>Revenue</b>	3340	3340	3340	3340
<b>Other revenue</b>	724	724	724	724
<b>Revenue total</b>	4064	4064	4064	4064
<b>Production costs</b>	1729	1729	1729	1729
<b>Outcome</b>	2336	2336	2336	2336
<b>Tax (15%)</b>	350	350	350	350
<b>Outcome after tax</b>	1985	1985	1985	1985

<b>Depreciation</b>	1033	1033	1033	1033
<b>Operating cash flows</b>	3018	3018	3018	3018
<b>Cost price (Ft/q)</b>	17	17	17	17

Source: own calculation

The table below (Table 4) shows that the price income was calculated to be 3340€. This amount was determined with 100 quintal/hectare yield and 33 € /quintal purchase price. Subsidies were also taken into consideration production, which were indicated as other income. According to our calculations, this amount is 724€ it consists of 195€ per hectare from the joint funds of SAPS area payment and greening support, as well as the amount of 529€ per hectare from the successful Agri-environment Management Scheme. The production cost seems to be 17 €/quintal according to our calculations described in Table 4. A clearly positive result can be concluded based on the relationship between price income and production cost. The price income is indicated in the first line, the production cost of € 1729 is much lower in comparison with it. The amount of the production cost includes the material cost which amount to € 278. Labor-related costs are 418€ and the amount of depreciation is € 1033 in our calculations. These itemized costs add up to the amount of the production cost in our calculations.



*Figureure 1. Recovery time from the operating cash flow*

Source: Based on calculations own editing

The payback period is calculated from the operating cash flows shown in the first column (Figureure 1), the discounted and non-discounted value are both taken into consideration. The model also shows that the cost of investment for one hectare of vine-stock planting is refunded in 8.2 years, while its discounted value can be recovered in 5.7 years based on net cash flows. Given that the product lifetime of the plantation is 10 years, it can be said that payback is guaranteed over this time.

## Discussion

Grape production is a really time-consuming and capital-intensive investment. Based on our calculations, the payback period calculated from the operating cash flow at a discounted value is 8.2 years, while this period is 5.7 years at a non-discounted value. This is due to the fact that in the first two years no yield is expected, we calculate the yield to be 15% in the third year, we raise our estimates to 50% in the fourth year, and we expect full yield from the fifth year.

According to our calculations, the price income was € 3340 while the production cost was € 1729. Knowing these factors, we can conclude that our investment is profitable in the long run.

Subsidies play a major role in the payback period. In our model, we calculated with the area payment funds of greening support and SAPS, as well as with the amount provided by the Agri-environment Management Scheme. Therefore, we can conclude that the subsidies do not only facilitate the production, but farming would almost be impossible without them. Some of the agricultural subsidies are provided by the State, and some are provided by the European Union.

We can expect a longer payback period compared with field crops. The payback period of the plantation is greatly influenced by the plantation factors. The purchase of the grafts and the building of the stake system greatly affect this period. The amount spent in the initial phase also play a major role in the payback later, therefore, expenses have to be looked after in this period.

We can find many different product prices and quality on the market with regard to plant protection and nutrient supply. Proper selection of these products is really important. Appropriate amount and quality of the yield can only be expected with proper nutrient supply and correct plant protection product.

## **Conclusion**

Agriculture and grape production are sectors with extremely high capital requirement and risk.

Grape production is a truly unpredictable income source. The greatest risk factor is the weather during agricultural production. Due to external factors, it is difficult to predict the annual price income. The purchase price of the grape is unfortunately very unpredictable varying year by year.

On the whole, we believe that we can be successful grape growers with the choice of a good variety and the right production technology, and with some luck.

In our way of thinking, viticulture cannot be neglected from the perspective of rural development, since it can positively contribute to the employment structure of the rural population. Furthermore, it promotes wine tourism in the towns and villages in the region, which can result in a multiplier effect in order to stimulate the economy in the future.

## **Acknowledgement**

The publication is supported by the EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 project. The project is co-financed by the European Union and the European Social Fund. This work was supported by the Hungarian Government and the European Union, with the co-funding of the European Regional Development Fund in the frame of Széchenyi 2020 Programme GINOP-2.3.2-15-2016-00054 project.

## **References**

<http://www.oiv.int/oiv/cms/index?lang=en>

<https://www.aki.gov.hu/>

<https://www.mnb.hu/arfolyamok>

1995. évi CXVIII. törvény a személyi jövedelemadóról

1996.évi LXXXI. törvény a társasági adóról és az osztalékadóról szóló törvény 2. számú melléklete

2000. évi C törvény a számvitelről

Birher, I., Pucsek, J., Sándor L.-né, Sztanó, I. 2006.: A vállalkozások tevékenységének komplex elemzése. Perfekt, Budapest

Bíró, Sz., Nemes, G. 2014. Vidékfejlesztési támogatások, lehívások, eredmények *Gazdálkodás*. **58**(3). 247–262.

Harangi-Rákos, M., Szabó, G. 2012. A mezőgazdasági szervezetek gazdálkodásának vizsgálata a 2002-2009 közötti időszakban. *Gazdálkodás*, **55**(4). 358–366.

Hegyközségek Nemzeti Tanácsa 2016. Magyarország szőlészetének és borászatának helyzete - Háttér tanulmány az ágazati stratégiához.

Helgertné, Sz. I. 2003. Számvitel Mezőgazdasági példákkal Szaktudás Kiadó Ház, Budapest

Kispál, G. 2014.: Csongrádi szőlőtelepítés, avagy a csongrádi térség fenntarthatóságának alternatívája. *Borászati füzetek*, 2014/05.

Sabján, J., Sutus, I. 2003. Vezetői számvitel az agrártermelésben Szaktudás Kiadó Ház, Budapest

Sutus, I. 2002. Gyakorlati számvitel a mezőgazdaságban. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest

Sutus, I. 2011. Mezőgazdasági számvitel és elemzés. Szaktudás Kiadó Ház Rt., Budapest

# ASSESSMENT OF INTERREGIONAL GENERALISABILITY OF CONSERVATION MANAGEMENT EXPERIMENTS ON *MOLINIA* MEADOWS

*Bence Fülöp<sup>\*1</sup> – Bálint Pacsai<sup>1</sup> – Judit Bódis<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Georgikon Campus,*

*H-8360 Keszthely, Deák Ferenc str. 16.*

*\*Correspondent author, [9112bence@gmail.com](mailto:9112bence@gmail.com)*

## **Abstract**

The economic importance of grasslands has reduced to a fraction of its former importance due to the decline of extensive livestock farming and other social and economic changes, in many cases these habitats are now maintained through conservation interventions, which, due to their low economic potential, are always dependent on the availability or lack of human and economic resources. For this reason, the maintenance of these semi-natural habitats is one of the greatest challenges for conservationists. We have selected sample areas (Nyirád and Batyk) in two different regions, where we wanted to check the impact of three management methods (mowing, mulching, burning) on the vegetation and its forage value by annual surveying of



permanent quadrats. Our aim is to investigate the relationship between the trends observed at the two different sites in order to provide an indirect picture of the broader generalisability of the results. There was similar scale variability in species composition within each sample site as between the two sample sites. However, there was a very significant difference in forage value between the two *Molinia* meadows. The effect of one treatment applied on forage quality did not prove statistically valid, although burning, which was considered the most drastic, caused the largest change in Nyirád, and the untreated control plots had the largest change in Batyk, illustrating the importance of seasonality. In order to provide generalisable findings which could be considered optimal from a conservation point of view, the experiment should be continued in the following years.

**Keywords:** semi-natural grasslands, mowing, mulching, burning, species composition, forage value

### Összefoglalás

Az extenzív állattartás háttérbe szorulása és az egyéb társadalmi és gazdasági fordulatok miatt a gyepek gazdasági jelentősége a korábbi töredékére esett vissza. Napjainkban számos esetben inkább természetvédelmi célú beavatkozásokkal tartják fent ezeket az élőhelyeket, melyek elvégzése csekély gazdasági potenciáljuk miatt mindig az aktuálisan elérhető források és munkaerő meglététől vagy hiányától függ. A természetvédelmi szakemberek számára éppen emiatt a féltermészetes élőhelyek fenntartása jelenti az egyik legnagyobb kihívást, ez pedig témaválasztásunkat is nagyban motiválta. Két helyen, két különböző kistájban, a Nyirádi Sárallón és a Batyki-lápréten jelöltük ki mintaterületeinket, ahol állandó kvadrátok évenkénti cönológiai felvételezésével szeretnénk vizsgálni három kezelési mód (kaszálás, szárzúzás, égetés) növényzetre és annak takarmányértékére kifejtett hatását. Célunk, hogy megvizsgáljuk

a két különböző helyszínen tapasztalt trendek egymáshoz való viszonyát, így közvetett módon képet kaphassunk eredményeink szélesebb körű általánosíthatóságáról. Azt tapasztaltuk, hogy az egyes mintaterületeken belül nagyobb változékonyság volt a fajösszetételben, mint a két mintaterület között. Takarmányértékben viszont igen jelentősen elért a két kékperjés rét. Az alkalmazott kezelések hatása egy év után nem bizonyult statisztikailag igazolhatónak. Nyirádon a legdrasztikusabbnak tekinthető égetés okozta a legnagyobb mértékű változást, míg Batykon a kezelésmentes kontrollterületeken volt a legnagyobb változás, amely jól szemlélteti az évjáráthatás jelentőségét. Ahhoz, hogy a kékperjés rétek természetvédelmi szempontú kezeléséről optimálisnak tekinthető, általános érvényű megállapításokat tehesünk, a következő években szükséges a kísérlet folytatása.

**Kulcsszavak:** másodlagos gyep, kaszálás, száruzás, égetés, fajösszetétel, takarmányérték

### Introduction

Due to the climatic conditions, the potential natural vegetation are typically forests on the mesic habitats across Hungary. Extensive livestock farming in the past centuries has resulted the development of relatively large areas of grass-dominated habitats, which were either pastures or hay meadows for the production of supplementary winter feeding. In many cases, the species richness of anthropogenic grasslands significantly exceeds the diversity of the potential climax communities, and they are associated with a number of specialist plant and animal species, including protected and even species of Community interest, which have led to the designation of the Natura 2000 network (Valkó et al. 2018). Unfortunately, their economic importance has declined in recent decades (Joyce 2014) to the point where their long-term survival is not assured. Sustaining the regularity of habitat maintenance treatments is one of the greatest challenges facing conservationists today, as the failure to do so will lead to the spread of

competitor species, accumulation of litter, leading to species degradation and, ultimately, habitat loss (Csergő et al. 2013; Valkó et al. 2018; Kuhn et al. 2021). Cost-effective management is essential for practical nature conservation, so the key issue is to choose cost-effective management methods that preserve natural values, as the reintroduction of management can help to offset negative trends (Valkó et al. 2011, Fülöp et al. 2021), although continuity is also very important (Bódis et al. 2021).

The most commonly used conservation management methods are: mowing, mulching and, more recently, burning every few years as a cost-effective solution (Valkó & Deák 2021). *Molinia* grasslands are particularly in need of conservation treatment as they are extremely rich in protected species, but less cultivated by farmers due to their relatively low forage value.

Our goal was to determine whether the results of a treatment experiment on *Molinia* meadows could be generalised, at least on a small-scale geographical range. To answer this question, we conducted treatment experiments on *Molinia* meadows in two neighbouring regions in Hungary and investigated the dynamics in species composition and change of forage values induced by the conservation management.

## **Material and methods**

### ***Study site***

Our sample sites are located in the Sáralló of Nyirád and Batyk fen meadow, both are parts of the Natura 2000 network (Figure 1). The Sáralló of Nyirád is part of the Felső-Nyirádi-erdő és Meggyes-erdő (HUBF20011) site, which can be described as a mixture of forest and grassland habitats of high importance, the most characteristic of them are Pannonian-Balkan turkey oak-sessile oak forests, while the most characteristic grassland habitats are European dry heaths and

alkaline fens. The Batyk fen meadow is part of the Alsó-Zala-völgy (HUBF20037) site, which is a site largely composed of grassland habitats, with lowland hay meadows and alkaline fens covering the largest proportion among the habitats of community importance.

The Sárálló of Nyirád provides habitat for several strictly protected species, e.g., the marsh gladiolus (*Gladiolus palustris*) is present in large numbers, while the Batyk fen meadow is the most prominent representative of the meadows surrounding the river Zala.

A total of seven (three on Nyirád and four on Batyk) 10x10 m treatment units were established in the study areas in *Molinia* meadows habitats.



*Figure 1 Location of the Alsó-Zala-völgy and Felső-Nyirádi-erdő és Meggyes-erdő Natura 2000 sites*

## **Methods**

Four different management treatments are applied: mowing, mulching, burning, control (no intervention). Within the 10x10 m sampling units, we monitored the changes of the vegetation composition using of 2x2 m permanent quadrats, with annual surveying.

The first conservation management treatments were carried out after the baseline survey in 2019 at the Sáralló of Nyirád and in 2020 at Batyk fen meadow. Field surveys were repeated in the year following treatment interventions.

Forage value as a value index was introduced in the 1960s, classifying grassland species according to their utility for livestock, with values ranging from -3 to +7, the higher the value of a species, the higher its forage value (Balázs, 1960).

To determine the forage value of each 2x2 m quadrat, the values for each species were summed by weighting the species by their percentage cover.

Linear mixed models and NMDS were used to evaluate the results, using IBM SPSS Statistics software version 23.0. (IBM Corp. 2015) and R software version 4.1.3 (R Core Team 2022) with vegan package (version 2.6-2), Figureures were produced using the package ggplot2 (version 3.3.6).

## **Results**

In Nyirád, a total of 143 species, 8 of which are protected by law (*Carex fritschii*, *Sesleria caerulea*, *Dianthus deltoides*, *Iris sibirica*, *Platanthera bifolia*, *Polygala amarella*, *Potentilla rupestris*, *Scorzonera purpurea*) were recorded during the baseline survey, while in Batyk only a total of 70 species, 8 of which are protected (*Iris sibirica*, *Gymnadenia conopsea*, *Schoenus*

*nigricans*, *Scorzonera humilis*, *Orchis militaris*, *Epipactis palustris*, *Allium carinatum*, *Gentiana pneumonanthe*) were found, *Iris sibirica* was present in both study sites.

The NMDS-plotting of the vegetation relevés by species composition shows two distinct groups of the sample areas, however their distance is in a similar scale than the in-between differences of the relevés of Nyirád (Figure 2), where the variability is noticeably higher than in Batyk.

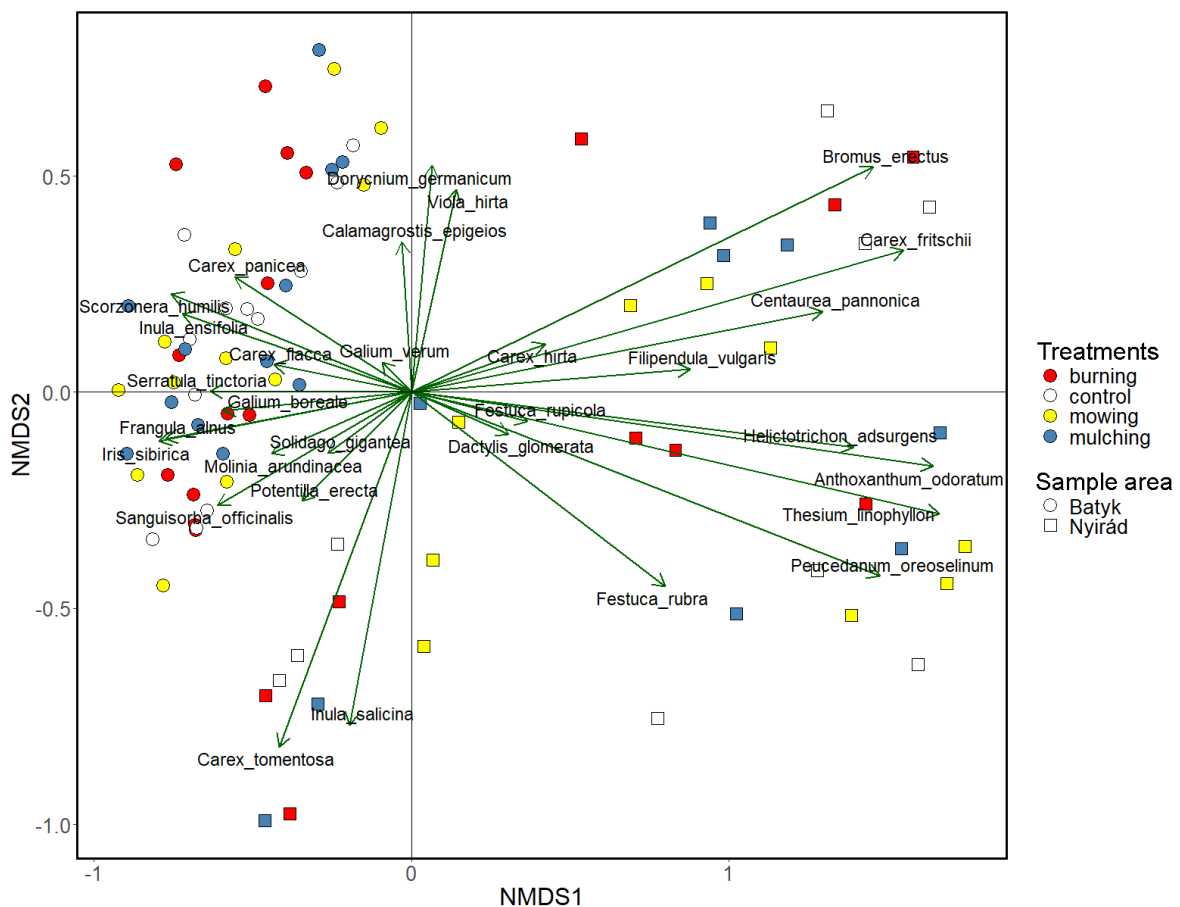


Figure 2. NMDS-plotting of the vegetation relevés after one treatment the 30 most abundant species represented as arrows

Based on the baseline assessment, the hay from Batyk fen meadow (0.76 value) was significantly lower in terms of forage value than the hay from Nyirád (3.01).

*Table 1 Overall average forage values based on the baseline survey*

	Average	Std. deviation	Minimum value	Maximum value
Batyk	0,761112	0,248678	-0,05294	1,207865
Nyirád	3,105405	0,53155	2,090909	4,75

In Batyk, one treatment seemingly did not have major effects, as we experienced the most pronounced change in the forage values at the control sites, but this could also mean that all treatments might had some stabilizing effect on hay quality.

*Table 2 Overall average forage values based on the baseline survey and the year after the first treatments at the Batyk fen meadow*

Treatment	Baseline survey		After 1 treatment		
	Average	Std. deviation	Average	Std. deviation	Change (%)
Mowing	0,84	0,26	0,90	0,24	6,58
Mulching	0,78	0,17	0,79	0,21	1,48
Burning	0,68	0,26	0,71	0,28	4,33
Control	0,74	0,30	0,87	0,38	18,18

*Table 3 Testing the effect of management types on the forage values at the Batyk fen meadow*

Treatment	Paired Differences		t-value	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation		
Mowing	-0,056	0,189	-1,019	0,33
Mulching	-0,012	0,239	-0,167	0,87
Burning	-0,030	-0,030	0,118	0,667
Control	-0,134	-0,134	-0,009	0,038

In Nyirád, after treatments once applied, burning increased the feed value the most, but the variance in the data is so large that it is even greater than the change itself.

*Table 4 Overall average forage values based on the baseline survey and the year after the first treatments at the Sáralló of Nyirád*

Treatment	Baseline survey		After 1 treatment		
	Average	Std. deviation	Average	Std. deviation	Change (%)
Mowing	3,28	0,38	3,42	0,46	4,14
Mulching	3,18	0,66	3,14	0,67	-1,38



Burning	2,74	0,37	3,11	0,55	13,36
Control	3,21	0,56	3,23	0,48	0,71

Table 5 Testing the effect of management types on the forage values at the Sáralló of Nyirád

	Paired Differences		t-value	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation		
Mowing	-0,136	0,278	-1,467	0,180
Mulching	0,044	0,127	1,041	0,328
Burning	-0,023	0,145	-0,465	0,654
Control	-0,023	0,145	-0,465	0,654

## Discussion

Although the habitat is a *Molinia caerulea* agg. dominated wet meadow alike at both sample sites, there are marked differences in vegetation composition, as in the relevés of Nyirád, species characteristic of mesic habitats, such as *Bromus erectus* and *Festuca rubra* are also present (Figure 2). More pronounced the difference between the number of species recorded. This might affect hay quality as well, as in Batyk we found not only roughly half the number of species as in Nyirád, but the hay quality of Batyk was significantly lower than the hay produced in the plots at Nyirád.

The effect of seasonality is likely pronounced, especially in the case of Batyk, where forage quality changed the most in the control plots between two subsequent years. This also implies the stabilising effect of all used treatments on hay quality.

One set of treatments did not cause significant changes in hay quality, even in the case of such drastic methods as burning, although the trends are. It would be advisable to ensure that the meadows receive regular treatments.

### **Summary**

There are signs of minor changes likely caused by treatments, but they were not significant after only one year and their direction is often different on the two sample areas. This indicating that although the main components of these associations and the geographic environment might be similar, still the result of a treatment could be greatly influenced by minor elements and microclimatic conditions specific to each locality.

### **Acknowledgement**

The authors are thankful to all the surveyors and helpers: András Mészáros, Bence Pálfi, Előd Búzás, Éva Hársvölgyiné Szőnyi, Járfás Dávid, Krisztina Kórászné Markó, Piroska Tallerné Barna, Petra Svajda, Viktor Schneider, Vivien Lábadi.

The publication is supported by the EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 project. The project is co-financed by the European Union and the European Social Fund.

With the contribution of the LIFE Programme of the European Commission (LIFE17 IPE/HU/000018).

## References

- Balázs, F. 1960. A gyeppek botanikai és gazdasági értékelése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Bódis, J., Fülöp B., Lábadi V., Mészáros A., Pacsai B., Svajda P., Valkó O., Kelemen A. 2021. One year of conservation management is not sufficient for increasing the conservation value of abandoned fen meadows. *Tuexenia* **41**. 381–394. <https://doi.org/10.14471/2021.41.015>
- Fülöp, B., Pacsai, B., Bódis, J. 2021. The role of executed conservation treatments in the preservation of botanical values on the shore of Lake Balaton, *Gyepgazdálkoási Közlemények* **19**. 21–23.
- IBM Corp. 2015. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Kuhn, T., Domokos, P., Kiss, R., Ruprecht, E. 2021. Grassland management and land-use history shape species composition and diversity in Transylvanian semi-natural grasslands. *Applied Vegetation Science* **24**. e12585. <https://doi.org/10.1111/avsc.12585>
- R Core Team 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Valkó, O., Deák, B. 2021. Increasing the potential of prescribed burning for the biodiversity conservation of European grasslands. *Current Opinion in Environmental Science & Health* <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2021.100268>
- Valkó, O., Török, P., Tóthmérész, B., Matus, G. 2011. Restoration Potential in Seed Banks of Acidic Fen and Dry-Mesophilous Meadows: Can Restoration Be Based on Local Seed Banks? *Restoration Ecology* **19**. 9–15. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2010.00679.x>

Valkó, O., Venn, S., Zmihorski, M., Biurrun, I., Labadessa, R., Loos, J. 2018. The challenge of abandonment for the sustainable management of Palaeartic natural and semi-natural grasslands. *Hacquetia* **17**. 5–16. <https://doi.org/10.1515/hacq-2017-0019>

# A KLÍMAVÁLTOZÁS KÁROS HATÁSA A SZŐLŐRE (IRODALMI KITEKINTÉS)

*Knolmajer Bence\*<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Növényvédelmi*

*Intézet*

*\* Corresponding author, [Knolmajer.Bence@phd.uni-mate.hu](mailto:Knolmajer.Bence@phd.uni-mate.hu)*

## **Abstract**

Continuous climate change affects the whole biosphere. Anthropogenic activity is accelerating this naturally occurring process. Climate is an important factor in agriculture, and thus in viticulture, as it has a fundamental impact on the habitat of plants and animals. The new conditions pose a new challenge to vine growers, with the current warming trend creating largely unfavourable conditions. On the one hand, direct damage (sun damage, drought, frosts, hailstorms, etc.) and, on the other hand, indirect damage (emergence of new pathogens: *Aspergillus* sp., *Xylella fastidiosa*) are putting an extra burden on farmers. Extreme weather events have become more frequent, and uneven rainfall and drought are a particular problem for viticulture. Extreme weather forces producers to make extra heavy investments: irrigation,

ice nets, frost protection. In addition to the high cost of planting, the sector is also characterised by labour shortages. With current grape purchase prices, high input prices and the cost of irrigation, which is slowly becoming essential for crop security, planting does not pay for itself. In order to mitigate the effects of climate change, researchers are creating opportunities for adaptation through continuous technological improvements. The long-term physiological impact of some of these techniques is not yet known. These technologies can be used to influence the duration of vine development, ripening time and quality parameters.

**Keywords:** Climate change, global warming, viticulture, abiotic stress

### Összefoglalás

Az éghajlat folyamatos változása hatással van az egész bioszférára. Az antropogén tevékenység felgyorsítja ezt a természetesen is zajló folyamatot. A mezőgazdaság és így a szőlőtermesztés fontos tényezője a klíma, hiszen a növények és állatok életterére alapvető hatással van. Az új körülmények új kihívás elé állítják a szőlőtermesztőket, a jelenlegi melegedő tendencia nagyjából kedvezőtlen körülményeket teremt. Egyrészt közvetlen kártétellel (napkárosodás, aszály, fagyok, jégesők, stb.), másrészt pedig közvetett kártétellel (új kórokozók megjelenése: *Aspergillus sp.*, *Xylella fastidiosa*) is plusz terhet ró a gazdákra. Gyakorivá váltak a szélsőséges időjárási események, különösen nagy problémát okoz a szőlőtermesztésnek a csapadék egyenlőtlen eloszlása és az aszály. A szélsőséges időjárás plusz nagyértékű beruházásokra kényszeríti a termelőket: öntözés, jégáló, fagyelleni védelem. Az alapvetően költséges ültetvénytelepítés mellett munkaerőhiány is jellemezi az ágazatot. A jelenlegi szőlő felvásárlási árak, a magas inputanyag árak és a termékbiztonsághoz lassan alapvetőnek számító öntözőrendszer költsége mellett az ültetvénytelepítés nem térül meg. A klímaváltozás hatásainak mérséklése érdekében a kutatók folyamatos technológiai fejlesztések révén

lehetőséget teremtenek az ezekhez való alkalmazkodáshoz. Néhány módszer hosszútávú élettani hatása még nem ismert. Ezekkel a technológiákkal befolyásolhatjuk a szőlő fejlődésének időtartamát, érési idejét, és a minőségi paramétereit.

**Kulcsszavak:** klímaváltozás, globális felmelegedés, szőlőtermesztés, abiotikus stressz

### A klímaváltozás

Földünk éghajlata folyamatosan változik, egymást követik a lehülési és felmelegedési periódusok. Napjainkban a klímaváltozás felmelegedési periódusa zajlik, amely az egész bioszférára kifejti a hatását. A Kutzbach (1989) szerint a klímaváltozás periodicitására több szakaszra bontható:

Első szakasz: több mint egy billió évvel ezelőtt, a föld korai szakaszában élő algák fotoszintézise során nagymértékben csökkentették a légkör CO<sub>2</sub> szintjét és így egy nagyobb lehülés következett be. A levegőből megkötött CO<sub>2</sub> szerves szénként raktározódott.

Második szakasz: A lemeztectonikai mozgások következtében, több százmillió éven keresztül (600 millió évvel ezelőtt és 100 millió évvel ezelőtt közötti időszakban) lezajló kontinens vándorlás, a földkéregmozgás következtébeni és a vulkán kitörések útján a felszínre törő CO<sub>2</sub> üvegházhatást idézett elő és így az éghajlat melegedését okozta.

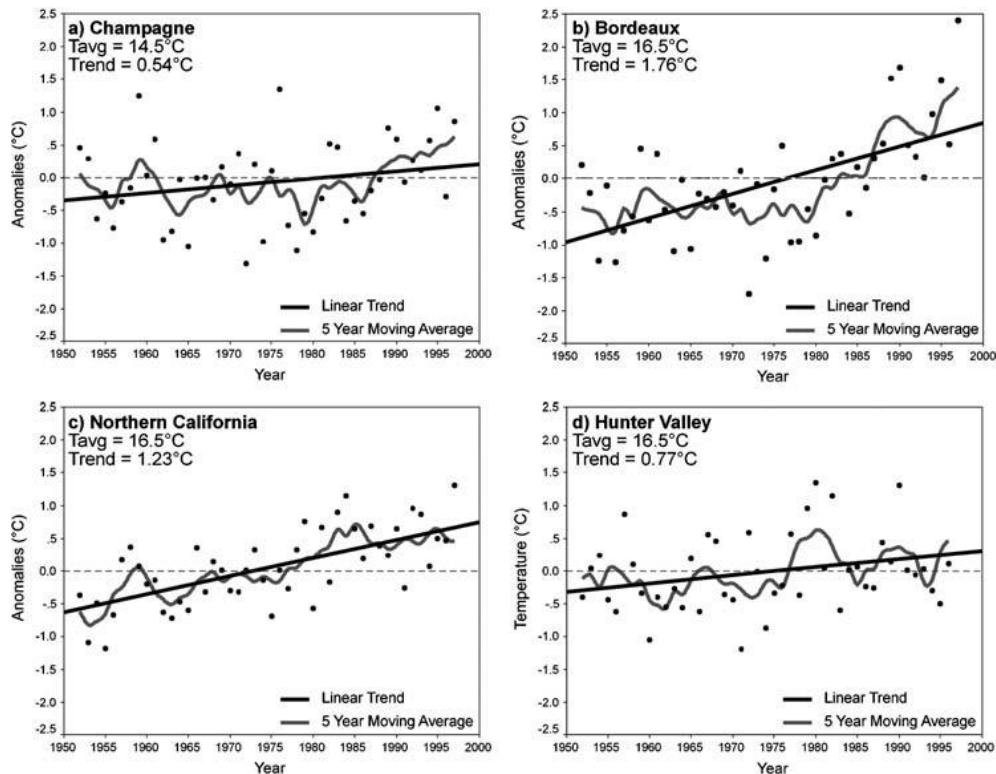
Harmadik szakasz: 100 millió évvel ezelőtt a lemeztectonikai mozgások leálltak, és csökkent a vulkáni tevékenység. Ennek következtében a levegő CO<sub>2</sub> tartalma csökkent és így kezdődött el a klíma fokozatos lehülése.

Negyedik szakasz: Az utolsó évmilliók során hideg és meleg periódusok váltották fel egymást. Az éghajlat változását a föld keringési pályájának változása okozza, amelynek periódus ideje 100.000 év.

Ötödik szakasz: Több kisebb periódusból áll, amelyek körülbelül 1000 évente következnek be. Például 1100 évvel ezelőtti Angliában szőlőt termesztettek, a Vikingek jégmentes tengeren jutottak át az Újvilágba. A 14. századtól a 20. század elején Európa éghajlata hűvösebb volt mint most, ezt a periódust hívjuk kis jégkorszaknak. Azóta a klímánk folyamatosan melegszik, napjainkban az átlag hőmérséklet az elmúlt ezerévhez viszonyítva a legmagasabb.

A klímaváltozásért az üvegházgázok emelkedő koncentrációja felelős a légkörben. A legfontosabb üvegházhatású gázok a szén-dioxid, a metán, a dinitrogén-oxid és a halogénezett szénhidrogének. Ezek a gázok keresztül a napsugarai szinte zavartalanul lejutnak a föld felszínére, de az onnan kiinduló, nagyobb hullámhosszú energia egy részét ezek a gázok elnyelik és visszasugározzák a föld felszínére.





1. ábra: Néhány borvidék átlaghőmérséklet növekedése 1950-2000 közötti években

(forrás: Jones et al., 2005)

A metán már 8-12 év után kikerül a légkörből, a fontosabb freonfajták 10-200, a dinitrogén-oxid 120 év alatt bomlik le a légkörből. Az antropogén eredetű többlet kibocsátás következtében a szén-dioxid molekulák akár 200 évig is a levegőben tartózkodhatnak. A szén-dioxid egy részét a bioszféra és az óceánok elnyelik, ha levegőbe kerülő szén-dioxid mennyiség nem haladná meg az elnyelők kapacitását, akkor nem növekedne a légkör szén-dioxid koncentrációja (Mika, 2002).

A 1950-1999 évek között a föld átlaghőmérséklet emelkedése globálisan 1,29 C° volt. Több borvidék időjárás adatait megvizsgálva néhol kisebb mértékű a melegedés, de mindenhol szignifikáns emelkedés látható (1. ábra). A Rhone-völgyben az átlag hőmérséklet 4,07 C°-al nőtt a vegetáció és 3,85 C°-al nőtt a nyugalmi időszakban (Jones et al., 2005).

### ***A klímaváltozás hatása a mezőgazdaságra***

Az antropogén tevékenység következtében, a különböző okokból természetes módon is bekövetkező klímaváltozás felgyorsul. Az emberek és állatok számára is egyre jobban érzékelhetően változnak meg az adott helyen ható éghajlati viszonyok. Az ember és az állatok helyváltoztatásukkal bizonyos mértékig ki tudnak térni a változás következtében fellépő káros hatások elől. A növények és így az élelmiszerellátást biztosító növénykultúrák helyhez kötve kénytelen átvészelné a kedvezőtlen időjárási eseményeket. A termesztendő növények körét alapvetően az éghajlat határozza meg, így egyértelműen számítani lehet az általános melegedés következtében a hűvösebb klímát kedvelő növények nagyüzemi szinten történő háttérbe szorulására (pl.: málna, szilva, stb.). Mindemellett új vagy már termesztésben lévő, melegkedvelő fajokat nagyobb területen fogják vetni, illetve telepíteni (pl.: édesburgonya, szója, mandula, stb.). A termesztésben lévő növényfajokon belül változni fog a fajtahasználat, a melegebb éghajlati viszonyokhoz jobban alkalmazkodó fajták kerülnek előtérbe. A kedvezőbb vízfelhasználású és szárazságot jobban tűrő fajták szintén fontosak lesznek a jövőben. A növénytermesztési rendszerek egyik fontos elemeként nagy figyelmet kell a jövőben fordítani a talajok vízmegőrzésére és az ezt elősegítő talajművelési technológiák alkalmazására, kutatására és technológiai fejlesztésére. A talajok vízellátottságának optimalizálása érdekében öntözéstechnológiai fejlesztések és azok kiterjedt használata is egyre fontosabb lesz a jövőben.

Az éghajlati viszonyok változásával teret nyernek a másodlagos anyagcseréjük során mikotoxinokat termelő penészgombák (*Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.*, *Fusarium spp.*), amelyekkel az élelmiszerek mikológiai biztonsága jelentősen romolhat. Az európai országokra eddig nem jellemző mikotoxint termelő gombák fertőzési kockázata. A hőmérséklet +2 °C-al történő emelkedésével a Dél-Európai országokban az aflatoxin kockázat nagymértékben nőhet,

mérsékelt kockázat növekedéssel lehet számolni Romániában, Magyarországon, Északkelet-Olaszország és Franciaország területén. Az élelmiszerek ezekkel a fajokkal és ennek következtében mikotoxinnal való fertőzöttsége az aratás előtt és az azt követő fázisokban is bekövetkezhet, így nem csak az ellenük való védekezési technológiák hanem a tárolási technológiák fejlesztése is szükségszerű lesz a jövőben (Farkas et al., 2013).

A környezeti tényező változása következtében fellépő stresszhatás egyre nagyobb megpróbáltatást jelent a növények számára. A fokozott igénybevétel mellett kell biztosítani a megfelelő növényvédelmet a növények számára és kielégíteni az egyre növekvő élelmiszerigényt. A termesztett növényeink közül különösen az ültetvények vannak kitéve a telepítést követően az adott ültetvényben fellépő stresszhatásoknak, hiszen bizonyos kultúrák akár több évtizedig is a kiválasztott területen maradhatnak.

### **A klímaváltozás hatása a szőlőre**

A több évtizeden át tartó kitettség a klimatikus tényezőknek a szőlő esetében különösen igaz, hiszen 40-50 évig vagy akár még több ideig is az adott területen maradhatnak a tőkék. A szőlő alapvetően melegkedvelő növény, de a túlzott mértékű szélsőséges időjárási események káros hatással vannak rá. A magas hőmérséklet, az aszályok, magas UV-sugárzás, az egyre gyakrabban fellépő jégesők és késői fagyok stb., komoly abiotikus stresszhatást jelentenek a növény számára. A klímaváltozás nem csak közvetlenül abiotikus stresszként hat a szőlőre, hanem a melegedő éghajlat következtében egyre jobban előtérbe kerülnek olyan speciális és széles gazdanövény körrel rendelkező kórokozók, amelyek magyarországi terjedésének csak a környezeti tényezők szabtak gátat.

### ***A klímaváltozás hatása a szőlő korokozóira***

Freire et al (2017) kutatásaik során különböző fajták *Aspergillus* (2. ábra) és *Penicillium* gombák érés kori fertőzését és toxintermelését vizsgálták. A különböző fajtákról begyűjtött bogyókat mesterségesen fertőzték meg a különböző fajokkal. A fertőzések 75,3 %-át az *Aspergillus* és 24,7%-át a *Penicillium* fajok okozták. Az *Aspergillus* nemzetség fajai közül a legjelentősebbek a szőlőt fertőzők közül az *A. niger* (35,33), *A. carbonarius* (33,9%), *A. aculeatus* (20,51 %). Ezeknek a fajoknak az ochratoxin-A termelő képességét vizsgálva az *A. carbonarius* által kiváltott fertőzések esetében 32,1 %-ban volt jellemző ennek a toxinnak a termelése. Az *A. aculeatus* a fertőzések 100%-ában termelte a toxint, míg az *A. niger* nem potenciális ochratoxin-A termelő. A *Penicillium* fajok közül a legjelentősebbek a *P. sclerotiorum* (44,4%), *P. citrinum* (20%), *P. glabrum* (18,3%), *P. decumbens* (13%). Az egyetlen citrinin-t termelő faj a *P. citrinum* volt. Mivel a kiváltott fertőzések 20%-áért volt csak felelős, így kisebb kockázatot jelentenek a szőlő mikotoxin szennyezettségében a *Penicillium* fajok. A szőlőfajták érzékenysége eltérő a különböző gombákkal való fertőzésre, különbségek Figureyelhetőek meg a kékszőlő és a fehérszőlő érzékenysége között is. A vizsgálatok a fertőzések során a kékszőlő minták 17%-ában, míg a fehérszőlő minták esetében 50%-ban volt fellelhető az ochratoxin-A. Azokban a kékszőlőkben, amelyekben kimutatható volt a toxin, az nagyobb arányban volt jelen mint a fehérszőlők esetében.

Serra et. al. (2006) kutatásaik során a szőlőbogyókat fertőző *Penicillium* fajok által okozott fertőzések közül a legnagyobb arányban a *P. brevicompactum*, *P. thomii*, és *P. glabrum/spinulosum* voltak. Ezek a fajok voltak a felelősök a fertőzések 71%-áért.

Az *Aspergillus* és *Penicillium* fajok a szőlővel bekerülve a mustba az erjedés első 48-72 órájában, általában ebben az időszakban az alkohol nincs toxikus koncentrációban jelen, folytathatják életfolyamataikat és így toxintermelésüket is (Jiang et al., 2015).

A toxintermelő fajok előtérbe kerülésével szükséges lehet intenzív védekezési technológiák alkalmazására az ültetvényekben. Célszerű lenne az engedélyezett mikrobiológiai készítmények ezen fajok elleni hatékonyságának vizsgálatára, esetleg újabb szintén 0 napos élelmezés egészségügyi várakozási idejű készítmények kifejlesztésére, engedélyezésére.

A szőlőt is fertőző *Xylella fastidiosa* (2. ábra) gyors terjedésével jelentős gazdasági károkat képes okozni. Először Koszovóban találták meg, de nem terjedt el a többi európai ország szőlőtermesztő területén. Ez valószínűleg a hideg téli időjárásnak köszönhető. A baktérium terjesztői közé több tajtékos kabóca tartozik, de legjelentősebb vektora a Változó tajtékoskabóca (*Philaenus spumarius*) (Amanifar et. al, 2014). Vektorai még az Éger kabóca (*Aphrophoara alni*), Vértettyes kabóca (*Cercopis vulnerata*) és a Méregzöld kabóca (*Cicadella viridis*). A szőlő Pierce betegségét okozó korokozó a *Xylella fastidiosa subsp. fastidiosa*. A Pierce betegség várható terjedése a klímaváltozás hatására bekövetkezik. Az egyre melegebb telek nem lesznek elég kemények az alapvetően mediterrán korokozók elpusztuláshoz, így azok át tudnak telelni a Kárpát-medencében is.



2. ábra. *Aspergillus* spp. fertőzés (forrás: [ucanr.edu](http://ucanr.edu)) és Pirce betegség (forrás: <https://wineindustryadvisor.com/>).

A szőlőt rendszeresen fertőző gombabetegségek közül a száraz melegnyári napokon nagyobb növényvédelmi nyomást fog okozni a jövőben a szőlőlisztharmat (*Erishyphe necator*), míg az alapvetően a csapadékos időjárás jobban kedvelő peronoszpóra fertőzési mértéke visszább szorul és csak kismértékű fertőzést fognak okozni a növények levelein.

#### ***A klímaváltozás következtében erősödő abiotikus stressz hatása***

Hazánkban kontinentális klíma uralkodik, amire alapvetően a meleg nyár és hidegtél a jellemző. A hetvenes évek közepétől napjainkig erős melegedő tendencia figureyelhető meg, amely a hidegnapok csökkenésével és a hőségnapok számának emelkedése is bizonyít (Hufnagel-Sipkay, 2010). A forró és hőségnapok számának emelkedése mellett, gyakoribbá vált az erős UV-sugárzás, az éghajlatra jellemző csapadék mennyiség nem megfelelően oszlik el a vegetáció során, és többször fordulnak elő jégesők és erős szelek is. Ezek a klimatikus eredetű stresszhatások károsíthatják, vagy bizonyos esetekben el is pusztíthatják a szőlőtőkét vagy egyes részeit.

A fény fontos szerepet játszik a szőlő életében, hiszen egy lián növény, ami folyton a fényfelé kapaszkodik és nő. Abban az esetben, ha a napsugárzás mértéke meghaladja a normális értéket a tőkék egyes részei károsodnak (napkárosodás).

A károsodás akkor következik be, amikor az intenzív napsütés mellett a levegő hőmérséklete magas, a páratartalom alacsony és az időjárás is száraz (3. ábra).



3. ábra: Napégés (első kép) és a hőguta (második kép) tünetei szőlőn.

(forrás: <https://www.canr.msu.edu/>, <https://c8.alamy.com/>)

Mindig a közvetlen napfénynek kitett fürtök károsodnak, főleg a déli napsütésnek hatására (délnyugati, nyugati irányból). A hőguta esetében először a kisebb sárgászöld foltok jelennek meg, amelyek növekednek, besüppednek és a folt közepétől kiindulva elhalnak. Ezt követően a bogyók fokozatosan töppednek és elszáradnak. Gyakran tapasztalható napkárosodás a csonkázás következtében a fényre kerülő bogyók esetében. A napkárosodás következtében a levelek világoszöld színűek lesznek, majd fokozatosan elhalnak. A fajták között tapasztalható némi eltérés a fogékonyágban pl.: Rajnai rizling és az Olasz rizling fogékonyabbak (Hluchy et al., 2007). A növény a magas UV károsodásra válaszként elkezd UV szűrő molekulákat

intenzíven szintetizálni (flavonoidok, karotinooidok). A magas sugárzás okozta stressz általában nem egyedül, akár másik két stressz hatással együtt lép fel (magas léghőmérséklet, vízhiány).

A hőmérséklet hatással van a szőlő életfolyamatira, a fotoszintézis intenzitása egészen 30-33 C°-ig növekszik, majd ezt követően a fotoszintézis intenzitása nagymértékben csökken és a szőlő légzése túlsúlyba kerül. A forró és hőségnapokon a légzéshez a cukrok mellett nagy mennyiségű almasavat használ el a szőlő és a nagyon meleg évjáratokban a borászati szempontból fontos savak elégnek a szőlőtőkén. A túl magas léghőmérséklet nem csak biokémiai változásokat okoz, hanem hóguta érheti a tőkét. Hóguta esetén a tőkék lankadnak, a levelek és a bogyók perzselődhetnek. Abban az esetben, ha aszály idején következik be a hőség, akkor akár a tőkék pusztulása is bekövetkezhet. A szüret idejére is kitolódott a nyáriás időjárás, így kulcsfontosságúvá vált a termés minél gyorsabb feldolgozása. A magas hőmérséklet következtében az oxidációs folyamatok felgyorsulnak, aminek következménye az aroma, íz, szín és mikrobioológiai károsodása a bornak. Egyre gyakrabban végzik a szőlő betakarítását éjszaka, erre a munkaerőhiány miatt amúgy is általánosabban használt szőlőkombájnok nyújtanak lehetőséget. A túl magas hőmérsékleti események mellett hazánkban főleg az Alföldön van jelentősége a téli fagyoknak. Egyes évjáratokban, mint a 2016-os és 2017-es amikor időszakosan -25 C° alá is csökkent a hőmérséklet és a szőlőtermő területek nagyrészen komoly fagykárok következtek be. A vegetáció során bekövetkező fagyok gyakran komoly gazdasági károkat okoznak. A szőlő szempontjából a tavaszi fagyok esetében jelentősége a késő tavaszi fagyoknak van, hiszen a rügyfakadás és ezzel együtt a vegetáció kezdete általában április közepe-május eleje közötti időszakban következik be. A klimaváltozással egyre gyakoribbá váltak a későtavaszi fagyok, melyek gyakran okoznak problémákat a szőlőtermesztő országokban. A fakadás után a hajtások -1 C°-os hideget képesek elviselni, ezt követően elfagynak. A fagyhatás következtében bekövetkezhet a hajtások részleges (4. ábra)



vagy teljes pusztulása. A hajtások teljes fagyása esetén a szőlő rejtett és alapi rügyeiből még kihajt, de mivel ezeknek a rügyeknek a termékenysége nagyban elmarad a világos rügyek termékenységtől.



4. ábra Részleges késő tavaszi fagykár szőlőn (forrás: Knolmajer) és madárkás fürtök (bacchusbortarsasag.hu).

A tavaszi fagyok keletkezési módja alapján kétféleset különböztetjük meg: A beáramlási (advektív) és a kisugárzási (radiációs) fagy. A hegyvidéki szőlőterületek a fagyoknak nem annyira kitettek, szemben a síkvidéki szőlőtermő területekkel. A túlkorán beköszöntő késő tavaszi fagyok manapság nem jellemzőek, de főleg az Alföldi régiókba fordulhatnak elő. Ekkor a késői érésű fajták tökéletesen még az érés befejezése előtt károsodhatnak (Hajdu-Saskői, 2009). Egyre gyakrabban tapasztalható a virágzás idején a szélsőségesen meleg és szélsőségesen hideg léghőmérséklet, melynek következtében a virágok termékenyülése rossz és ún. madárkás fürtök képződnek (4. ábra). A kedvezőtlen időjárási viszonyokból fakadó hiányos termékenyülés komoly termés kiesést eredményezhet. Az érés idején a magas hőmérséklet következtében felgyorsulnak az öregedési folyamatok és kényszerérés következik be. Az általában enyhe telek következtében az atkák könnyen át tudnak telelni és a meleg évszakokban nagy fertőzősségi arányt képesek kialakítani. Alapvetően az éghajlatváltozás következtében növekvő átlag

hőmérséklet és egyre melegebb évjáratok kedvező körülményeket teremtenek ezeknek a kártevőknek. A megemelkedett átlaghőmérséklet nem csak a savtartalmak kedvezőtlen alakulását, hanem a szüret idejére túlságosan megnövekedett cukortartalom következtében a borok túlzott mértékű alkoholtartalmát is okozhatja. A délebben fekvő bortermelő országokban már nem a cukortartalom minél nagyobb növelése, hanem a meleg évjáratokban is mérsékeltebb cukortermelés és így mérsékeltebb alkoholtartalom elérése a cél. A magas hőmérséklet sejtszint alatt főleg a PS II rendszer működésére van káros hatással, a PSI sokkal hőstabilabb. A sejtmembránok károsodnak és az aktivált oxigénformák képződnek. A magas hőmérséklet okozta károsítás mértéke jól mérhető a malondialdehid szint meghatározásával, amely a lipidperoxidáció mértékét mutatja meg.

A szőlő víz igényének kielégítéséhez évente 500-600 mm vízre van szükség. Magyarország területeinek nagyrészen ez a csapadék mennyiség adott, de az éghajlatváltozás következtében ennek eloszlása kedvezőtlen és komoly stresszt jelent a szőlő számára. Az egyre gyakoribb aszályok következtében a levelek és hajtások elvesztik turgorukat, lankadnak, sárgulnak majd az idősebb levelektől kiindulva fokozatosan elszáradnak. Az elszáradt levelek lehullanak, a hajtások nem érnek be megfelelően. A fürtök és a bogyók is fonnyadnak, illetve a fejlődésük és színeződésük is egyenletlen lesz. A víz hiányában a fotoszintézis intenzitása csökken és a bogyók sav és cukortartalma lecsökken, melynek eredményeként minőségi és mennyiségi romlás következik be. A fajták között eltérések mutatkoznak szárazság tűrésükben. A borszőlő fajták jobban tűrik a szárazságot, mint a csemegeszőlő fajták. A csemegeszőlőfajták termesztéséhez az öntözés nélkülözhetetlen. A szárazság sejtszint alatti változásokat is okoz. Több olyan gén expressziója beindul, amelyeknek kulcsfontosságuk van a növény túlélésében. Az aszály következtében nagymértékben megnő az abszcizinsav szint, ami egyébként általános stresszhormonként minden stresszhatásnál megnövekszik. A szárazság hatására

ozmoregulátorok expressziója beindul és nő a sejtben a sejtnedv koncentráció, ennek következtében csökken az ozmotikus potenciál és így nagyobb mértékben képes megtartani a vizet a növény. Egyik jellegzetes ozmotikum a prolin, amellyel jól mérhető a szárazság által okozott stressz mértéke.

Sokszor hirtelen, rövid idő leforgása alatt esik le nagy mennyiségű csapadék. A nagymennyiségű csapadék főleg aszályos időszakot követően kedvezőtlen. Ekkor a nagy gyökérsnyomás következtében, a túlzott mértékű vízfelvétel az érőfélben lévő bogyók falát megrepeszti és így utat nyit a gombás fertőzéseknek. A túl nagy mennyiségű csapadék hullás következtében sík és a dombvidékek alján belvíz alakulhat ki. A belvíz következtében járhatatlan lesz a talaj a munkagép számára és a víz tömöríti, levegőtlené teszi a talajt és így a gyökerek normál működése akadályozott. Anaerob körülmények között különösen nagy az esélye a tökéik *Agrobacterium tumefaciens* fertőzésének. A hegyvidéki szőlőtermesztésben nagy az erózió kockázata, itt különösen fontos a megfelelő víz elvezetés. Az erózió elkerülése érdekében a sorközökben a időszakos vagy állandó takaró növényzettel megelőzhető a termőtalaj erodálódása (Terbe et al, 2011).

A szélsőséges időjárási események gyakoribbá válásával egyre többször fordulnak elő jégesők. Az okozott kár mértéke a jégszemek nagyságától függ, ami akár a diónagyságot is elérheti. A leveleket széttépi, a hajtásokon és a vesszőkön sebeket ejt, a bogyókat szétveri (5. ábra). A jégeső utat nyit a sérülésekkel a gombásfertőzéseknek, melynek következtében az állomány teljes pusztulása is bekövetkezhet. A jégeső károsításának a levelek alatt lévő, belső fűrtök kevésbé kitéttek. A jégeső okozta kár mérséklése érdekében Magyarország jégkár mérséklő rendszert működtet. Használata következtében a jégszemek átmérője csökken, így nem okoznak a lehulló szemcsék nagymértékű károkat. Külföldi ültetvényekben a gyakran alkalmaznak jégghálót a kár elhárítása érdekében, hazánkban ez főként a gyümölcs

ültetvényekben jellemző. Nem a klímaváltozás következménye, de a klímához kapcsolódó rendkívül káros jelenség a savas eső. Az ipari létesítmények emissziója következtében legközelebbi szennyező anyagok felelősek érte. A savas eső az ökológiai környezet sav egyensúlyát megbontja, és a környezet elsavanyodását okozza. A savas esők nem csak a gyárak közelében hullanak le, hanem a meteorológiai viszonyoktól függően akár több ezer kilométerre is lehullhatnak.



5. ábra Jégverés a szőlőfürtön (fotó: Knolmajer)

A szőlő fenológiai stádiumai eltolódnak, illetve lerövidülnek. Ez a különböző évek adataiból jól látszik. A 2020-as évben korán fakadt a szőlő, aminek köszönhetően a szüret 2-3 héttel korábban kezdődött meg (augusztus második hete). A 2021-es évben a hűvös tavasz miatt a fakadás jóval később indult meg, de a zsendülés idejére behozva a lemaradást már a „megszokott” menetrend szerint alakult a fenológiája. A fakadástól függően tehát nem csak eltolódnak a stádiumok, hanem le is rövidülnek egyes fázisok és ezzel a tenészedőszak is. A fenológia rövidülésével az érési időszak a megszokottnál jóval melegebb időszakra esik és így a bogyók metabolizációja felgyorsul és így a bor összetétele, érzékszervi tulajdonságai megváltoznak.

### **A klímaváltozás hatásának mérséklése a szőlőültvényekben**

A megváltozott körülményekhez a szőlőtermesztők próbálnak az egyes technológiai elemek megváltoztatásával alkalmazkodni. A borászok folyamatos monitoring alatt tartják az ültetvényeket, hogy pontosan a megfelelő érettségi állapotban történjen a szüret. A folyamatos változás, folyamatos tanulással együtt új technológiák kidolgozását fogja eredményezni. A jelenleg termesztésben lévő fajták elérik a tűrőképességük határát, így kevésbé lesznek alkalmasak a megváltozott körülményekkel megbirkózni. A helyben történő fajtaváltásnak a jövőben fontos szerepe lehet az ültetvényekben (Neethling et al., 2019).

Az ültetvények fajtaváltására nagyobb területen, csak néhány oltási módszerrel alkalmas. A többi technológiához viszonyítva nagy eredési aránnyal és terület teljesítménnyel rendelkezik a Trio-szemzés, mely gyors fajtaváltást tesz lehetővé (Knolmajer et al, 2019).

Az öntözési technológiák előtérbe kerülése mellett, fontos szerep jut a talajok vízmegőrzésének. A szőlőtermesztés számára is elérhetőek olyan munkagépek (pl.: ásógép, kultivátor stb.), amelyekkel hatékonyan a talaj forgatása nélkül tudjuk a talajokat tisztántartani, illetve lazítani. Az egyéb művelő eszközök használata sem nélkülözhető, de előnyben kell részesíteni ezeket a munkagépeket. A forgatás, és a talajszerkezetet erősen romboló eszközök háttérbe szorulásával a víz jobb megőrzése mellett méréskelhető a talajok művelés utáni CO<sub>2</sub> vesztesége, ami így nem járul hozzá az üvegházhatás mértékének növekedéséhez. Az olyan kevés csapadékkal rendelkező nyugalmi időszakok esetén, mint a 2022-es, célszerű lesz a télre időszakos növényborítást hagyni a nedvesség veszteség mérséklése érdekében.

Több konkrét technológia is rendelkezésre áll, az éghajlat változás hatásainak mérséklésére. A késő téli metszéssel késleltethetjük a fakadást és így a tavaszi fagyoknak való kitettség csökken. Alkalmazhatunk árnyékoló hálókat a napkárosodásának mérséklése érdekében. Széleskörben

elterjedt a mulcsozás, amely szintén a vízmegőrzésében segít. Kísérletek folynak arra vonatkozólag, hogy a levélfelület csökkentésével a végleges cukortartalom milyen mértékben csökkenthető. Az érés késleltetése érdekében, hogy a zsendülés kedvezőbb körülményke között következzen be, alkalmazzák a csonkázás erőteljesebb változatát. Az alap technológia során 12 levél magasság fölött vágják le a hajtások tetejét. Az erőteljesebb változatban a 9. vagy 10. levél emeletek fölött teszik meg, ezzel 20 nappal tolódik ki a technológiai érettség időpontja. Antitranszspirációs anyagok kijuttatásával a sztómák konduktanciájának csökkenésével párhuzamosan a fotoszintézis teljesítménye is csökken, így késleltethető az érés ideje. Alkalmazásával a víz deficit csökken. A kettős metszés (6. ábra) technológiájával is eltolható az érés akár 49 nappal. A növekvő hajtásokat néhány nádusz meghagyásával visszavágják és így a legfelső téli rügyek kihajtanak. Az új hajtások fejlődése veti vissza a fenológiában a növényt (Gutiérrez-Gamboa et al, 2021).



6. ábra Kettős metszés (Double pruning) (forrás: Gutiérrez-Gamboa et al).

A szőlőt ért káros hatások esetén a sejtszint alatt, egy másodlagos oxidatív stressz is bekövetkezik. Az oxidatív stressz során aktivált oxigénformák képződnek. A stressz alatt lévő növények káros sejtszint alatti károsodások ellensúlyozása érdekében célszerű azok kezelése antioxidánsokat nagy arányban tartalmazó növényi kivonatokkal, növénykondicionálókkal. Manapság egyre elterjedtebbek, károsodás esetén kijuttatják ezeket a készítményeket és ezzel jó eredménnyel rövid idő alatt regenerálódni tudnak a tőkék. Ezek a technológiák a bizonyítékai, hogy az alkalmazkodás folyamatosan zajlik és az újabb technológiákkal jó eredmények érhetők el. A kettős metszés (double pruning) technológia azonban felvet néhány kérdést. A hajtások ilyen erőteljes visszavágása következtében a téli rügyei is kihajtanak a szőlőnek, ami alapvetően a következő évi termés alapjai. Illetve kérdés, hogy mekkora stresszt jelent a növényeknek. Az éghajlat változása mellett a szőlőtermesztési technológia is folyamatos változáson megy keresztül, ezzel várhatóan a jövőben is eredményesen lehet majd szőlőt termelni.

### **Szőlőtermesztés a jövőben**

A jövő szőlőtermesztését két nagy tényező fogja meghatározni, az egyik a klímaváltozás, a másik pedig a növényvédelem kérdésköre. Alapvetően a mai tendenciák azt mutatják, hogy sok növényvédőszer hatóanyag kerül kivonásra. Sok olyan hatóanyag is kikerül a szakemberek kezéből, amelyek nagymértékben hozzájárultak a biztonságos szőlőtermesztéshez. A növényvédőszer gyártók megkezdték a kockázat alapú értékelésnek abszolút megfelelő „bio” növényvédőszer fejlesztését. Több jól alkalmazható készítmény már most rendelkezésre áll és jól beilleszthető az integrál növényvédelembe is. Egyes szegmensei a növényvédelemnek azonban még nem megoldottak. Jó lehetőséget rejtenek a rezisztensfajták, sajnos hazánk kiterjed nemesítési programmal nem rendelkezik. Néhány kecskeméti és pécsi fajta



rendelkezésre áll, illetve Geisenhemi nemesítések is elérhetők Magyarországon. Azonban fontos megjegyezni azt, hogy ezek a fajták sem ellenállóak minden betegséggel szemben. A növényvédő szerek használatának csökkenése várható és ezzel még szélesebb körben alkalmazásra kerülnek a precíziós mezőgazdasági technológiák. A növényvédelem alapját a növények ellenállóképességének lehető legnagyobb mértékben való fokozása fogja jelenteni. A klímaváltozás okozta kihívások szintén szorgalmazzák a precíziós technológiák alkalmazásának kiterjesztését és a szőlőtermesztés digitalizációját. A jövőben a szőlőültetvények telepítésénél alapkövetelmény lesz az öntöző rendszerek telepítése is, ami a telepítési költségeket másfélszeresére növeli. Nagy probléma az alacsony szőlő felvásárlási ára, ezen az árszinten még hosszú ültetvény élettartammal is nehezen térül meg a telepítés nagy beruházási igénye.

### Irodalomjegyzék

- Amanifar, N., Taghavi, M., Izadpanah, K., Babaei, G. 2014. Isolation and pathogenicity of *Xylella fastidiosa* from grapevine and almond in Iran. *Phytopathologia Mediterranea*, **53**(2). 318–327. [https://doi.org/10.14601/Phytopathol\\_Mediterr-12647](https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-12647)
- Farkas, J., Szeitzné, Sz. M., Varga, J., Beczner, J., Kovács, M., Varga, L. 2013. A Kárpát-medence éghajlatváltozásának kihatása élelmiszer-biztonságunkra. *Magyar Tudomány*, **174**(2). 147–157.
- Freire, L., Passamani, R. F., Thomas, A. B., Nassur, R. C. M. R., Silva, L. M., Paschoal, F. N., Pereira, G. E., Prado, G., Batista, L. R. 2017. Influence of physical and chemical characteristics of wine grapes on the incidence of *Penicillium* and *Aspergillus* fungi in grapes and ochratoxin A in wines. *International Journal of Food Microbiology*. **241**. 181–188. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.10.027>



- Gutiérrez-Gamboa, G., Zheng, W., Martínez de Toda, F. 2021. Current viticultural techniques to mitigate the effect of global warming on grape and wine quality: A comprehensive. *Food Research International* **139**. 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109946>
- Hajdu, E., Borbásné Saskői, É. 2009. Abiotikus stressz a szőlő életterében. *Agroinform Kiadó, Budapest*. 36–65.
- Hluchy, M., Ackermann, P., Zacharda, M., Lastuvka, Z., Bagar, M., Jetmarova, E., Vanek, G., Szőke, L., Plisek, B. 2007. A gyümölcsfák és a szőlő betegségei és kártevői. Bratislava, 238.
- Hufenagel, L. Sipkay, Cs. 2010. A klímaváltozás hatása ökológiai folyamatokra és közösségekre. *Corvinus Egyetem, Budapest*. 13–14.
- Jiang, C., Shi, Jungling., Chen, X., Liu, Y. 2015. Effect of sulfur dioxide and ethanol concentration on fungal profile and ochratoxin a production by *Aspergillus carbonarius* during wine makin. *Food Control*, **47**. 656–663. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.08.011>
- Jones, V. G., White, A. M., Cooper, R. O., Storchmann, K. 2005. Climate change and global wine quality. *Climate Change*, **73** (3): 319–343.
- Knolmajer, B., Kocsis, L., Knolmajerné Szigeti, Gy. 2018. Egy új helybenoltási módszer eredményes alkalmazása szőlőültetvények átoltására, ültetvénylétesítésre. *Borászati Füzetek* **28**(3). 23–28. <https://doi.org/10.1007/s10584-005-4704-2>
- Kutzbach, J. 1989. historical perspectives: climatic changes throughout the millennia. In: De Fries R.S. and Malone T F, eds *Global Change and our Common Future*. Washington D.C.: National Academy. 50–55.
- Mika, J. 2002. A globális klímaváltozásról. Egy meteorológus kutató szemszögéből. *Országos Meteorológiai Szolgálat Fizikai Szemle*, **52**(9). 258.

Neethling, E., Barbeau, G., Coulon-Leroy, C., Quénot, H. 2019. Spatial complexity and temporal dynamics in viticulture: a review of climate-driven scales. *Agricultural and Forest Meteorology*, **277**. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107618>

Serra, R., Lourenço, A., Alípio, P., Venacio, A. (2006): Influence of the region of origin on the mycobiota of grapes with emphasis on *Aspergillus* and *Penicillium* species. *Mycological research* **110** (8). 971–978. <https://doi.org/10.1016/j.mycres.2006.05.010>

Terbe, I., Skezák, K., Kappel, N. 2011. Kertészeti és szántóföldi növények fejlődési rendellenességei. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 179–184.

**BAROMFITRÁGYA ALAPÚ KOMPOSZT SZUSZPENZIÓ  
HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA KÁPOSZTA (*BRASSICA  
OLERACEA* L. CONVAR. *CAPITATA* PROVAR. *CAPITATA*  
DUTCH) TESZTNÖVÉNNYEL**

*Edit Gorliczay<sup>1\*</sup> – Nikolett Éva Kiss<sup>1</sup> – Attila Nagy<sup>1</sup> – János Tamás<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és  
Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet*

*\*Corresponding author, [edit.gorliczay@agr.unideb.hu](mailto:edit.gorliczay@agr.unideb.hu)*

**Abstract**

Compost teas are watery extracts of composted materials that are used to control plant diseases and on crop fertilization. In this work, we tested the nutrient replenishment effect of a broiler and hen manure-based non-aerated compost tea on two soil types (Arenosol, slightly humous Arenosol), with cabbage (*Brassica oleracea* L. convar. *capitata* provar. *capitata* Dutch) as a test plant, at one water capacity level (Field Capacity 70 w/w%), with harvesting times of four and eight weeks. The trends in leaf number, wet weight (g), total length (cm),  $F_v/F_m$ ,  $F_v/F_o$ , total chlorophyll ( $\mu\text{g/g}$ ) and total carotenoids ( $\mu\text{g/g}$ ) were investigated. Based on the results of the pot experiments, significant differences ( $p < 0.05$ ) were observed between the control and compost suspension treated plants in terms of the parameters studied and harvest times. The treatments resulted in a higher number of leaves, and this strong foliage growth is probably the

result of nitrogen overdose.  $F_v/F_m$  and  $F_v/F_o$  were determined to determine the stress on the plants, which indicated that high potassium concentrations affected the photosynthetic apparatus. For total chlorophyll and carotenoid content ( $\mu\text{g/g}$ ), lower values were measured for plants treated with suspensions, which can be explained by antagonism between potassium and magnesium ions.

**Keywords:** poultry manure, cabbage, pot experiment, compost tea

### Összefoglalás

A komposzt szuszpenziók a komposztált anyagok vizes kivonatai, amelyeket a növényi betegségek elleni védekezésre és tápanyagutánpótlásra használnak. Jelen tanulmányban egy brojler- és tyúktrágya alapú komposzt szuszpenzió, mint tápanyag-utánpótlásra alkalmas folyékony termék hatását vizsgáltuk két talajtípuson (homoktalaj, humuszos homoktalaj), káposzta (*Brassica oleracea* L. convar. *capitata* provar. *capitata* Dutch) teszt növényvel, egy vízkapacitási szinten (VK<sub>sz</sub> 70%), négy- és nyolchetes betakarítási idővel. Vizsgáltuk a levélszám (db), nedves tömeg (g), teljes hajtáshossz (cm),  $F_v/F_m$ ,  $F_v/F_o$ , összes klorofill- ( $\mu\text{g/g}$ ) és az összes karotinoid-tartalom ( $\mu\text{g/g}$ ) alakulását.

A tenyészedényes kísérletek eredményei alapján elmondható, hogy a kontroll és a komposzt szuszpenziókkal kezelt növények vizsgált paraméterei, valamint a felszámolási idők között szignifikáns különbségek voltak kimutathatók ( $p < 0,05$ ). A kezelések hatására nagyobb levélszámot kaptunk, és ez az erőteljes lombnövekedés valószínűsíthetően a nitrogén-túladagolás hatása. A növényeket érő stressz meghatározásához az  $F_v/F_m$ , valamint az  $F_v/F_o$  értékeket meghatároztuk, melyek alapján elmondható, hogy a magas kálium-koncentráció hatással volt a fotoszintetikus apparátus működésére. Az összes klorofill- és karotinoid-tartalom ( $\mu\text{g/g}$ ) esetén az szuszpenziókkal kezelt növények esetében alacsonyabb értékeket mértem, mely a kálium és magnézium ionok közötti antagonizmussal magyarázható.

**Kulcsszavak:** baromfitrágya, komposzt szuszpenzió, káposzta, tenyészedényes kísérlet

### Bevezetés

Az ENSZ Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezetének (a továbbiakban: FAO) előrejelzései szerint a világ népessége 2050-re eléri a 9,1 milliárd főt (FAO, 2012). A világ gyorsan növekvő népességéhez az élelmiszertermelésnek is növekednie kell akár 70%-kal is annak érdekében, hogy megfelelően biztosítani tudják az élelmiszer-ellátást, ugyanis kisebb, vagy változatlan kiterjedésű földterületeken kell a növekvő mennyiségű élelmiszert megtermelni (EUFIC, 2015). A globális népességnövekedés együtt jár azzal is, hogy a baromfihús- és tojástermelés a globális állati fehérjefogyasztás egyre nagyobb hányadát teszi ki (Narrod et al., 2007; Kumar and Patyal, 2020). Az elmúlt évtizedekben az állattenyésztésben gyors változások történtek: a sertéshús 61%-át, a baromfihús 81%-át, a tojás 86%-át intenzív gazdaságokban állítják elő (MacLeod et al., 2012). A baromfitenyésztésben bekövetkező intenzifikáció miatt a hulladékok és melléktermékek mennyisége is jelentősen megnőtt, különösen nagy mennyiségben keletkezik szerves trágya. Az állattenyésztésben a keletkező trágya (istállótrágya, hígrágya) melléktermék, de versenyképes hasznosításához elengedhetetlen, hogy tárolása, kezelése korszerű, környezetkímélő módon történjék, majd a mezőgazdasági talajokra történő hasznosítása se okozzon környezeti terhelést (Varga et al., 1975). A hazai broiler- és tojótelepeken a baromfitartás során keletkező almos, illetve alományag nélküli trágyából az előkezelés, feldolgozás során egy korlátlan ideig eltartható fermentált, szerves tápanyag utánpótlására alkalmas termék keletkezik. Brake (1992) és Haga (1999) szerint az almos trágya kezelésének egyik módja a komposztálás, mely növeli a nyers almos trágya minőségét és csökkenti a kijuttatásból eredő környezeti kockázatot (Wang et al., 2019). A komposztálás során a szerves anyagok átalakulnak, s a folyamat végeredményeként biztonságos és stabil melléktermék (komposzt) állítható elő, mely a műtrágyához hasonlóan

kijuttatható a szántóföldekre (Li et al, 2013). Haug (1993), valamint Bueno et al, (2007) szerint a komposztálás olyan biológiai folyamat, amely a szerves hulladékokat, melléktermékeket szabályozott körülmények között átalakítja, s melynek végeredményeképp létrejött termék a talajkondicionálásban, tápanyag-visszapótlásban alkalmazható. A komposztálási folyamat során a trágya térfogata és tömege csökken, (Tiquia and Tam, 1998), valamint a tápanyagok és a szerves anyagok stabilizálódnak (Michel et al, 1996). A komposzt azonban nem csak végtermék, hanem alapanyag is lehet, melyből olyan új termék állítható elő, mint a komposzt szuszpenzió (komposzt tea). A komposzt tea a komposzt vizes kivonata (Riggle, 1996). A komposzt szuszpenziók előállítása mellett szól az, hogy növeli a talajok biológiai aktivitását, mikroelemekben gazdag, a komposzthoz viszonyítva könnyebben feltárható formába kerülnek a tápanyagok, a szerves trágya hagyományos módon történő kijuttatása limitált, valamint a precíziós technológiákban a pontos kijuttatása nehéz, ezért a komposzt szuszpenziók alkalmazásával megoldható az egyenletes kijuttatás (emellett kezelése könnyebb) talaj- és levéltrágyaként (Eudoxie and Martin, 2019; Noble and Coventry, 2005). Minősége, összetétele függ a kiindulási anyag (komposzt) összetételétől, eredetétől, érettségétől, a komposztálás időtartamától (Weltzien, 1992), illetve befolyásoló tényezőként hat a tárolási és az oldási idő is (Al-Dahmani et al, 2003; Yohalem et al., 1994).

A fentiek alapján az volt a célunk, hogy meghatározzuk egy baromfi- és tyúktrágya alapú komposzt szuszpenzió optimális termesztéstechnológiai paramétereit talaj-növény rendszerben, különböző dózisok és talajtípusok alkalmazásával káposzta tesztnövényre.

### **Anyag és módszer**

A laboratóriumi kísérleti vizsgálatokat a Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, Szervesanyag Kutató Központjában végeztem.

### ***Komposzt szuszpenzió előállítása***

A komposzt szuszpenzió előállítása során az Ingham (2005) által meghatározott és kulcsfontosságúnak vélt paramétereket vizsgáltam. Ezek a komposzt:víz aránya, az oldási idő, az oldási hőmérséklet, a keverés és annak intenzitása. Ezen tényezők hatással vannak az előállított szuszpenzió paramétereire. Az előállított komposzt szuszpenzió esetén vizsgáltuk a kémhatás, fajlagos vezetőképesség, illetve tápanyagtartalom alakulását (NPK). A komposzt szuszpenzió szerves kémiai paramétereit, valamint a vizsgálati növény tápanyagigénye alapján kiválasztottuk azt az oldatot, melyek hatását öntözött formában teszteltem. Korábbi vizsgálataink alapján bebizonyítottuk (Gorliczay et al, 2021), hogy a baromfi- és tyúktrágya alapú komposzt szuszpenzió pozitívan hatott a fehér édes paprika (*Capsicum annuum* L.) összes klorofill tartalmára ( $\mu\text{g/g}$ ) és jelen tanulmányban is szeretnénk volna egy korábban tesztelt komposzt szuszpenzióval azonos összetételű szuszpenzió hatását vizsgálni. Az oldat kémiai jellemzőit az 1. táblázatban ismertetem.

1. táblázat. A tesztelt komposzt oldat kémiai jellemzői

<b><i>Paraméterek</i></b>	<b><i>1:10 KVA, 24h oldási idejű, 20°C oldási hőmérsékletű komposzt szuszpenzió</i></b>
<i>pH</i>	7.16
<i>EC* (mS/cm)</i>	6.27
<i>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l)</i>	815.55
<i>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/l)</i>	317.77
<i>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (mg/l)</i>	268.88
<i>K<sup>+</sup> (mg/l)</i>	1444.44

\*Fajlagos elektromos vezetőképesség (mS/cm)

A választott komposzt szuszpenziók töménysége, illetve a vizsgálati növény igényei miatt az szuszpenziót ötszörös hígításban juttattam ki a teszt növényre. A tesztelt szuszpenzióban a foszfát a minimumban lévő tápanyag, azonban a tápanyagigény a fenológiai fázistól függően más és más: a generatív szakaszban fontos a kálium túlsúly a nitrogénnel szemben (N:K aránya

1:1,5), ugyanis ezen makroelemek megfelelő arányával tartható fenn a vegetatív-generatív egyensúly. Hodossi et al. (2010) szerint ha a tápanyagok jelentős része vízzoldható formában van jelen a talajban, akkor a növény tápanyagellátásában részt vesz.

### ***Komposzt szuszpenzió tesztelése***

A komposzt szuszpenziók természetstechnológiai alkalmazhatóságának teszteléséhez tesztnövényként a fejes káposztát (*Brassica oleracea* L. convar. *capitata* provar. *capitata* Dutch) választottuk. A tenyészedényes kísérletek beállítása Mézes et al. (2015) alapján történt. A kísérletben alkalmazott beállításokat a 2. táblázatban mutatom be.

2. táblázat: A komposzt szuszpenzió tesztelése során alkalmazott kísérleti beállítások

<i>Tesztnövény</i>	<i>Fejes káposzta (Brassica oleracea L. convar. capitata provar. capitata Dutch)</i>
<i>Talajtípusok</i>	Humuszos homok, homok
<i>Vízkapacitás szint</i>	VK <sub>sz</sub> 70%
<i>Komposzt oldat mennyisége</i>	Heti egyszeri és kétszeri öntözés

A káposztát azért választottuk, mert a komposzt szuszpenzió tesztelésekor elsősorban gazdasági haszonnövénnyel szeretnénk volna foglalkozni, valamint olyan növényt szeretnénk volna a kísérletbe bevinni, mely feltétel nélkül öntözhető. A futóhomok- vagy jellegtelen homoktalajt és a humuszos homoktalajt azért választottuk, mert a Baromfi-Coop Kft. takarmánytermesztő területei az Alföldön találhatóak, és az Alföld (elsősorban az Észak-Alföld, illetve a Nyírség) egyik jellemző talajtípusa a gyenge termőképességű homoktalaj. A választott talajok a World Base Reference of Soil Resources (a továbbiakban WRB) alapján az „Arenosols” (Homoktalajok) kategóriába tartoznak. Ezen kategóriába tartozó talajokra jellemző az alacsony a víztartó képessége és magas a vízáteresztő képessége, valamint alacsony tápanyagtartalommal rendelkeznek, s mindezen okok miatt gyorsan alakul ki vízstressz, mely a kutatásom egyik vizsgálati tényezője volt (FAO, 2015). A szabadföldi vízkapacitás (VK<sub>sz</sub>) 70%-át (mely a szántóföldi technológiáknál magasabb vízkapacitás szintet jelent) egyrészt a választott



tesztnövény miatt választottam, másrészt pedig azért, mert palántázáskor – különösen gyökérváltáskor – a növények érzékenyek a vízellátottságra, s így a kísérletemben „luxus” vízellátottságra törekedtem. A VKsz 70% a zárt, üvegházi termesztésben biztosítható, ugyanis szántóföldön az öntözési fordulóknak alacsonyabb vízkapacitás szintet eredményeznek egy üvegházi technológiákkal szemben, valamint szántóföldi körülmények között a szabadföldi vízkapacitás 70%-os értéke nem tartható.

### ***Elvégzett vizsgálatok, alkalmazott eszközök***

A tesztnövények betakarítása 4 illetve 8 hét után történt, s az alábbi paramétereket vizsgáltuk meg:

- növények magassága: mindkét tesztnövény esetében a talaj felszínétől a legerősebb hajtás csúcsáig mértük meg a növények magasságát vonalzóval;
- virágszám, természsám, levélszám;
- nedves és száraz hajtástömeg;
- terméstömeg, természsám, természhossz (Slezák, 2001 alapján);
- növényi stressz mérése ( $F_v/F_m$ ,  $F_v/F_o$  értékének meghatározása): A növényi stressz méréséhez az Opti-Sciences cég által kifejlesztett OS30p+ típusú klorofill fluorométert alkalmaztuk. Ezen hordozható készülékkel meg tudtuk határozni – kalibráció után – a növények leveleire csíptetve az  $F_v/F_m$  értékét, mely korrelál a szén-asszimilációval mind a C3-as, mind a C4-es növények esetén, valamint az  $F_v/F_o$  értékét, melynek korrelációja nem bizonyított a karbon asszimilációval, azonban mint stressz detektálására alkalmas paraméter, érzékenyebb, mint az  $F_v/F_m$  parameter (Guidi et al, 2019). Az  $F_v/F_m$  arány számításához a következő összefüggést alkalmaztuk:

$$F_v/F_m = (F_m - F_o)/F_m \quad (1)$$

ahol:

$F_v$  = változó fluoreszcencia szintje

$F_m$  = maximális fluoreszcencia (telítési fényimpulzus hatására mért fluoreszcencia)

$F_0$  = alap fluoreszcencia szintje

Az  $F_v/F_m$  egy normalizált arány, melyet Kitajima-Butler (1975) fejlesztett ki, s a növényi stressz mérésének egyik leggyakrabban használt módszere. Maxwell-Johnson (2000) alapján az  $F_v/F_m$  értéke egészséges vegetáció esetén 0,79 és 0,89 között van, ennél alacsonyabb érték esetén a növényt stressz éri.

- klorofill- és karotinoid-tartalom meghatározása: a friss növényi mintákat (levélmintákat) 80%-os aceton és kvarchomok segítségével mozsárban homogén állapotúra roncsoltuk, majd 10 ml-es centrifugacsövekben HETTICH ROTOFIC 32A típusú centrifugában 3 percig 3000 fordulat/perc ülepítettük. A centrifugacsövek felső részében lévő tiszta oldatból 2,5 ml-t kvarcküvetába pipettáztunk, majd SECOMAN Anthelie Light II. UV-VIS spektrofotométerrel mértük meg a növényi kivonatok abszorbanciáját 470, 644 és 663 nm hullámhosszon. Azért ezt a három hullámhosszt választottuk a spektrofotométeres mérésekhez, mert a 80%-os aceton oldatban 663 nm-en a klorofill a-nak, 645 nm-en a klorofill b-nek, még a karotinoidoknak 440-470 nm hullámhossz tartományban van fényelnyelési maximumuk (Allaga és Palánki, 1997). A mérések előtt minden esetben zéró kalibrációt végeztünk 80%-os acetonnal. A kapott abszorbancia értékekből Droppa et al, (2003) képlete alapján számítottuk ki az összes klorofill-tartalom értékét:

$$KL_{A, B} = (20,2 * A_{644} + 8,02 * A_{663}) * V/w \quad (2)$$

ahol:

$KL_{A, B}$  = klorofill A és B  $\mu\text{g/g}$ -ban egy gramm friss tömegre vonatkoztatva

$A_{644}$ ,  $A_{663}$  = 644 nm-en és a 663 nm-en mért abszorbancia értéke

$V$  = folyékony szövetkivonat térfogata (ml)

$w$  = friss növényi szövetminta tömege (g)

A karotinoid-tartalom számításához Lichtenthaler et al, (1983) által meghatározott összefüggést alkalmaztuk:

$$KA = (1000 * A_{470} - 3,27 * (12,21 * A_{663} - 2,81 * A_{644}) - 104 * (20,13 * A_{644} - 5,03 * A_{663})) * V/w \quad (3)$$

ahol:

$KA$  = karotinoid-tartalom  $\mu\text{g/g}$ -ban egy gramm friss tömegre vonatkoztatva

$A_{470,663,644}$  = 470, 663 és 644 nm-en mért abszorbancia értéke

$V$  = folyékony szövetkivonat térfogata (ml)

$w$  = friss növényi szövetminta tömege (g)

### ***Eredmények statisztikai elemzése***

A statisztikai elemzéseket R szoftver alkalmazásával R Studio felhasználói környezetben végeztük el (R Core Team, 2017). A különböző kezelések közti statisztikai különbségek vizsgálatára egytényezős varianciaanalízist végeztünk (Duncan-teszt vagy Kruskal-Wallis teszt) ( $p < 0,05$ ). A vizsgált paraméterek közötti összefüggések feltárására Pearson-féle korrelációs mátrixot készítettünk.

## **Eredmények és értékelésük**

### ***Homoktalaj esetén kapott eredmények***

A káposzta (*Brassica oleracea* L. convar. *capitata* provar. *capitata* Dutch, fajtája: Autumn Queen F1) tesztnövény esetén kétféle talajjal dolgoztunk: homoktalajjal és humuszos homoktalajjal. A homoktalajon nevelt káposzta esetén kapott eredményeket négy és nyolc hetes betakarítás esetén a 3. táblázatban mutatjuk be.

## 3. táblázat: Homoktalaj esetén kapott eredmények 4 és 8 hetes betakarítási idő esetén

	Kezelés	Levélszám (db)	Hajtás- hossz (cm)	Teljes zöldtömeg (g)	$F_v/F_m$	$F_v/F_o$	Összes klorofill- tartalom ( $\mu\text{g/g}$ )	Összes karotinoid- tartalom ( $\mu\text{g/g}$ )
4 hetes fel- számolás	Kontroll	11,66ab $\pm 0,50$	9,66c $\pm 0,28$	4,86c $\pm 0,50$	0,77a $\pm 0,01$	3,37a $\pm 0,22$	1481,30a $\pm 113,89$	243,21a $\pm 7,54$
	1. dózis	11,66ab $\pm 0,57\text{ab}$	10,50abc $\pm 0,00$	5,86b $\pm 0,63$	0,77a $\pm 0,01$	3,53a $\pm 0,23$	1394,28a $\pm 68,07$	250,89a $\pm 14,22$
	2. dózis	13,00ab $\pm 2,00$	10,00bc $\pm 0,86$	6,80b $\pm 0,88$	0,77a $\pm 0,01$	3,44a $\pm 0,19$	1528,28a $\pm 49,33$	267,94a $\pm 21,48$
8 hetes fel- számolás	Kontroll	10,00b $\pm 1,73$	10,16abc $\pm 1,04$	4,74c $\pm 0,23$	0,72a $\pm 0,04$	2,68a $\pm 0,59$	1197,52a $\pm 269,88$	190,68a $\pm 69,37$
	1. dózis	14,00a $\pm 2,82$	13,33ab $\pm 3,05$	9,27ab $\pm 4,11$	0,76a $\pm 0,02$	3,25a $\pm 0,48$	1441,31a $\pm 54,41$	241,35a $\pm 17,37$
	2. dózis	14,00a $\pm 1,00$	11,66a $\pm 0,57$	11,48a $\pm 3,26$	0,77a $\pm 0,01$	3,45a $\pm 0,23$	1308,28a $\pm 306,88$	200,59a $\pm 68,73$

\*az azonos betűvel jelölt kezelések között nincs szignifikáns különbség ( $p < 0,05$ )

Levélszám esetén a 4. heti betakarításnál nem voltak statisztikailag igazolható különbségek a kezelések között, azonban a 8. hétre már a kontroll és a kezelt növények között szignifikáns különbségek voltak. Négy hetet követően a 2. dózis, nyolc hetet követően pedig mind az 1., mind pedig a 2. dózis eredményes volt levélszám, teljes hossz és teljes zöldtömeg tekintetében. A fotoszintetikus apparátus két állapotjelzője az  $F_v/F_m$  és az  $F_v/F_o$  hányadosok, melyeket a fotoszintetikus elektrontranszpor állapotát jellemző paraméterek közé sorolhatjuk (Kéris-Schmidthoffer, 2018). Meghatározásukhoz Figureyelembe vettem az alap fluoreszcenciát (vagy O-pontot) ( $F_o$ ), majd adott fényimpulzus után mértem meg a maximális fluoreszcenciát ( $F_m$ ) illetve a változó fluoreszcenciát ( $F_v$ ), s ezután számítottam az  $F_v/F_m$  hányadost. Björkmann-Demming és Adams (1987) szerint az  $F_v/F_m$  hányados értéke  $\sim 0,832$  azon növények esetében, amelyek optimális fejlődési körülmények között növekednek, fejlődnek, Veres et al, (2012) búza esetében vizsgálták, hogy a változó kijuttatási idejű és adagú nitrogén-trágyázás hatására hogyan változik a növények  $F_v/F_m$  értéke, azaz a potenciális fotokémiai aktivitása. Eredményeik alapján a kontroll esetén az  $F_v/F_m$  értéke  $\sim 0,74$  alakult, még a nagyobb nitrogén adagok hatására nem növekedett arányosan az  $F_v/F_m$  értéke, ugyanis ha a növény túl sok nitrogént kap, a fotokémiai aktivitás csökken. Esetünkben az  $F_v/F_m$  értéke mindegyik kezelés és betakarítási idő

esetén 0,72-0,77 között alakult, és szignifikáns különbségek nem voltak a kezelések, valamint a betakarítási idők között. Az  $F_v/F_o$  értékek esetén sem tudunk szignifikáns különbségeket kimutatni sem a kezelések, sem pedig a betakarítási idők között. A legalacsonyabb  $F_v/F_o$  értéket a nyolc hetes kontrollok esetén mértem ( $2,68 \pm 0,59$ ), amely kezelés esetén a legalacsonyabb  $F_v/F_m$  értéket is mértünk ( $0,72 \pm 0,04$ ), mely a növényekben korai stressz jeleit tudtuk ily módon kimutatni, amely a tápanyaghiánnyal, elsősorban foszforhiánnyal magyarázható.

Az összes-klorofill-tartalom esetén nincsenek szignifikáns különbségek a négy és a nyolc hetes betakarítások között ( $p < 0,05$ ), ezzel szemben mégis megfigyelhető, hogy a negyedik és nyolcadik heti betakarítások átlagos értékei eltérnek egymástól. A negyedik heti betakarítások során  $1467,95 \pm 77,09 \mu\text{g/g}$ , még a nyolcadik heti betakarítás során  $1315,70 \pm 210,35 \mu\text{g/g}$  volt az összes klorofill-tartalom, mely alapján megállapítható, hogy a betakarítási idők között csökkent a klorofill-tartalom ( $-152,25 \mu\text{g/g}$ ). A nyolcadik heti betakarítás 2. dózisaán kívül mindegyik kezelés meghaladta a kontroll összes-klorofill-tartalmát, a legmagasabb összes-klorofill-tartalmat a negyedik heti betakarítás 2. dózisa esetén mértem ( $1528,29 \pm 49,33 \mu\text{g/g}$ ). Az összes-karotinoid-tartalom ( $\mu\text{g/g}$ ) esetén sincsenek szignifikáns különbségek a különböző kezelések és a betakarítási idők között. Az összes-klorofill tartalomhoz hasonlóan ebben az esetben is a legmagasabb karotinoid-tartalmat a negyedik heti betakarítás 2. dózisa esetén kaptam ( $267,94 \mu\text{g/g}$ ), még a legalacsonyabb értéket a nyolcadik heti betakarítás 2. dózisa esetén ( $200,59 \mu\text{g/g}$ ). Az összes karotinoid-tartalom átlagos értékeit tekintve elmondható, hogy az összes klorofill-tartalomhoz hasonlóan ezen paraméter esetében is csökkenés figyelhető meg a betakarítási idők között ( $-43,40 \mu\text{g/g}$ ). A negyedik heti betakarítás során  $254,01 \pm 14,41 \mu\text{g/g}$ , még a nyolcadik heti felszámolás során  $210,87 \pm 51,82 \mu\text{g/g}$  volt az átlagérték. Hegazy et al, (2015) és Kopsell et al, (2007) vizsgálatai szerint a magasabb összes karotinoid mennyisége

a nagyobb trágyaadagokkal, illetve a növény által nagyobb mennyiségben felvehető nitrogén adagokkal magyarázhatók.

### ***Humuszos homoktalaj esetén kapott eredmények***

A humuszos homoktalajon nevelt káposzta esetén kapott eredményeket négy és nyolc hetes betakarítás esetén a 4. táblázatban mutatjuk be.

4. táblázat: Humuszos homoktalaj esetén kapott eredmények 4 és 8 hetes betakarítási idő esetén

	Kezelés	Levélszám (db)	Teljes hossz (cm)	Teljes zöldtömeg (g)	$F_v/F_m$	$F_v/F_o$	Összes klorofill- tartalom ( $\mu\text{g/g}$ )	Összes karotinoid- tartalom ( $\mu\text{g/g}$ )
4 hetes fel- számolás	Kontroll	15,33a $\pm 1,52$	12,50ab $\pm 0,50$	16,10a $\pm 2,53$	0,77a $\pm 0,01$	3,55a $\pm 0,18$	1481,57b $\pm 298,07$	268,68a $\pm 35,04$
	1. dózis	16,66a $\pm 0,57$	11,83ab $\pm 2,02$	15,00a $\pm 2,57$	0,76ab $\pm 0,01$	3,32ab $\pm 0,09$	1534,68b $\pm 103,09$	283,05a $\pm 13,97$
	2. dózis	16,00a $\pm 1,73$	13,33a $\pm 1,04$	15,33a $\pm 0,95$	0,77a $\pm 0,01$	3,43a $\pm 0,14$	1315,65bc $\pm 179,19$	270,97a $\pm 28,79$
8 hetes fel- számolás	Kontroll	9,66b $\pm 1,15$	13,66a $\pm 1,04$	16,21a $\pm 1,44$	0,74ab $\pm 0,02$	2,96ab $\pm 0,27$	992,44c $\pm 283,56$	165,09b $\pm 105,91$
	1. dózis	8,66b $\pm 1,25$	13,33a $\pm 2,98$	14,94a $\pm 2,98$	0,75ab $\pm 0,00$	3,13ab $\pm 0,05$	2218,47a $\pm 143,12$	181,10ab $\pm 22,55$
	2. dózis	8,33b $\pm 0,50$	11,00b $\pm 3,89$	9,11b $\pm 3,89$	0,71b $\pm 0,08$	2,44b $\pm 1,19$	1440,98b $\pm 132,16$	250,09ab $\pm 31,94$

\*az azonos betűvel jelölt kezelések között nincs szignifikáns különbség ( $p < 0,05$ )

A négy hetes felszámolást követően a káposztákra pozitív hatással volt a komposzt oldat mellyel öntöttünk, ugyanis levélszám és teljes hossz esetén az 1. dózis, illetve a 2. dózis bizonyult eredményesnek. Teljes zöldtömeg tekintetében a kontroll volt a legjobb. A nyolcadik heti felszámoláskor azonban azt tapasztaltuk, hogy a kezelésekre a káposzták rosszul reagáltak, s minden vizsgált paraméterben elmaradtak a kezelt növények a kontrolltól, statisztikai szempontból pedig az 1. dózis a kontrollal azonos statisztikai csoportba sorolható, a levélszám az egyetlen olyan paraméter, ahol a negyedik heti kezelés és a nyolcadik heti kezelés statisztikailag egy-egy csoportot alkot. A  $F_v/F_m$  értékekről elmondható, hogy a negyedik és a nyolcadik heti eredmények közel azonosan alakultak, mindössze két kezelés és a negyedik heti

kontroll esetén szignifikánsak a különbségek, jelentős csökkenés sem a kezelések között, sem pedig a kontrollhoz viszonyítva nem volt megfigyelhető. Ezen eredmények megegyeznek a Ludmerszki (2013) által kapott eredményekkel, ugyanis az  $F_v/F_m$  adatokban nem kapott szignifikáns különbségeket, csak a kezelés első hetében, azt követően a kezelés nem befolyásolta az  $F_v/F_m$  értékek alakulását. A legalacsonyabb  $F_v/F_m$  és  $F_v/F_o$  értéket a nyolcadik heti felszámolás 2. dózisa esetén mértem, amelyből arra következtettünk, hogy a komposzt oldat magas kálium-tartalma befolyásolja a PSII rendszer működését a növényben, s így hatással van az  $F_v/F_m$  értékek alakulására is. Najjar et al, (2018) jutott hasonló következtetésre, amikor a sóstressz hatását vizsgálták *Medicago truncatula* tesztnövényre. Eredményeik alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a kontroll esetén az  $F_v/F_m$  érték 0,77-0,79 között alakult, még a magas koncentrációjú NaCl-oldattal öntözött növények esetén az  $F_v/F_m$  értéke szignifikánsan csökkent, s az  $F_v/F_m$  értéke mindössze 0,57-0,65 között alakult. Ezek alapján elmondható, hogy a sóstressz a PSII rendszer funkciójának csökkenéséhez vezet.

Az összes klorofill-tartalom esetén elmondható, hogy a legnagyobb értéket a nyolcadik heti felszámolás 1. dózisa esetén mértem ( $2218,47 \pm 143,12 \mu\text{g/g}$ ). A kontroll klorofill-tartalmát a negyedik és nyolcadik heti felszámolás esetén is csak az 1. dózis klorofill-tartalma tudta meghaladni, és ezen kezelések statisztikailag is szignifikánsan különböznek a kontrolltól, még az többi kezelés a kontrollal azonos statisztikai csoportba sorolható. A felszámolási idők átlagos összes klorofill-tartalmát Figureyelmbe véve elmondható, hogy a negyedik heti felszámolás során  $1443,96 \pm 193,45 \mu\text{g/g}$ , még a nyolcadik heti felszámolás során  $1550,63 \pm 186,28 \mu\text{g/g}$  volt, mely a két felszámolási idő közötti klorofill-tartalom növekedésre utal ( $+106,93 \mu\text{g/g}$ ).

Az összes karotinoid-tartalomról elmondható, hogy a nyolcadik heti felszámolás 1. dózisa esetén mértem a legmagasabb összes klorofill-tartalmat, s ezen kezelés esetében mértem a legalacsonyabb összes karotinoid-tartalmat ( $165,09 \pm 105,91 \mu\text{g/g}$ ). Statisztikailag az összes

klorofill-tartalomhoz hasonló eredményeket kaptunk, ugyanis a nyolcadik heti felszámolás és a kontroll egy-egy csoportot alkot, még a többi kezelés (statisztikailag) szintén egy csoportot. A felszámolási időnkénti összes karotinoid-tartalomról elmondható, hogy a negyedik heti felszámoláskor  $274,23 \pm 25,93 \mu\text{g/g}$ , még a nyolcadik heti felszámoláskor  $198,76 \pm 53,46 \mu\text{g/g}$  volt, mely paraméter csökkenése Figureyelhető meg ( $-75,47 \mu\text{g/g}$ ) a homoktalajon végzett kísérlethez hasonlóan.

### ***Korrelációs vizsgálat eredménye***

A komposzt szuszpenzió tesztelése során mért paraméterek közötti kapcsolat feltárásához Pearson-féle korrelációs mátrixot alkalmaztunk ( $p < 0,05$ ). Értékeltem a levélszám (db), teljes hajtáshossz (cm), teljes zöldtömeg (g),  $F_v/F_m$ ,  $F_v/F_o$ , összes klorofill- ( $\mu\text{g/g}$ ) és az összes karotinoid-tartalom ( $\mu\text{g/g}$ ) közötti kapcsolat alakulását homoktalaj és humuszos homoktalaj esetén (5. táblázat).

5. táblázat: A vizsgált paraméterek esetén kapott korrelációs mátrix

	Levélszám	Teljes hajtáshossz	Nedves tömeg	$F_v/F_m$	$F_v/F_o$	Összes klorofill-tartalom ( $\mu\text{g/g}$ )	Összes karotinoid-tartalom ( $\mu\text{g/g}$ )
Levélszám	1						
Teljes hajtáshossz	0,17	1					
Nedves tömeg	<b>0,34*</b>	<b>0,71*</b>	1				
$F_v/F_m$	<b>0,50*</b>	0,02	0,26	1			
$F_v/F_o$	<b>0,53*</b>	0,04	0,24	<b>0,99*</b>	1		
Összes klorofill-tartalom ( $\mu\text{g/g}$ )	-0,05	0,12	0,13	0,18	0,16	1	
Összes karotinoid-tartalom ( $\mu\text{g/g}$ )	<b>0,52*</b>	-0,07	0,03	0,33	<b>0,34*</b>	0,33	1

\* $p < 0,05$  esetén szignifikáns korreláció

A korrelációkat vizsgálva elmondható, hogy a legtöbb esetben a levélszám és a vizsgált paraméterek között szignifikáns összefüggések vannak. A levélszám és a nedves tömeg között 0,34; a levélszám és az  $F_v/F_m$ ,  $F_v/F_o$  paraméterek között 0,50 illetve 0,53; még a levélszám és az összes karotinoid-tartalom között 0,52-es korrelációs együttható értéket kaptunk.



### Következtetések

A tenyészedényes kísérletek eredményei alapján elmondható, hogy a kontroll és a komposzt szuszpenziókkal kezelt növények vizsgált paraméterei, valamint a felszámolási idők között szignifikáns különbségek voltak kimutathatók ( $p < 0,05$ ). A kezelések hatására nagyobb levélszámot kaptam, s ez az erőteljes lombnövekedés valószínűsíthetően a nitrogén-túladagolás hatása. A növényeket érő stressz meghatározásához az  $F_v/F_m$ , valamint az  $F_v/F_o$  értékeket meghatároztam, melyek alapján elmondható, hogy a magas kálium-koncentráció hatással volt a fotoszintetikus apparátus működésére. Klorofill- és karotinoid-tartalom esetén a komposzt szuszpenziókkal kezelt növények esetében alacsonyabb értékeket mértem, mely a rossz tápanyagellátottság, kálium és magnézium ionok közötti antagonizmussal magyarázható.

Összességében elmondható, hogy a komposzt szuszpenzióban lévő vízben oldott sók növelik a talajoldat fajlagos vezetőképességét. Ez a magas sótartalom a növényekre is negatív hatást gyakorolhat. A magas sótartalom okozta stressz a fotoszintetikus rendszerre (PSII rendszer) gyakorolt hatásairól szóló eredmények azonban ellentmondásosak. Egyes vizsgálatok azt mutatták, hogy a sóstressz gátolhatja a PSII aktivitását (Hasegawa et al., 2000; Munns, 2002; Ashraf, 2004), míg más vizsgálatok szerint a sótartalomnak nincs hatása erre a paraméterre (Morales et al., 1992; Abadía et al., 1999). Jamil et al. (2007) vizsgálataik során NaCl-oldatot juttattak ki növekvő koncentrációban, s eredményeik alapján a cukorrépa és a káposzta növekedése szignifikánsan csökkent a sókezelés hatására. A gyökér és a hajtás száraz tömege, valamint a levélfelület szignifikánsan csökkent a sókoncentráció növekedésével. Emellett vizsgálták az  $F_v/F_m$  hányados (azaz a PSII maximális kvantumhozamának) alakulását is, és az eredmények azt mutatták, hogy sem a cukorrépa, sem a káposzta esetén a kontrollhoz viszonyítva nem mutathatók ki a sóstressz hatásai.

Mindkét talaj esetében megfigyelhető, hogy az összes klorofill- és karotinoid-tartalom a 8. heti felszámoláskor csökkent a 4. héthez képest. Ez a tendencia valószínűleg azzal magyarázható, hogy a tápanyagok remobilizációja a levelekben a szénmegkötésben részt vevő enzimek lebomlásával jár, ami viszont a fotoszintetikus kapacitás csökkenését okozza (Hörtensteiner és Feller 2002). A klorofillal ellentétben a karotinoidok lebomlása a legtöbb növényfajban nem teljes (Biswal 1995), ami az egy klorofillra jutó karotinoidok arányának növekedését okozza.

A fenntartható gazdálkodás szempontjából a komposzt szuszpenziók növénykondicionáló stressztoleranciát növelő hatása is figyelemreméltó, amelyet egy termesztési rendszerbe építve csökkenthetjük a kémiai környezetterhelést a mezőgazdaságban.

### **Köszönetnyilvánítás**

A kutatás a GINOP-2.2.1-15-2017-00043 azonosítószámú, „Többcélú organikus biofermentum termékcsalád kidolgozása és piaci bevezetése” című projekt támogatásával valósult meg.

### **Irodalom**

Al-Dahmani, J. H., Abbasi, P. A., Miller, S. A., Hoitink, H. A. J. 2003. Suppression of bacterial spot of tomato with foliar sprays of compost extracts under greenhouse and field conditions. *Plant Disease Journal* **87**, 913–919. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2003.87.8.913>

Allaga, J., Szántóné-Palánki, E. 1997. Növényélettani gyakorlatok. Pannon Agrártudományi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Növénytani és Növényélettani Tanszék. Keszthely. 129 p.

Biswal, U. C., Biswal, B., Raval, M. K. 2003. Chloroplast biogenesis from proplastid to gerontoplast. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp 155–242. ISBN: 978-9048164158.

Björkmann, O., Demming-Adams, B. 1987. Photon yield of O<sub>2</sub> evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77K among vascular plants of diverse origins. *Planta* **170**, 489-504. <https://doi.org/10.1007/BF00402983>

Brake, J. D. 1992. A Practical Guide for Composting Poultry Litter. *MAFES Bulletin*, p. 981.

Bueno, P., Tapias, R., López, F., Díaz, M. J. 2009. Optimizing composting parameters for nitrogen conservation in composting. *Bioresource Technology* **99**. 5069–5077. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.08.087>.

Droppa, M., Erdei, S., Horváth, G., Kissimom, J., Mészáros, A., Szalai, J., Kosáry, J. 2003. *Növénybiokémiai és élettani gyakorlatok*. Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem. Budapest. 88 p.

Eudoxie, G., Martin, M. 2019. Compost Tea Quality and Fertility. In M. Larramendy, S. Soloneski (Eds.), *Organic Fertilizers - History, Production and Applications*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.86877>

European Food Information Council (EUFIC) 2015. Annual report. <https://www.eufic.org/en/images/uploads/files/AnnualReport2015.pdf>

Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO), WFP, IFAD. 2012 *The State of Food Insecurity in the World 2012*. Economic growth is necessary but not sufficient to accelerate reduction of hunger and malnutrition. Rome, FAO.

Food and Agriculture Organisation of the United Nations, 2015. *World reference base for soil resources 2014*. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. *World Soil Resources Reports No. 106*. FAO, Rome.

Gorliczay, E., Boczonádi, I., Kiss, N. É., Tóth, F. A., Pabar, S. A., Biró, B., Kovács, L. R., Tamás, J. 2021. Microbiological Effectivity Evaluation of New Poultry Farming Organic Waste Recycling. *Agriculture* **11**. 683. <https://doi.org/10.3390/agriculture11070683>

- Guidi, L., Piccolo, E. L., Landi, M. 2019. Chlorophyll Fluorescence, Photoinhibition an Abiotic Stress: Does it make any difference the fact to be a C3 or C4 species? *Frontiers in Plant Science* **10**. 174. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00174>.
- Haga, K. 1999. Development of composting technology in animal waste treatment – review. *Asian – Australian Journal of Animal Science* **12** (4). 604–606. <https://doi.org/10.5713/ajas.1999.604>
- Haug, R. T. 1993. *The Practical Handbook of Compost Engineering*. Lewis Publishers, Boca, Raton, FL. ISBN 9780873713733.
- Hegazy, M. I., Hussein, E., Salama, A. S. A. 2015. Improving physico-chemical and microbiological quality of compost tea using difference treatments during extraction. *African Journal of Microbiology Research* **11**. 763–770. <https://doi.org/10.5897/AJMR2014.7324>
- Hodossi, S., Kovács, A., Terbe, I. (Eds.) 2010. *Szántóföldi Zöldségtermesztés; Mezőgazda Kiadó: Budapest, Hungary, 355p.*
- Hörtensteiner, S., Feller, U. 2002. Nitrogen metabolism and remobilization during senescence. *Journal of Experimental Botany* **53**. 927–937. <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.370.927>
- Ingham, E. R. 2005. *The Compost Tea Brewing Manual*. US Printings, Soil Foodweb Incorporated, Oregon.
- Kéri-Schmidthoffer, I. 2018. Alga szuszpenziók hatása árpa csíranövények fotoszintetikus aktivitására és *Hordeum spontaneum* drught responsive 4 gén termelésére. <https://tud.sze.hu/images/%C3%9ANKP/20182019/tanulm%C3%A1nyk%C3%B6tet/K%C3%A9ri-Schmidthoffer%20Ildik%C3%B3.pdf>
- Kitajima, M., Butler, W. L. 1975. Quenching of chlorophyll fluorescence and primary photochemistry in chloroplasts by dibromothymoquinone. *Biochimica et Biophysica Acta* **376**. 105-115. [https://doi.org/10.1016/0005-2728\(75\)90209-1](https://doi.org/10.1016/0005-2728(75)90209-1).

- Kopsell, D. A., Kopsell, D., E., Celentano, C. J. 2007. Carotenoid Pigments in Kale are Influenced by Nitrogen Concentration and Form. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **87**(5). <https://doi.org/10.1002/jsfa.2807>
- Kumal, A., Patyal, A. 2020. Impacts of intensive poultry farming on 'one health' in developing countries: Challenges and remedies. *Exploratory Animal and Medical Research* **10**. 100–111.
- Li, Y., Zhang, R., Liu, G., Chen, C., He, Y., Liu, X. 2013. Comparison of methane production potential, biodegradability, and kinetics of different organic substrates. *Bioresource Technology* **149**. 565–569. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.09.063>.
- Lichtenthaler, H. K., Wellbum, A. R. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions*. **603**. 591–592. <https://doi.org/10.1042/bst0110591>.
- Ludmerszki, E. 2013. A kukorica csíkos mozaik vírus (MDMV) okozta stressz hatásának vizsgálata csemegekukoricánál S-metilmetionin előkezelése esetén. XXXI. OTDK Biológia Szekció. Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Növényélettani és Molekuláris Növénybiológiai Tanszék. 33. p.
- MacLeod, M., Gerber, P., Mottet, A., Tempio, G., Falcucci, A., Opio, C., Vellinga, T., Henderson, B., Steinfeld, H. 2012. *Greenhouse Gas Emissions from Pig and Chicken Supply Chains – A Global Life Cycle Assessment*; Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): Rome, Italy. E-ISBN 978-92-5-107944-7.
- Maxwell, K., Johnson, G. N. 2000. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *Journal of Experimental Botany* **51**. 345:659-668. <https://doi.org/10.1093/jexbot/51.345.659>
- Mézes, L., Nagy, A., Gálya, B., Tamás, J. 2015. Poultry feather wastes recycling possibility as soil nutrient. *Eurasian Journal of Soil Science*. **2147–2149**. 244–252. <http://dx.doi.org/10.18393/ejss.2015.4.244-252>

- Michel, F. C., Forney, L. J., Huang, A. J. F., Drew, S., Czu, P. M., Lindeberg, J. D., Reddy, C. A. 1996. Effects of tuning frequency, leaves to grass mix ratio and windrow vs pile configuration on the composting of yard trimmings. *Compost Science and Utilization* **4**. 26–43. <https://doi.org/10.1080/1065657X.1996.10701816>.
- Najar, R., Aydi, S., Sassi-Aydi, S., Zarai, A., Abdelly, C. 2018. Effect of salt stress on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in *Medicago truncatula*. *Plant Biosystems – An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology* **153**(1). 88–97. <https://doi.org/10.1080/11263504.2018.1461701>.
- Narrod, C., Tiongco, M., Costales, A. 2008. Global poultry sector trends and external drivers of structural change. In *FAO Animal Production and Health Proceedings, Proceedings of the International Poultry Conference on Poultry in the 21st century: Avian influenza and beyond*, Bangkok, Thailand, 5–7 November 2007; Thieme, O., Pilling, O., Eds.; FAO: Rome, Italy, 2008.
- Noble, R.; Coventry, E. 2005. Suppression of soil-borne plant diseases with composts: A review. *Biocontrol Science and Technology* **15**. 3–20. <https://doi.org/10.1080/09583150400015904>
- R Core Team 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Riggle, D. 1996. Compost teas in agriculture. *BioCycle* **37**. 65–67.
- Slezák, K. A. 2001. Fehér termésű paprika sótűrése. Doktori értekezés. Szent István Egyetem Zöldség- és Gombatermesztési Tanszék.
- Tiquia, S. M., Tam, N. F. Y. 1998. Elimination of phytotoxicity during co-composting of spent pig-manure sawdust litter and pig sludge. *Bioresource Technology* **65**. 43–49. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(98\)00024-8](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(98)00024-8).

Varga, J., Dorogi, I., Kolonics, Z., Kubó, S. 1975. Mezőgazdasági hulladékok hasznosítása, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 174. p.

Veres, Sz., Seres, E., Kiss, L., Zsombik, L. 2012. Eltérő idejű és mennyiségű nitrogén trágyázás hatása a búza fiziológiai paramétereire. In: Nagy, Z. B. (szerk.) (2012): LVIII. Georgikon Napok: Felmelegedés, ökolábnyom, élelmiszerbiztonság. 462 p. Keszthely, Magyarország Pannon Egyetem Georgikon Kar, 449–453.

Wang, Q., Awasthi, M. K., Zhang, Z., Wong, J. W. C. 2019. Sustainable Composting and Its Environmental Implications. Sustainable Resource Recovery and Zero Waste Approaches. 115–132. ISBN: 978-0-444-64200-4.

Weltzien, H. C. 1992. Biocontrol of foliar fungal diseases with compost extracts. In: Andrews, J. H. - Hirano, S. S. (Eds.) 1992. Microbial Ecology of Leaves. Springer Verlag, New York. 430–450. [https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3168-4\\_22](https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3168-4_22).

Yohalem, D.S., Harris, R.F., Andrews, J.H. 1994. Aqueous extracts of spent mushroom substrate for foliar disease control. Compost Science and Utilization 2:67–83. ISSN: 1065-657X.

# A MŰTRÁGYÁK SZERVES TRÁGYÁVAL TÖRTÉNŐ HELYETTESÍTHETŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA KÖRNYEZETVÉDELMI ASPEKTUSBÓL AZ ELŐÁLLÍTÁSUK ALAPJÁN

*Kiss Nikolett Éva<sup>1\*</sup> – Tamás János<sup>1</sup> – Nagy Attila<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és  
Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet*

*\*Corresponding author, [kiss.nikolett@agr.unideb.hu](mailto:kiss.nikolett@agr.unideb.hu)*

## **Abstract**

The aim of this research was to measure and evaluate the environmental impacts during the production of composted and pelletized poultry litter (CPPL) compared to the environmental impacts during the production of different chemical fertilizers. As a result of the comparison, it can be decided whether CPPL is a suitable alternative to fertilizers. The environmental impacts were measured and assessed using a life cycle assessment methodology in accordance with the ISO14040:2006 series of standards. Four impact categories were included in the assessment, these were Acidification Potential (AP), Eutrophication Potential (EP), Global Warming Potential (GWP) and Human Toxicity Potential (HTP).

The results showed that although the acidification potential and eutrophication potential were higher for CPPL production due to gas emission during composting of organic material (in this



case chicken manure), the global warming potential and human toxicity potential were similar or lower compared to chemical fertilizers.

The preference for organic fertilizers over chemical fertilizers is even more important today than before, partly because efforts to reduce chemical fertilizer use are in line with the objectives of the European Green Deal, and partly because of current events, fertiliser shortages and rising fertiliser prices. Organic fertilizers can therefore be a suitable alternative to chemical fertilizers, both from an environmental and an economic point of view.

**Keywords:** life cycle assessment, environmental impacts, composted and pelletized poultry litter (CPPL), chemical fertilizers

### Összefoglalás

Jelen kutatás során a komposztált és pelletált baromfi alom (composted and pelletized poultry litter, CPPL) előállításánál fellépő környezeti hatások mérése és értékelése volt a cél, összehasonlítva a különböző műtrágyák gyártása során fellépő környezeti hatásokkal. Az összehasonlítás eredményeként eldönthetjük, hogy a CPPL alkalmas alternatíva-e a műtrágyák helyettesítésére. A környezeti hatások mérése és értékelése életciklus-értékelés módszertanával történt, az ISO14040:2006 szabványsorozatnak megfelelően. Négy hatáskategória lett az értékelésbe vonva, ezek voltak a savasodási potenciál (AP), eutrofizációs potenciál (EP), globális felmelegedési potenciál (GWP) és humán toxicitási potenciál (HTP).

Az eredmények alapján elmondható, hogy bár a szerves anyag komposztálása során fellépő gázemisszióknak köszönhetően a savasodási potenciál és az eutrofizációs potenciál magasabb volt a CPPL gyártásánál, viszont a globális felmelegedési potenciál és humán toxicitási potenciál esetében hasonló vagy alacsonyabb értékek voltak tapasztalhatók összehasonlítva a műtrágyákkal.

A szerves trágyák előnyben részesítése a műtrágyákkal szemben napjainkban megfontolandó, részben azért, mert a műtrágya-használat csökkentésére irányuló törekvések összhangban állnak az Európai Zöld Megállapodás és a Zöldítés célkitűzéseivel, részben pedig a napjainkban zajló események, a műtrágya-hiány és a műtrágya árának drágulása miatt. Tehát a szerves trágyák mind környezetvédelmi, mind gazdasági szempontból alkalmas alternatívák lehetnek a műtrágyák helyettesítésére.

**Kulcsszavak:** élelciklus-értékelés, környezeti hatás, komposztált és pelletált baromfi alom (CPPL), műtrágyák

### Bevezetés

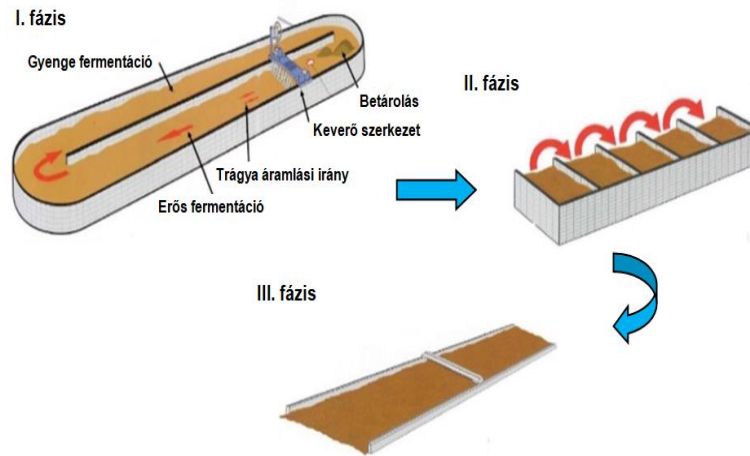
Az állattartásban keletkező, de az állattartási technológiák számára hasznosíthatatlan produktumok, mint a trágya, és más szerves anyagok (például komposzt, hús-, csont- és tollliszt, stb.), jelentős szerepet játszhatnak a talajerőforrás-utánpótlásban, sőt potenciális alternatívát jelenthetnek a műtrágyák helyettesítésére (Mézes et al., 2015; He et al., 2016, 2020; Gorliczay et al., 2021), ezáltal a tenyésztett állatállományoknak a talajerő utánpótlásban igen fontos szerepe lehet (Moyo és Swanepoel, 2010; Magnusson, 2016). Az utóbbi években az olyan gyorsan növekvő állattenyésztési ágazatoknak köszönhetően, mint a brojleritenyésztés (Chia et al., 2019; Nalunga et al., 2021), a megnövekedett mennyiségű trágya ártalmatlanításának és hasznosításának kérdése egyre fontosabbá válik, környezetvédelmi és fenntarthatósági szempontból egyaránt (Enahoro et al., 2018; Janković et al., 2020; Kasule et al., 2014).

A környezet, valamint a természeti erőforrások védelme, megőrzése érdekében vezette be a közös agrárpolitika (KAP) 2015-ben a zöldítést, amely a környezet szempontjából előnyös, a környezetet kevésbé terhelő mezőgazdasági gyakorlatokat takar (NAK, 2017; 2018). Szintén a környezetvédelmi problémák átfogó kezelésére vezette be az Európai Unió az Európai zöld

megállapodást (European Green Deal), azzal a fő céllal, hogy Európa 2050-re klímasemlegessé és fenntarthatóvá váljon (Internet1). A megállapodásnak a mezőgazdaságot érintő célkitűzései közül igen fontosak azok a törekvései, melyek a műtrágya használat csökkentését és a szerves trágya alkalmazásának előnyben részesítését célozzák, mert bár a műtrágyák gyorsan, nagy mennyiségben és könnyen hozzáférhető formában biztosítják a tápanyagot a növényzet számára (Scholl és Nieuwenhuis, 2004; Chen et al., 2007; Han et al., 2016), használatuk több negatív hatással is járhat környezetvédelmi aspektusból. A túlzott műtrágyázás például felgyorsítja a talaj szervesanyag-készletének bomlását, a talajszerkezet romlásához vezetve ezáltal, továbbá szennyezheti a víztesteket is, kimosodást és savasodást okozva (Bíró et al., 1998; Adediran et al., 2004; Alimi et al., 2007; Sayci, 2012).

A trágya hasznosításának legismertebb formája az anyagában történő hasznosítás, ami nem egy újkeletű dolog, hisz az állattartásban képződő szerves trágyák növénytermesztésben történő alkalmazása tápanyag-utánpótlóként már régóta ismert. Hazánkban is az 1900-as évek első harmadáig kizárólag szerves trágyával pótolták vissza a növények által elvont tápanyagokat, az intenzív gazdálkodás miatt viszont – a nagyobb hatóanyag-tartalmú műtrágyák megjelenésével – alkalmazása háttérbe szorult. Fontos viszont, hogy a szerves trágyát a kijuttatás előtt megfelelően kezeljük, ártalmatlanítsuk, a kezeletlen trágya ugyanis igen veszélyes, számos olyan mikroorganizmust tartalmaz, mely veszélyt jelenthet állatra és emberre egyaránt, sőt élelmiszerszennyezéseket és járványokat is okozhatnak. Világszerte számos élelmiszer eredetű betegség kapcsolódik közvetlenül, vagy közvetve a trágyához (García et al., 2010; Heredia és García, 2018). A trágya kezelésének egy lehetséges módszere az aerob körülmények között végbemenő komposztálás, ami a szervesanyag-tartalmú hulladékok, melléktermékek ártalmatlanításának régóta ismert és alkalmazott módszere (Filep, 1999; Modderman, 2020). Kevés szakirodalom említi a baromfitrágya komposztálását, ugyanis a baromfi ürüléke

rostokban és nitrogénben gazdag, valamint magas a nedvességtartalma, ezek a jellemzők pedig nem kedveznek a komposztálásnak. Georgakakis és Krintas (2000) két japán eredetű rendszert,



1. ábra A Hosoya komposztáló üzem fázisai (Internet2)

az Okada és a Hosoya rendszert nevezik meg az ilyen kedvezőtlenebb tulajdonságú melléktermékek komposztálására. Maga a technológia egy háromfázisú rendszert takar, amely kétfázisú aerob fermentációból és egyfázisú végszárításból tevődik össze (1. ábra).

A folyamat végére 80-85% szárazanyag-tartalmú granulátum lesz a végtermék (Internet3; Csiba és Fenyvesi, 2012; Szabó, 2016), a továbbiakban CPPL (composted and pelletized poultry litter – komposztált és pelletált baromfitrágya). Az így előállított granulált termékek előnye, hogy a hőkezelés hatására megsemmisülnek a káros ammóniagázok, gyommagvak, s a patogén baktériumok (Gaál, 2011).

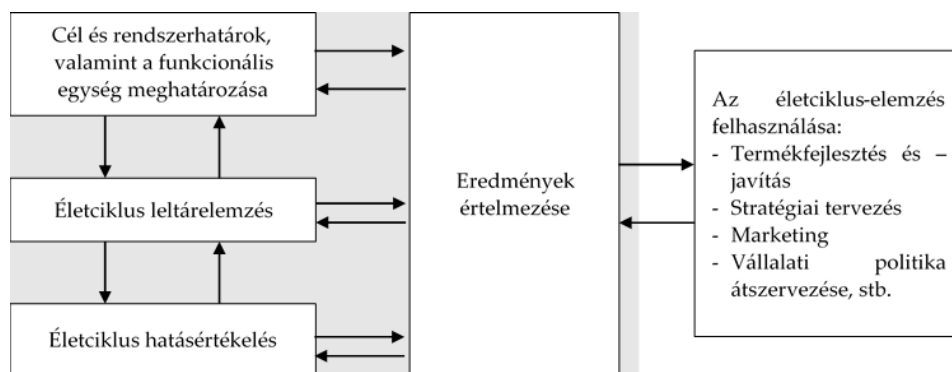
Jelen kutatás egyik célja a Hosoya komposztáló üzem környezeti hatásainak vizsgálata volt, megállapítva, hogy a CPPL megfelelő alternatívája lehet-e a műtrágyáknak a gyártás környezeti hatásait alapul véve. Az összehasonlító elemzéshez az életciklus-értékelés (LCA – life cycle assessment) módszertana volt alkalmazva (ISO14044:2006, „Környezetközpontú irányítás. Életciklus-értékelés” szabvány alapján). Az LCA a főbb környezeti terhelések és a folyamatok során fellépő kritikus pontok feltárásának és nyomonkövetésének módszere. Az elemzés során

a műtrágyák (ammónium-nitrát (AN), kalcium ammónium-nitrát (CAN), karbamid, triple szuperfoszfát (TSP), monoammónium-foszfát (MAP), kálium-klorid (KCl)) és a CPPL előállításának környezeti terhelése volt vizsgálva és értékelve először 1 kg termékre vonatkoztatva, majd olyan mennyiségben, amellyel egy 100 hektáros szántó föld tápanyag-utánpótlását el lehet végezni.

### Anyag és módszer

Az életciklus-értelmezés az ISO 14040:2006 szabvány alapján a következő főbb lépésekből áll:

1. Cél és rendszerhatárok meghatározása,
2. Életciklus leltárelemzés,
3. Életciklus hatásértékelés,
4. Eredmények értelmezése.



2. ábra Az életciklus-értékelés lépései (Saját szerkesztés az ISO 14040:2006 szabvány alapján, 2020)

#### **Cél és rendszerhatárok, valamint funkcionális egység meghatározása**

Az életciklus-értékelés kezdeti szakasza az elemzés céljának, alkalmazási területének (rendszerhatárok) és a funkcióegységnek meghatározása.

Jelen kutatás célja a CPPL szerepének értékelése a műtrágyák potenciális alternatívájaként, feltárva, értékelve és összehasonlítva a környezeti hatásokat a CPPL Hosoya komposztáló

üzemben történő előállításánál és a különböző műtrágyák gyártásánál. A termékek gyártásának környezeti terhelése két lépcsőben lett meghatározva.

*Szcenárió 1:* Első lépésként 1 kg termék (1 kg CPPL és 1-1 kg AN, CAN, karbamid, TSP, MAP, KCl) előállításakor fellépő környezeti terhelés meghatározása volt a cél. A funkcionális egység tehát 1 kg termék volt.

*Szcenárió 2:* A második szcenárió során egy 100 hektár nagyságú szántóföld tápanyag-utánpótlásához szükséges CPPL és műtrágya mennyiség előállítása alatt fellépő környezeti terhelés feltárása volt a cél. Meghatározva ezzel, hogy komplex műtrágyázást feltételezve (tehát N-, P- és K-műtrágyázást is) mekkora környezeti terheléssel jár a termékek előállítása, összehasonlítva az eleve komplex, makro- és mikroelemeket egyaránt tartalmazó CPPL-lel.

### **Életciklus leltárelemzés**

Az életciklus leltárelemzés számszerűsíti az életciklus során fellépő input és output adatokat, ami vonatkozhat a nyersanyagra, s az emissziókra is.

#### *1. táblázat A CPPL gyártásának (Hosoya komposztáló üzem) életciklus leltárelemzése*

<b>Input anyag- és energiaáramok</b>	<b>1 kg végtermék</b>
Baromfitrágya (hozzáadott szennyvíziszappal és nedves csirketrágyával, baromfitrágyával szennyezett víz)	1,338 kg
Víz	0,067 l
Elektromosság	0,45 MJ
Üzemanyag	0,087 MJ
<b>Output anyag- és energiaáramok</b>	
CPPL	1 kg
Levegőbe történő emisszió:	
Ammónia (NH <sub>4</sub> )	0,0012 kg
Dinitrogén-oxid (N <sub>2</sub> O)	0,00006 kg
Metán (CH <sub>4</sub> )	0,0001 kg

Az életciklus leltárelemzéshez szükséges input adatok egy részét (trágya és szennyvíziszap, víz, üzemanyag) a komposztáló üzem biztosította, illetve a saját számítások (elektromosság, emissziók) alapján lettek meghatározva az adatok (1. táblázat).

A műtrágyák környezeti terhelésének értékeléséhez szükséges anyag- és energiaáramokat az OpenLCA szoftver, azon belül az Agribalyse adatbázis biztosította. (Az alkalmazott szoftver és az adatbázis a következő, Életciklus hatásértékelés alfejezetben lesz részletezve.)

### ***Életciklus hatásértékelés***

Az életciklus hatásértékelés (Life cycle impact assessment, LCIA) szakaszában a leltárelemzés során összegyűjtött adatok feldolgozása és értékelése történik.

Gyakorlatban az életciklus-értékelések elvégzéséhez szoftvereket alkalmaznak. Jelen elemzésekhez az OpenLCA szoftver lett kiválasztva, ami teljeskörűen biztosítja az elemzések összes szintjéhez szükséges anyag- és energiaáramokat. A szoftvert 2006-ban hozta létre egy német szoftverfejlesztő cég, a Greendelta, azzal a szándékkal, hogy egy megbízható és nagy teljesítményű szoftvert álljon a rendelkezésre az életciklus-értékeléshez. A szoftver ingyenesen letölthető és szabadon felhasználható. Az OpenLCA fejlesztői folyamatosan gondoskodnak a szoftver fejlesztéséről, amely rugalmas modellezést tesz lehetővé az egyszerű modellek számára (Internet4).

Az elemzések az ingyenesen is letölthető, francia Agribalyse adatbázisban lettek elvégezve, mely nagyszámú adatot tartalmaz az összes szükséges elemzéshez (Colomb et al., 2015; Koch és Salou, 2020; Asselin-Balençon et al., 2020).

Jelen tanulmányban a CML IA baseline hatásvizsgálati módszer volt alkalmazva, mely nemzetközileg elfogadott és igen széles körben használt módszer. A módszer összhangban van a nemzetközi szabványosítási törekvésekkel, mivel magába foglalja a célmeghatározást (cél és hatásterület), az életciklus-leltárt (leltárelemzés), a hatáselemzést (hatásvizsgálat) és az értékelést (az eredmények értelmezése) (Gabathuler, 2006). A CML IA baseline hatásértékelő módszer az életciklus-értelmezés 11 leggyakrabban alkalmazott hatáskategóriája alapján értékeli a vizsgált folyamatokat, termékeket (Guinée et al., 2002; Geier et al., 2015).

1. Savasodási potenciál – Acidification potential (AP). Mértékegysége: kg SO<sub>2</sub>-egyenérték. A savasodásért főképp a kén-dioxid (SO<sub>2</sub>) és a különböző nitrogén-oxidok (NO<sub>x</sub>) a felelősek. Előbbi főleg a hagyományos erőművekből, míg utóbbi nagyrészt a gépjárművekből származik. Ezekből a gázokból a légkörben – oxidáció útján kénsav, kénessavak és nitrogénsav keletkezik, amelyek csökkentik a csapadék kémhatását (Guinée et al., 2002).
2. Eutrofizációs potenciál – Eutrophication potential (EP). Mértékegysége: kg PO<sub>4</sub>-egyenérték. Az eutrofizáció számos tengeri és édesvízi ökoszisztéma károsodásának egyik fő oka. Az algák és növények túlzott növekedése jellemzi, ami egy vagy több korlátozó növekedési tényező megnövekedett elérhetőségének köszönhető (pl. a túltrágyázás vagy a túlzott tápanyagellátás, a két legfontosabb tápanyagra, a nitrogénre (N) és a foszforra (P) összpontosítva) (Guinée et al., 2002).
3. Globális felmelegedési potenciál – Global warming potential (GWP). Mértékegysége: kg CO<sub>2</sub>-egyenérték. A leggyakoribb üvegházhatású gázok közé tartozik a szén-dioxid (CO<sub>2</sub>), a metán (CH<sub>4</sub>) és a fluorozott-klórozott szénhidrogének (CFC-k). A globális felmelegedési potenciál (GWP) egy olyan mérőszám, amelyet a különböző gázok légkörre gyakorolt hatásának összehasonlítására fejlesztettek ki. Az index arra ad választ, hogy ha egy adott gázból pl. 1 tonna kerül a légkörbe egy bizonyos időszak alatt (20, 50 vagy 100 év), az mennyire melegíti a légkört 1 tonna szén-dioxid kibocsátásához képest. Ebben az esetben minél nagyobb a GWP, annál negatívabb a környezetre nézve. A GWP-hez általában 100 évet használnak, ahogy jelen tanulmányban is, a CML IA baseline hatásvizsgálati módszer a GWP100-at alkalmazta, de léteznek 20 (GWP20) és 50 (GWP50) évre vonatkozó előrejelzések is (Guinée, 2002; IPCC, 2013).



4. Humán toxicitási potenciál – Human toxicity potential (HTP). Mértékegysége: kg 1,4-DB-egyenérték. A kibocsátott anyagok emberi egészségre gyakorolt, potenciálisan károsító hatását jellemzi. Ezek a vegyi anyagok (pl.: arzén, hidrogén-fluorid, nátrium-dikromát) érintkezés útján, belégzéssel vagy lenyeléssel kerülhetnek az emberi szervezetbe (Rosenbaum et al., 2008).

### ***Életciklus eredmények értékelése***

Az életciklus eredmények értékelése során az előző két fázisban kapott eredményeket és megállapításokat értelmezik. Az értelmezés és az eredmények értékelése után fogalmazzák meg a javaslatokat. Az értelmezés fázisnak feladata még, hogy a leltárelemzés eredményeit érthetően és átfogóan mutassa be a tanulmány céljainak megfelelően. Az értelmezés olyan eljárás, mely alkalmas arra, hogy meghatározzák, minősítsék és kiértékeljék az LCA, valamint az LCIA tanulmányokon alapuló következtetéseket (Muralikrishna és Manickam, 2017).

Jelen tanulmányban a CPPL-ből kijuttatandó mennyiség 1,5 t/ha-ban lett megállapítva a terméket előállító cég és Szabó et al. (2019) javaslatára. Továbbá meg lett határozva, hogy a 1,5 t/ha dózisban kijuttatott CPPL hatóanyag-tartalmának megfelelően, hogy mekkora mennyiségben kell kijuttatni az egyes műtrágyákat (2. táblázat). Ez a kijuttatott CPPL mennyiség 82,5 kg/ha N-tartalomnak felel meg, mely összhangban van Kátai et al. (2021) ajánlásával, miszerint 80 kg/ha a minimális N-szükséglet az alacsony, illetve közepes nitrogén-ellátottságú talajok esetében.

2. táblázat NPK műtrágyák 100 hektáronkénti kijuttatandó mennyisége a CPPL hatóanyag-tartalmának függvényében

Termék	Kijuttatandó mennyiség a CPPL függvényében 100 hektárra (t/100 ha)
<b>CPPL</b>	<b>150</b>
AN	24,6/21,5 *
CAN	30,5/26,7 *
Karbamid	18/15,7 *
TSP	9,6
MAP	8,6
KCl	6,25

\*A N-műtrágyák kijuttatandó mennyisége, amennyiben a P-műtrágya a MAP (Figureyelembevétel a MAP N-tartalmát)

Mivel a CPPL egy komplex hatóanyag-tartalmú termék, mely kombináltan tartalmazza makro- és mikroelemeket egyaránt, ezért a 100 hektárra elegendő műtrágyák előállítás is kombináltan történt a szcenárióban. A különböző műtrágya-kombinációk – a CPPL hatóanyag-tartalmával megegyezően – a következőképp alakultak (3. táblázat):

3. táblázat A N-, P-, K-műtrágyákból létrehozott kombinációk és a 100 hektárra kijuttatandó összmennyiség

NPK kombináció megnevezése	NPK kombináció összetétele	t/100 ha
NPK1	AN + TSP + KCl	40,45
NPK2	AN + MAP + KCl	36,35
NPK3	CAN + TSP + KCl	46,15
NPK4	CAN + MAP + KCl	41,51
NPK5	Karbamid + TSP + KCl	33,85
NPK6	Karbamid + MAP + KCl	30,59

Az életciklus-értékelés során kapott eredmények végül három kategóriába (alacsony, közepes és magas környezeti hatás) lettek sorolva az egyes hatáskategóriáknál meghatározott maximális és minimális értékek közötti különbség három egyenlő intervallumra való felosztása alapján.

## Eredmények és értékelésük

### *Szenárió 1: A CPPL és műtrágyák előállításának környezeti hatásai*

A CPPL és a különböző műtrágyák (ammónium-nitrát (AN), kalcium ammónium-nitrát (CAN), karbamid, triple szuperfoszfát (TSP), monoammónium-foszfát (MAP), kálium-klorid (KCl)) előállításának környezeti hatása először 1 kg végtermékre lettek meghatározva (4. táblázat).

#### *4. táblázat Életciklus-értékelés eredményei 1 kg végtermékre vonatkoztatva*

Hatáskategóriák	CPPL	AN	CAN	Urea	TSP	MAP	KCl
Savasodási potenciál (kg SO <sub>2</sub> -egyenérték)	0,024	0,006	0,005	0,005	0,010	0,003	0,002
Eutrofizációs potenciál (kg PO <sub>4</sub> - egyenérték)	0,005	0,002	0,002	0,002	0,004	0,002	0,001
Globális felmelegedési potenciál (kg CO <sub>2</sub> - egyenérték)	0,273	1,382	1,137	1,127	0,657	0,826	0,399
Humán toxicitási potenciál (kg 1,4-DB-egyenérték)	0,032	0,449	0,429	0,534	0,172	0,502	0,334

A hatáskategóriák közül a savasodási (AP) és eutrofizációs potenciál (EP) esetében magasabb volt a károsanyag kibocsátás a CPPL előállításakor.

A savasodási potenciál értéke – a műtrágya típusától függetlenül – 0,002 és 0,01 kg SO<sub>2</sub>-egyenérték/kg termék körül alakul. A legalacsonyabb mértékű kibocsátást a KCl műtrágyánál, a legnagyobb mértékű kibocsátást pedig a TSP-nél tapasztaltuk a műtrágyák közül. Előbbinél a legnagyobb hozzájáruló folyamatok a gőztermelés és a nyersanyagok kitermelése, feldolgozása volt (SO<sub>2</sub> miatt), utóbbinál pedig a H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> gyártás. A CPPL a KCl-nél 93, a TSP-nél 58%-kal több emissziót produkált (0,024 kg SO<sub>2</sub>-egyenérték/kg termék). A CPPL-nél a trágyafeldolgozás miatti NH<sub>3</sub>-emisszó okozta a magas savasodási potenciál értéket. Az AN és CAN műtrágyáknál a HNO<sub>3</sub>-előállítás (NH<sub>3</sub> és NO<sub>x</sub>), a karbamidnál a gőztermelés és a nyersanyagok kitermelése, feldolgozása (SO<sub>2</sub> és NH<sub>3</sub>), a MAP-nál pedig az áramfogyasztás és a nyersanyagok kitermelése (SO<sub>2</sub> és NH<sub>3</sub>) voltak a savasodási potenciálhoz leginkább hozzájáruló folyamatok.

Hasonlóan alakult a kibocsátás az eutrofizációs potenciált tekintve. Ennél a hatáskategóriánál szintén a KCl műtrágyánál volt a legalacsonyabb kibocsátás (0,0007 kg PO<sub>4</sub>-egyenérték/kg KCl) és a TSP-nél a legmagasabb (0,0041 kg PO<sub>4</sub>-egyenérték/kg TSP). Mindkettőnél a nyersanyagok kitermelése, feldolgozása volt a kibocsátás fő oka, a foszfát és foszfor vízbe történő emissziója miatt. A CPPL előállításánál az eutrofizációs potenciál 0,0054 kg PO<sub>4</sub>-egyenérték volt, mely az előbbi műtrágyánál 88%-kal, utóbbinál 24%-kal volt magasabb érték. Ebben az esetben a trágya feldolgozása során fellépő NH<sub>3</sub>- és N<sub>2</sub>O-emisszió, valamint az áramfogyasztás voltak a magas környezeti terhelés hozzájárulói. A többi műtrágyánál hasonlóan alakultak a hozzájáruló folyamatok, mint a savasodási potenciálnál. Az AN és CAN műtrágyáknál a HNO<sub>3</sub>-előállítás (NH<sub>3</sub> és NO<sub>x</sub>), a karbamidnál és a MAP-nál pedig a nyersanyagok kitermelése, feldolgozása (PO<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>) voltak az EP hozzájáruló folyamatai.

A globális felmelegedési potenciál (GWP) a CPPL-nél volt a legalacsonyabb mértékű (0,27 kg CO<sub>2</sub>-egyenérték/kg termék). A kibocsátáshoz az áramfogyasztás (CO<sub>2</sub> és CH<sub>4</sub>), a trágya feldolgozása (N<sub>2</sub>O és CH<sub>4</sub>), az üzemanyagfogyasztás (CO<sub>2</sub>) és a keletkezett hulladékok további kezelése (CO<sub>2</sub>) járultak hozzá. A műtrágyák közül ismét a KCl előállításánál volt a legalacsonyabb a kibocsátás (0,4 kg CO<sub>2</sub>-egyenérték/kg KCl). A legnagyobb mértékű kibocsátás a N-műtrágyáknál, azok közül is leginkább az AN-nál (1,38 kg CO<sub>2</sub>-egyenérték/kg AN) fordult elő. Az AN előállítása során ötször annyi károsanyag kibocsátás történt az eredmények alapján, mint a CPPL gyártásánál. A műtrágyáknál szinte egyöntetűen a műtrágyák előállításához szükséges gőztermelés miatti CO<sub>2</sub>- és CH<sub>4</sub>-emisszió okozza a magas GWP-t.

A humán toxicitási potenciál (HTP) a TSP-nél volt a legalacsonyabb (0,17 kg 1,4-DB-egyenérték/TSP). A legnagyobb mértékű kibocsátást a karbamid produkálta (0,53 kg 1,4-DB-egyenérték/karbamid). A műtrágyák előállítása során, maga a nyersanyag-kitermelés és -előállítás, valamint az áramfogyasztás és a gőztermelés voltak a jellemző hozzájáruló

folyamatok, főként a Cr-emisszió miatt. Az TSP emissziója ötszöröse, a karbamidé mintegy tizenhétszerese volt a CPPL-nek (0,03 kg 1,4-DB- egyenérték/trágya), melynél az áramfogyasztás, a hulladékkezelés és a broiler csirketrágya-feldolgozás közbeni kibocsátások járultak hozzá a humán toxicitási potenciálhoz.

A Hosoya technológiával történő granulátum gyártás környezeti hatásairól nem áll rendelkezésre szakirodalom, csak hasonló, félig zárt és zárt komposztálási technológiákról. A különböző állati trágyák közül Zhu et al. (2014) a csirketrágya és az elhullott állatok komposztálását vizsgálták. Az általuk vizsgált rendszer CO<sub>2</sub>-kibocsátása 3-6-szor alacsonyabb volt, mint a Hosoya üzemé. Az ADAME (2012) kutatási programja a komposztálásból származó levegőbe történő kibocsátást vizsgálta. Az e tanulmány keretében vizsgált szennyvíziszap komposztálása 0,089 és 0,298 kg CO<sub>2</sub>-egyenérték kibocsátással járt. Ez utóbbi érték áll a legközelebb a CPPL gyártásánál megállapított 0,27 kg CO<sub>2</sub>-egyenértékhez. Vizsgálták az állati hulladék komposztálásából származó kibocsátást is, ahol a mért értékek átlagosan ötször magasabbak a Hosoyánál tapasztalt értéknél. Luske (2010) csirke- és marhatrágya komposztálását vizsgálta. Az általa vizsgált komposztáló üzem kibocsátása körülbelül fele (0,147 kg CO<sub>2</sub>-egyenérték/kg termék) volt a Hosoya komposztáló üzemének. Általánosságban a szerzők megállapították, hogy a kibocsátások nagymértékben függenek a komposztálandó nyersanyagok összetételétől és arányától, valamint a komposztálási technológiától.

### ***Szcenário 2: 100 hektár szántó föld tápanyag-ellátáshoz szükséges mennyiségű CPPL és műtrágyák előállításának környezeti hatásai***

Az 1 kg végtermék környezeti hatásainak megállapítása után a 100 hektár tápanyag-ellátáshoz szükséges mennyiségű CPPL és NPK műtrágyakombinációk előállítása során fellépő károsanyag-kibocsátás lett meghatározva (5. táblázat).

5. táblázat A 100 hektáros szántóföldre kijuttatott CPPL és NPK műtrágyák előállításánál fellépő emisszió

Hatáskategóriák	CPPL	NPK1	NPK2	NPK3	NPK4	NPK5	NPK6
Savasodási potenciál (kg SO <sub>2</sub> -egyenérték)	3620	262,9	173,3	265,3	175,3	196,0	115,6
Eutrofizációs potenciál (kg PO <sub>4</sub> -egyenérték)	816,1	98,7	65,8	101,0	67,7	75,8	46,1
Globális felmelegedési potenciál (kg CO <sub>2</sub> -egyenérték)	40880	43005	39357	43654	39886	29113	27372
Humán toxicitási potenciál (kg 1,4-DB-egyenérték)	4833	14818	16069	16868	17841	13323	14823

zöld = alacsony környezeti terhelés; sárga = közepes környezeti terhelés; piros = magas környezeti terhelés

A savasodási (AP) és eutrofizációs potenciál (EP) a 150 t CPPL előállítása során volt magasabb.

A savasodási potenciál esetében átlagosan 94%-kal, az eutrofizációs potenciál esetében pedig átlagosan 90%-kal volt alacsonyabb a kibocsátás az NPK műtrágya kombinációk előállításánál.

Ennek lehetséges oka, hogy a magas savasodási potenciálhoz az NH<sub>3</sub>- és N<sub>2</sub>O-emisszió, az eutrofizációs potenciálhoz pedig a NO<sub>3</sub>- és PO<sub>4</sub>-kibocsátás járulnak hozzá. Az eredmények alapján a CPPL előállítása a savasodási és eutrofizációs potenciál tekintetében is a magas környezeti terhelés kategóriába sorolható, köszönhetően a szerves anyag komposztálása során fellépő gázok emissziójának.

A GWP esetében az NPK1 és NPK3 kombinációkhoz képest a CPPL átlagosan 5,5%-kal kisebb globális felmelegedési potenciált eredményezett, míg az NPK2 és NPK4 kombinációkhoz képest a CPPL GWP értékei hasonlóak voltak. Az NPK1 és NPK3 kombinációk környezeti terhelése volt a legmagasabb, míg az NPK2 és NPK4 kombinációk előállítása, a CPPL-lel egyetemben a közepes környezeti terhelés csoportba tartoznak. Azoknak az NPK kombinációknak a GWP-értéke, ahol a nitrogéntrágya karbamid volt (NPK5 és NPK6), 29-33%-kal alacsonyabb volt, mint a CPPL-é, ami a karbamid előállításának alacsony környezeti hatásának köszönhető, mivel a karbamid a legkoncentráltabb nitrogéntrágya (46%-os N-tartalommal), és kisebb mennyiség kijuttatása elegendő a nitrogén-szükséglet pótlásához.

A humán toxicitási potenciál (HTP) a 150 t CPPL-nél 4833 kg 1,4-DB-egyenérték, míg a műtrágyák előállítása során átlagosan 70%-kal magasabb az emisszió mértéke. A műtrágya-kombinációknál a legalacsonyabb kibocsátást az NPK5 kombináció eredményezte, de még ez is több, mint két és félszerese volt a CPPL előállítása során fellépő környezeti terhelésnél.

Bár a 150 t CPPL előállítása során magas a környezeti terhelés a savasodási és eutrofizációs potenciál tekintetében, valamint közepes a környezeti terhelés a globális felmelegedési potenciál esetében, nem lehet Figureyelman kívül hagyni, hogy míg a CPPL-ből 150 tonnát kell előállítani a 100 hektáros terület tápanyag-utánpótlásához, addig például az NPK5 és NPK6 műtrágya-kombinációkból mindössze 33,85 t (18 t karbamid + 9,6 t TSP + 6,25 KCl) és 30,59 t (15,7 t karbamid + 8,6 t MAP + 6,25 t KCl) szükséges.

### **Következtetések**

Következtetésként elmondható, hogy akár 1 kg termékre vonatkoztatva, akár a nagyobb mennyiségre (100 hektáros szántó föld tápanyag-utánpótlásához szükséges mennyiség) vetítve határozzuk meg a környezeti terhelést, a savasodási és eutrofizációs potenciál magasabb a CPPL előállításánál, összehasonlítva a műtrágyákkal. Ennek oka a szerves trágya feldolgozása során fellépő NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O és más gázok emissziója. A műtrágyáknál leginkább a gőztermelés és az áramfogyasztás járulnak hozzá a savasodási és eutrofizációs kibocsátáshoz. A globális felmelegedési potenciál 1 kg CPPL előállítását tekintve jóval alacsonyabb CO<sub>2</sub>-egyenértékű kibocsátással jár, mint a műtrágyák esetében. Nagyobb mennyiségben viszont a közepes környezeti terhelés kategóriába tartozik a 150 t CPPL előállítása, míg az NPK5-6 kategóriák az alacsony környezeti terhelés csoportba. A humán toxicitási potenciál tekintetében mind az 1 kg, mind a nagy mennyiségben előállított termék esetében a CPPL-nek volt a legalacsonyabb a környezeti terhelése.

Az eredmények alapján tehát a globális felmelegedési és a humán toxicitási potenciált tekintve a CPPL potenciális alternatíva lehet a műtrágyák helyettesítésére komplex műtrágyázást feltételezve. Így a műtrágyák helyettesítése révén eleget tesz az Európai zöld megállapodás és a zöldítés erre irányuló törekvéseinek is. A CPPL emellett magas mikroelem-tartalommal is rendelkezik, s szerves trágya révén a talaj termékenységére, szerkezetére és szervesanyag-tartalmára, valamint vízgazdálkodási tulajdonságaira is kedvező hatást gyakorolhat. A környezetvédelmi érvek mellett gazdasági érvek is szólnak a szerves trágyák előnyben részesítése mellett, köszönhetően a napjainkban történő eseményeknek, a földgáz-hiány miatti műtrágya-készlethiánynak és drágulásnak.

A talajra gyakorolt kedvező hatások vizsgálatára és a gazdasági előnyök alátámasztására azonban átfogó vizsgálatokra és elemzésekre van még szükség, melyek a további kutatások alapját képezik.

### **Köszönetnyilvánítás**

A TKP2021-NKTA-32 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg. A kutatás a GINOP 2.2.1.-15-2017-00043 európai uniós támogatásból valósult meg.

### **Irodalom**

Adediran, J. A., Taiwa, L. B., Akande, M. O., Sobulo, R. A., Idowu, O. J. 2005. Application of Organic and Inorganic Fertilizer for Sustainable Maize and Cowpea Yield in Nigeria. *Journal of Plant Nutrition* **27**(7). 1163–1181. <https://doi.org/10.1081/PLN-120038542>

Alimi, T., Ajewole, O. C., Awosola, O., Idowu, E. O. 2007. Organic and Inorganic Fertilizer for Vegetable Production under Tropical Conditions. *Journal of Agriculture & Rural Development* **1**. 120–136.



Asselin-Balençon, A., Broekema, R., Teulon, H., Gastaldi, G., Houssier, J., Moutia, A., Rousseau, V., Wermeille, A., Colomb, V. 2020. AGRIBALYSE v3.0: the French agricultural and food LCI database. Methodology for the food products. Ed. ADEME.

Bíró, T., Tamás, J., Thyll, S. 1998. Risk assessment of nitrate pollution in lower watershed of the Berettyó River. In: Filep, Gy. (ed.) *Soil Water Environment Relationships*. 239–247. Wageningen–Debrecen; Wageningen University and Research, Wageningen, Netherland; University of Debrecen, Debrecen, Hungary.

Chen, J.-H., Wu, J.-T., Young, C. 2007. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. *Environmental Science & Technology* **10**. 1–12. <https://doi.org/10.30058/SE.200706.0001>

Chia, S. Y., Tanga, C. M., van Loon, J. J., Dicke, M. 2019. Insects for sustainable animal feed: Inclusive business models involving smallholder farmers. *Current Opinion in Environmental Sustainability* **41**. 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.09.003>

Colomb, V., Amar, S. A., Mens, C. B., Gac, A., Gaillard, G., Koch, P., Mousset, J., Salou, T., Tailleur, A., van der Werf, H. M. G. 2015. AGRIBALYSE®, the French LCI Database for agricultural products: high quality data for producers and environmental labelling. *Oilseeds and fats, Crops and Lipids* **22**(1). D104. <https://doi.org/10.1051/ocl/20140047>

Csiba, A., Fenyvesi, L. 2012. Facilities of poultry manure processing and utilization with environmental technologies. AgEng Konferencia Valencia.

Enahoro, D., Lannerstad, M., Pfeifer, C., Dominguez-Salas, P. 2018. Contributions of livestock-derived foods to nutrient supply under changing demand in low- and middle-income countries. *Glob. Food Secur* **19**. 1–10.

Gaál K. 2011. Trágyakezelés- és hasznosítása a baromfitelepeken. In: Bogenfürst F., Horn P., Sütő Z., Kovácsné Gaál K., Kovács G. 2011. *Baromfitartás*. Egyetemi jegyzet, Kaposvári Egyetem; Pannon Egyetem; Nyugat-Magyarországi Egyetem.

Gabathuler, H. 2006. The CML Story: How Environmental Sciences Entered the Debate on LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment* **11**. 127–132. <https://doi.org/10.1065/lca2006.04.021>

García, A., Fox, J.G., Besser T.E. 2010. Zoonotic enterohemorrhagic *Escherichia coli*: A one health perspective. *ILAR Journal* **51**(3). 221–232. <https://doi.org/10.1093/ilar.51.3.221>

Georgakakis, D., Krintas, TH. 2000. Optimal use of the Hosoya system composting poultry manure. *Bioresource Technology* **72**(3). 227–233. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(99\)00122-4](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00122-4)

Gorliczay, E., Boczonádi, I., Kiss, N. É., Tóth, F. A., Pabar, S. A., Bíró, B., Kovács, L. R., Tamás, J. 2021. Microbiological Effectivity Evaluation of New Poultry Farming Organic Waste Recycling. *Agriculture* **11**(7). 683. <https://doi.org/10.3390/agriculture11070683>

Guinée, J. B., Gorree, M., Heijungs, R., Huppes, G., Renekleijn – de Koning, A., van Oers, L., Sleeswijk, A. W., Suh, S., udo de Haes, H. A., de Bruijn, H., van Duin, R., Huijbregts, M. A. J., Lindeijer, E., Roorda, A. A. H., van der Ven, B. L., Weidema, B. P. 2002. *Handbook on Life Cycle Assessment - Operational Guide to the ISO Standards*. Kluwer Academic Publisher, New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow.

Han, S. H., Young, J., Hwang, J., Kima, S. B., Parka, B. 2016. The Effects of Organic Manure and Chemical Fertilizer on the Growth and Nutrient Concentrations of Yellow Poplar (*Liriodendron tulipifera* Lin.) in a Nursery System. *Forest Science and Technology* **12**. 137–143. <https://doi.org/10.1080/21580103.2015.1135827>

- He, Z. 2020. Organic Animal Farming and Comparative Studies of Conventional and Organic Manures. In Waldrip, H.M., Pagliari, P.H., He, Z. (eds.) *Animal Manure: Production, Characteristics, Environmental Concerns, and Management*. American Society of Agronomy: Madison, WI, USA. **67**. 165–182. <https://doi.org/10.2134/asaspecpub67.c9>
- He, Z., Pagliari, P.H., Waldrip, H.M. 2016. Applied and Environmental Chemistry of Animal Manure: A Review. *Pedosphere* **26**(6). 779–816. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(15\)60087-X](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(15)60087-X)
- Heredia, N., García, S. 2018. Animals as sources of food-borne pathogens: A review. *Animal Nutrition* **4**(3). 250–255. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.04.006>  
[https://2015-2019.kormany.hu/download/5/06/01000/5\\_zold\\_gazdalk\\_kezikonyv.pdf](https://2015-2019.kormany.hu/download/5/06/01000/5_zold_gazdalk_kezikonyv.pdf)  
<https://www.nak.hu/kiadvanyok/kiadvanyok/2285-zoldites-a-gyakorlatban-gazdalkodoi-segedlet/file>
- IPCC, 2005. *Odour Management at Intensive Livestock Installations*. Environment Agency.
- Janković, L.J., Petrujkić, B., Aleksić, N., Vučinić, M., Teodorović, R., Karabasil, N., Relić, R., Drašković, V., Nenadović, K. 2020. Carcass characteristics and meat quality of broilers fed on earthworm (*Lumbricus rubellus*) meal. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society* **71**(1). 2031–2040. <https://doi.org/10.12681/jhvms.22953>
- Kasule, L., Katongole, C., Nambi-Kasozi, J., Lumu, R., Bareeba, F., Presto, M., Ivarsson, E., Lindberg, J. E. 2014. Low nutritive quality of own-mixed chicken rations in Kampala City, Uganda. *Agronomy for Sustainable Development* **34**. 921–926. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0205-2>
- Kátai, J. 2011. *Alkalmazott talajtan. Egyetemi jegyzet*. Debreceni Egyetem, Debrecen.
- Koch, P., Salou, T. 2020. *AGRIBALYSE®: Methodology, Agricultural stage – Version 3.0*. Ed ADAME, Angers, France.

Luske, B. 2010. Reduced GHG Emissions due to Compost Production and Compost Use in Egypt. Comparing Two Scenarios; 2010-016 LbD; Louis Bolk Instituut, Bunnik, The Netherlands.

Magnusson, U. 2016. Sustainable Global Livestock Development for Food Security and Nutrition Including Roles for Sweden; Ministry of Enterprise and Innovation: Stockholm, Sweden; Swedish FAO Committee: Stockholm, Sweden, 2016.

Mézes, L., Nagy, A., Gálya, B., Tamás, J. 2015. Poultry feather wastes recycling possibility as soil nutrient. *Eurasian Journal of Soil Science* **4**. 244–252.  
<http://dx.doi.org/10.18393/ejss.2015.4.244-252>

Modderman, C. 2020. Composting with or without additives. In Waldrip, H.M., Pagliari, P.H., He, Z. (eds.) *Animal Manure: Production, Characteristics, Environmental Concerns, and Management – American Society of Agronomy: Madison, WI, USA*. **67**. 245–254.

Moyo, S., Swanepoel, F.J.C. 2010. Multifunctionality of livestock in developing communities. In Swanepoel, F.J.C., Stroebel, A., Moyo, S. (eds.) *The Role of Livestock in Developing Communities: Enhancing Multifunctionality*. University of Free State (UFS) and the technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (CTA). Cape Town, South Africa; Wageningen, The Netherlands. 1–11.

Muralikrishna, I.V., Manickam, V. 2017. Life Cycle Assessment. In: Muralikrishna, I.V., Manickam, V. (Eds.) *Environmental management: Science and Engineering for Industry*. Butterworth-Heinemann kiadó, Oxford, Egyesült Királyság. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811989-1.00005-1>

NAK (2017): Zöldítés. Gazdálkodói kézikönyv.

NAK (2018): Zöldítés a gyakorlatban. Gazdálkodói segédlet.

- Nalunga, A., Komakech, A.J., Jjagwe, J., Magala, H., Lederer, J. 2021. Growth characteristics and meat quality of broiler chickens fed earthworm meal from *Eudrilus eugeniae* as a protein source. *Livestock Science* **245**. 104394. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104394>
- Rosenbaum, R.K., Bachman, T.M., Gold, L.S. 2008. USEtox—the UNEP-SETAC toxicity model: recommended characterisation factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in life cycle impact assessment. *International Journal of Life Cycle Assessment*. **13**. 533.
- Scholl, L., Nieuwenhuis, R. 2004. *Soil Fertility Management*; Agromisa Foundation: Wageningen, The Netherlands. 48–55.
- Szabó L. 2016. *Hosoya trágyakezelési technológia*. Gödöllő
- Szabó, A., Tamás, J., Nagy, A. 2019. Spectral evaluation of the effect of poultry manure pellets on pigment content of maize (*Zea mays* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *Natural Resources and Sustainable Development* **9**(1). 70–79. <https://doi.org/10.31924/nrsd.v9i1.025>
- Tóthné, SZ. K. 2008. Életciklus-elemzés, életciklus hatásértékelés.
- Zhu, Z., Dong, H., Xi, J., Xin, H. 2014. Ammonia and greenhouse gas emissions from co-composting of dead hens with manure as affected by forced aeration rate. *Trans. ASABE American Society of Agricultural and Biological Engineering*. **57**. 211–217.

#### Internetes források:

Internet1: [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0012.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0012.02/DOC_1&format=PDF)

Internet2: <http://www.k-hosoya.co.jp/en/file/pdf/Hosoy%20Poultry%20Manure%20Fermentation%20System%20ver200602.pdf>

Internet3: <http://www.k-hosoya.co.jp/en/product/> HOSOYA & CO. (1996). Hosoya Manure Fermentation System. Hoyosa & Co., 412 Fukaya, Ayase-Shi, Kanagawa-ken 252, Japan.

Internet4: [www.openlca.org](http://www.openlca.org)

# ESTIMATION OF AREAL EVAPOTRANSPIRATION IN SOYBEAN CANOPY USING THE BOWEN METHOD

*Gábor Soós<sup>1\*</sup>*

*<sup>1</sup>Hungarian University of Agriculture and Life Sciences (MATE), Georgikon  
Campus, Hungary 8360 Keszthely, Festetics str. 7.*

*\*Corresponding author, [Soos.Gabor@uni-mate.hu](mailto:Soos.Gabor@uni-mate.hu)*

## **Abstract**

Our studies were carried out in the summer of 2020 at the Agrometeorological Research Station of the Georgikon Campus of the Hungarian University of Agriculture and Life Sciences with a Bowen-station deployed in a soybean canopy. The meteorological parameters measured in every 10 min were as follows: within canopy air temperature and humidity, above-canopy air temperature and humidity measured at two levels, and wind speed, as well as soil temperatures measured at several levels. We also completed our measurements with weekly stand height and leaf area measurements (LAI), which are important for the model. Daily evapotranspiration (ET) was calculated from the 10-minute microclimate data. The evapotranspiration modelled with Bowen's ratio in the 2020 measurement season is a state-of-the-art procedure. A Bowen-station provides a relatively inexpensive solution for estimating the spatial evapotranspiration of field crops.

**Keywords:** soybean, field experimten, daily evapotranspiration, Bowen-station

### Összefoglalás

Vizsgálatainkat 2020-ig nyarán a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Georgikon Campuszának Agrometeorológiai Kutatóállomásán szója állományba kihelyezett Bowen-oszloppal végeztük. A 10 percenként mért meteorológiai paraméterek: állományban mért léghőmérséklet és légnedvesség, állomány felett két szintben mért léghőmérséklet és légnedvesség, és állomány felett mért szélsősebesség, valamint több szinten mért talajhőmérsékletek. Méréseinket heti rendszerességgel a modell szempontjából fontos állománymagasság és levélfelület-mérésekkel (LAI) is kiegészítettük. A 10-perces mikroklíma adatokból napi evapotranszspirációt számoltunk. A 2020-as mérési időnyben Bowen-aránnyal modellezett evapotranszspiráció korszerű eljárás. Az állományba telepített állomás viszonylag olcsó megoldást jelent szántóföldi kultúrák területi evapotranszspirációjának becslésére.

**Kulcsszavak:** szója, szántóföldi kísérlet, napi evapotranszspiráció, Bowen-állomás

### Introduction

Soya (*Glycine max* (L.)) is one of our staple crops with its continuously growing cultivation area. In Hungary, the area under soybean cultivation and the number of producers have increased significantly since 2015 due to state support. The production area has increased from 42 000 hectares to 77 000 hectares while the number of producers has reached 5 000 hectares. Evapotranspiration (ET) is one of the most important expenditure parameters of the water balance, which can only be compensated by rainfall or irrigation. A wide range of local factors can influence soybean evapotranspiration and seed yield, including farming practices, climatic and soil conditions in the study area (Payero et al., 2005) and the characteristics of the varieties sowed. Irmak (2017) showed factors affecting water requirements of soybean vary depending on canopy characteristics, plant surface cover, variety/variety group, and susceptibility to pests



and diseases. All these details are variety-specific parameters. Each member of the list should be taken into account when comparing the ET results of soybean varieties of different origin. Evapotranspiration values of soybean depend on variety-specific biological traits, soil surface cover, crop maturity group and disease susceptibility (Irmak and Sharma 2015). Anda et al. (2020) investigated the effect of plant water stress on yield in modified compensatory evapotranspiration meters during the 2017 and 2018 growing seasons.

Considering the increasing crop area and climate change, the water requirements of soybeans are of primary importance to know. Our objective was to determine the evapotranspiration of soybean in the 2020 growing season in Keszthely, Hungary.

### **Material and method**

Our experiments were carried out at the Agrometeorological Station of the Department of Meteorology and Water Management of the Georgikon Faculty of the Hungarian University of Agriculture and Life Sciences (N 46°44'; E 17°14') (Figure 1). Two soybean varieties (Sinara and Sigalia) from Karintia Ltd. were sown in a 0.3 hectare plot of the station at a density of 40 plant/m<sup>2</sup>.



*Figure 1. The Agrometeorological Station at Keszthely, Hungary, the site of the experiments (Google Earth)*

Instrumentation of the station installed in the soybean canopy: two Ta+RH sensors placed 1 and 2 meters above the plant, 2D sonic wind gauge above the plant stand at 2 m, and an integrated soil thermometer rod. Radiation was measured with a Kipp & Zonen CMP11 albedo meter (Figure 2).



*Figure 2 Bowen-station and albedo meter in soybean in Keszthely, Hungary, in 2020*

*(G Soós)*

The hourly evapotranspiration was modelled using a modified dual source Bowen method (Massman, 1992; Burba et al., 1999). The basis was the net energy balance,  $R_n$  (the difference between shortwave and longwave radiation), which is the source of the energy-intensive processes in the reed stand. From the energy balance equation:

$$R_n - G = \lambda E + H \quad (1)$$

where: H: sensible heat flux,  $\lambda E$ : latent heat flux, G: ground heat flux.

Bowen ratio: expressed as the ratio of sensible (H) to latent heat fluxes ( $\lambda E$ ):

$$\beta = \gamma \frac{\Delta T}{\Delta e} \quad (2)$$

The latent heat flux:

$$\lambda E = \frac{R_n - G}{1 + \beta} \quad (3)$$

In our case, G is calculated from the change in soil temperature (Chung and Horton, 1987):

$$G = -\lambda \left( \frac{T_2 - T_s}{\Delta z} \right) + (T_s - T_1) * C \frac{\Delta z}{2\Delta t} \quad (4)$$

where  $\lambda$ : soil thermal conductivity (W m<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>),  $T_s$ : soil surface temperature (°C),  $T_1$ : soil surface temperature at the previous time (°C),  $T_2$ : soil temperature of layer 2 at the previous time (°C),  $z$ : soil depth (m),  $t$ : time interval (s).

The sensible heat flux (H):

$$H = \beta \frac{R_n - C}{1 + \beta} \quad (5)$$

The surface energy budget is ( $R_{ns}$ ):

$$R_{ns} = G_n - E_s - H_s \quad (6)$$

The energy budget of a given thickness of vegetation ( $R_{nv}$ ):

$$R_{nv} = \lambda E_v - H_v \quad (7)$$

where:  $\lambda E_v$ : vegetation latent heat flux,  $H_v$ : vegetation sensible heat flux.

The net radiation is the combined energy of the surface and the stand:

$$R_n = R_{ns} + R_{nv} \quad (8)$$

The sums of latent and sensible heat:

$$\lambda E = \lambda E_s + \lambda E_v \quad (9)$$

$$H = H_v + H_s \quad (10)$$

The surface net radiation is calculated from the Monsi-Saeki (1953) formula. The extinction coefficient ( $k$ ) is determined using digital image processing by weighing the incident radiation by the area ratio of sunlit and shadowed spots:

$$R_{ns} = (R_n) e^{-k \rho z} \quad (11)$$

Surface Bowen ratio, ( $\beta_s$ ) latent heat flux, and sensible heat flux are approximated as follows:

$$\beta_s = \frac{H_s}{\lambda E_s} \quad (12)$$

$$\lambda E_s = \frac{R_{ns} - C}{1 + \beta_s} \quad (13)$$

$$H_s = R_{ns} - G - \lambda E_s \quad (14)$$

$\beta_s$  is needed to calculate  $\lambda E_s$ ,  $H_s$ ,  $\lambda E_v$  and  $H_v$ . derived by Massman (1992), taking into account that in our case the resistance to surface water vapor transport is zero.

$$\beta_s = \frac{C_p \rho_a (T_{ws} - T_a) + \lambda (e_{Tws} - e_a)}{P - e_a} \quad (15)$$

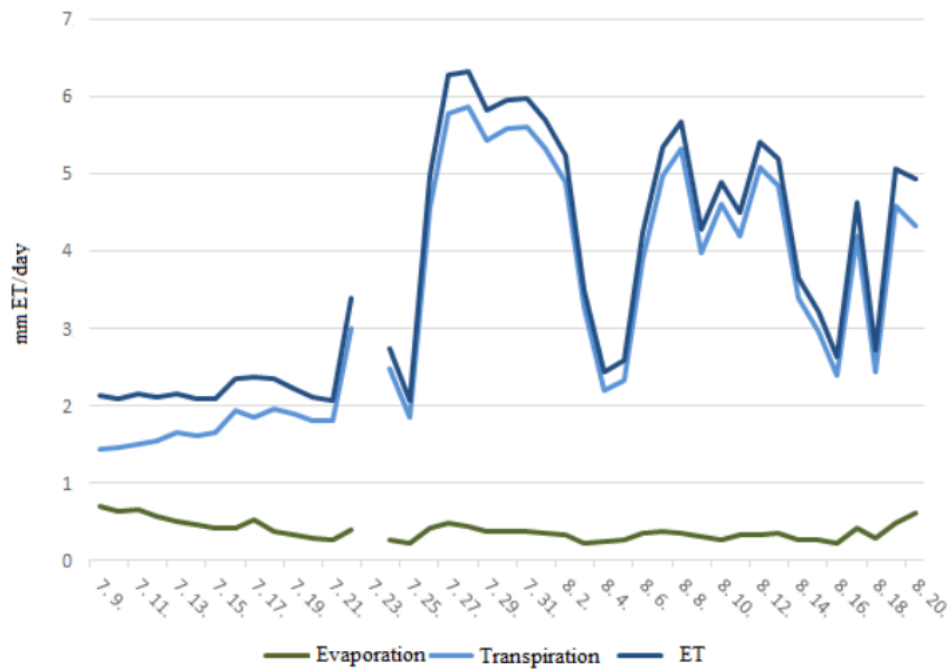
Where:  $\rho_a$ : wet air density,  $C_p$ : air heat capacity,  $T_{ws}$ : water surface temperature (measured),  $T_a$ : air temperature (measured),  $r_a$ : aerodynamic resistance,

$\lambda$ : latent heat capacity of vapour,  $\gamma$ : psychrometric constant,  $P$ : atmospheric pressure,  $e_{Tws}$ : surface vapour pressure (measured),  $e_a$ : above-canopy vapour pressure (measured).

Data were processed in MS Excel using the statistical tool Analysis ToolPak.

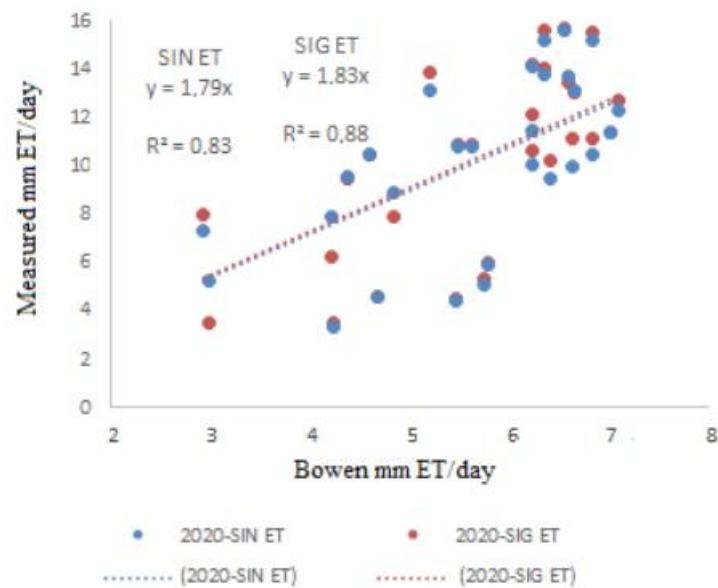
### Results and discussion

Ten-minute measurements were used to produce hourly and then daily totals. The model allows the separate calculation of evaporation and transpiration. The daily evapotranspirations of mature vegetation from 7 July to 20 August 2020 are shown in Figure 3. The low values in August can be explained by the rainy weather.



*Figure 3: Daily evapotranspiration of soybean canopy modelled with Bowen method in Keszthely, Hungary in 2020*

The actual daily evapotranspiration values measured in evapotranspirometers with "ad libitum" water supply were compared with the modelled daily evapotranspiration values obtained from Bowen-station in the plot. The results are shown in Figure 4.



*Figure 4. Correlation between daily ET measured in evapotranspirometer and modelled ET from Bowen method*

### Conclusions

The evapotranspiration modelled with Bowen method in the 2020 growing season is a state-of-the-art technique. A station installed in the inventory provides a relatively inexpensive tool for estimating the spatial evapotranspiration of field crops. For medium and large-scale irrigation farms, it would be an excellent option for improving the dynamic calculation of the water demand for irrigation.

### Acknowledgements

The author is greatly thankful for the financial support of Széchenyi 2020 under the GINOP-2.3.2-15-2016-00029.

### References

Anda, A., Soós, G., Menyhárt, L., Kucserka, T., Simon, B. 2020. Yield features of two soybean varieties under different water supplies and field conditions. *Field Crops Research* **245**. 107673. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107673>

Burba, G. G., Verma, S. B., Kim, J. 1999. Surface energy fluxes of *Phragmites australis* in a prairie wetland. *Agricultural and Forest Meteorology* **94**, 31–51.

[https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(99\)00007-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(99)00007-6)

INTERNET: A szója termesztéséről – gazdálkodóknak. <https://portal.nebih.gov.hu/-/a-szoja-termeszteserol-gazdalkodoknak> (2020.10.30, in Hungarian)

Irmak, S., Sharma, V. 2015. Large-scale and long-term trends and magnitudes in irrigated and rainfed maize and soybean water productivity: grain yield and evapotranspiration frequency, crop water use efficiency, and production functions. *Transactions of the ASABE* **58**(1), 103–120. <https://doi.org/10.13031/trans.58.10784>

Irmak, S. 2017. Evapotranspiration basics and estimating actual crop evapotranspiration from reference evapotranspiration and crop-specific coefficients. *Crop, Irrig. Eng Nebraska Extension*. <http://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/g1994.pdf>.

Massman, W. J. 1992. A surface energy balance method for partitioning evapotranspiration data into plant and soil components for a surface with partial canopy cover. *Water Resour. Res.* **28**(6), 1723–1732. <https://doi.org/10.1029/92WR00217>

Monsi, M., Saeki, T. 1953. Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Jpn. J. Bot* **14**, 22–52. (In German)

Payero, J. O., Melvin, S. R., Irmak, S. 2005. Response of soybean to deficit irrigation in the semi-arid environment of West-Central Nebraska. *Trans. ASAE Am. Soc. Agric. Eng.* **48**, 2189–2203. <https://doi.org/10.13031/2013.20105>

Sang-Ok, C., Horton, R. 1987. Soil heat and water flow with a partial surface mulch. *Water Resources Research* **23**(12), 2175–2186. <https://doi.org/10.1029/WR023i012p02175>



# AGROFORESTRY: A POSSIBLE RESPONSE TO THE CHALLENGES OF CLIMATE EXTREMES

*Dorottya Szám<sup>1</sup> – Zsolt Hetesi<sup>2\*</sup> – László Mrekva<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>MATE Georgikon Campus (Keszthely, Hungary)*

*<sup>2</sup>NKE, Faculty of Water Sciences (Baja, Hungary)*

*\*Corresponding author, [hetesi.zsolt@uni-nke.hu](mailto:hetesi.zsolt@uni-nke.hu)*

## Abstract

The available climate data series from Hungary also indicate a higher frequency of extreme events and water scarcity as well. Adaptation in the field of agriculture requires the use of new technologies and a review of familiar practices. The present technology used in crop production gives optimal results with a broadly uniform rainfall distribution; it needs to be modified and improved. This paper examines the technology of agroforestry systems and its application in a small-scale experiment.

**Keywords:** climate extremes, crop production, agroforestry, small-scale experiment

## Összefoglalás

A Magyarország esetén álló éghajlati adatsorok a szélsőséges események és a vízhiány gyakoribb előfordulását jelzik. Az alkalmazkodás a mezőgazdaság területén új technológiák alkalmazását és a megszokott gyakorlatok felülvizsgálatát igényli. A növénytermesztésben jelenleg alkalmazott technológia egy nagyjából egyenletes csapadékeloszlás mellett ad

optimális eredményt, módosításra és fejlesztésre szorul. Ez a tanulmány az agrár-erdészeti rendszerek technológiáját és annak alkalmazását vizsgálja egy kisléptékű kísérletben.

**Kulcsszavak:** éghajlati szélsőségek, növénytermesztés, agroerdészet, kisléptékű kísérlet

### Introduction

The effects of climate change are felt not only over many years, but also on shorter time scales and smaller spatial scales, in the weather, which directly affects agriculture (Mann et al 2018). Looking at our country, we see that the climate of the Carpathian Basin is becoming warmer, while extremes are increasing. The annual distribution and intensity of precipitation is also changing in an unfavourable direction. The frequency of summer heat waves is increasing, and the likelihood of heat stress and sudden temperature changes with it. The common feature of these processes is therefore a quasi-systemic oscillation, i.e. a disruption of the previous dynamic equilibrium and an increase in extremes. This affects temperature (both extremes can be typical, so be prepared for both significant frost damage and extreme heat), precipitation, and other climate phenomena (e.g. extremes of wind speed, hail). It is difficult to prepare for extremes in daily temperature changes, rainfall, frost, or even the increased number of hot days - to call just a few of the less known effects of climate change. In addition, these phenomena cannot be reliably predicted. For more, see Kiss et al. (2019) or Fischer & Knutti (2015).

Green infrastructure methods may improve or restore the water retention capacity of natural and artificial (urban) areas, facilitate the use of rainwater in the natural environment [...] adapting to the impacts of climate change (Mrekva, 2017). The latter means turning to practices that naturally compensate for weather extremes and are designed to incorporate more ecological elements than currently used. An agroforestry system is the combination of arable land and forestry in a spatial sense. An agroforestry system is the combination of arable and forestry cultivation on the same land. It corresponds to the concept of green infrastructure in the above

sense and its establishment can reduce the effects of climatic extremes on arable and pasture farming. The sample agroforestry system under study is located in the South Transdanubian region, covering an area of about 8 hectares. The results of the experiment confirmed the positive effects of agroforestry.

### **Material and method Part 1: the climate challenge**

One of the most obvious, well-known signs and indicators of climate change is the rise in global average temperatures. However, this warming is not uniformly distributed across the globe, with the higher latitudes of the northern hemisphere and the Arctic warming faster. This also affects Europe, which is warming faster than the global average: the annual mean temperature in continental areas was 1.7–1.9 °C higher than in the preindustrial period between 2011 and 2020 (EEA, 2021). According to the IPCC (UN Intergovernmental Panel on Climate Change), the warming climate is causing a shift in the temperature distribution, with cold extremes becoming less and warm extremes more frequent (IPCC, 2012). This is also the case in Hungary, as can be inferred from OMSZ (Hungarian Meteorological Service) measurements of extremely hot and cold days. There is a more significant change since the 1980s, with a decreasing trend in the number of extremely cold days (daily minimum temperature below zero degrees Celsius) and an increasing trend in the number of hot days (daily maximum temperature above 35 degrees Celsius). As it was shown by Kiss et al (2019) shown, average temperatures in local weather data for Hungary are increasing faster than linear, and the probability of extreme events has already been shown to increase significantly. The OMSZ also measured the number of heat wave days (when the daily mean temperature is higher than 25 degrees Celsius) in a spatial context, with the increase mainly affecting the Central Hungary and Southern Great Plain regions.

Climate change also leads to changes in precipitation. These changes are mainly reflected in the spatial distribution of precipitation, rather than in total precipitation: the wet parts of Europe tend to be more rainy and the dry regions tend to be drier. In the case of Hungary, annual precipitation shows considerable variability. (Lakatos et al. 2022).

### **Material and Method Part 2: introducing the site**

The agro-forestry system under study is located in the district of Dombóvár, in the municipality of Döbrököz, in the watershed area of the Kapos, south of the river, in the landscape unit of the Somogy-Tolna hills called Völgység. The area of the scheme is 7,06 ha, of which 1,65 ha is forest area divided into 4 forest strips, 1,65 ha is pastureland, the rest is vineyard, orchard and farm buildings.

The soil type of the area is slightly acidic sandy soil at an altitude of between 200 and 226 m above sea level. Soil analysis results show that the soil on the site has a humus content of between 0,7 and 1,2 %, poorly bound and poorly supplied with nutrients.

The development of the agroforestry system is a combination of the subdivision of the land in the context of the development of the enclosed gardens, the ageing of the former owners' estate of Döbrököz and the popular and widespread planting of acacia trees in the area in the 1990s.

The thinning of the acacia plantations on the north-south facing plots was started by the new owners, and the strips were converted into mixed forest strips, leaving the occasional saplings of walnut, oak, other fruit trees, etc.

The orientation of the forest strips is mostly north-south, and as a legacy of the enclosure gardens, their east-west extent is narrow. Experience shows that this has a positive effect on both water supply and conservation of moisture. While in the early morning the forest strips act as a vapour trap, and the shading effect prevents the fields between the strips from heating up

rapidly during the day, the midday sun shines into the strips, and the shading effect disappears, but returns to the afternoon, reducing the potential for heat stress.

### **Results**

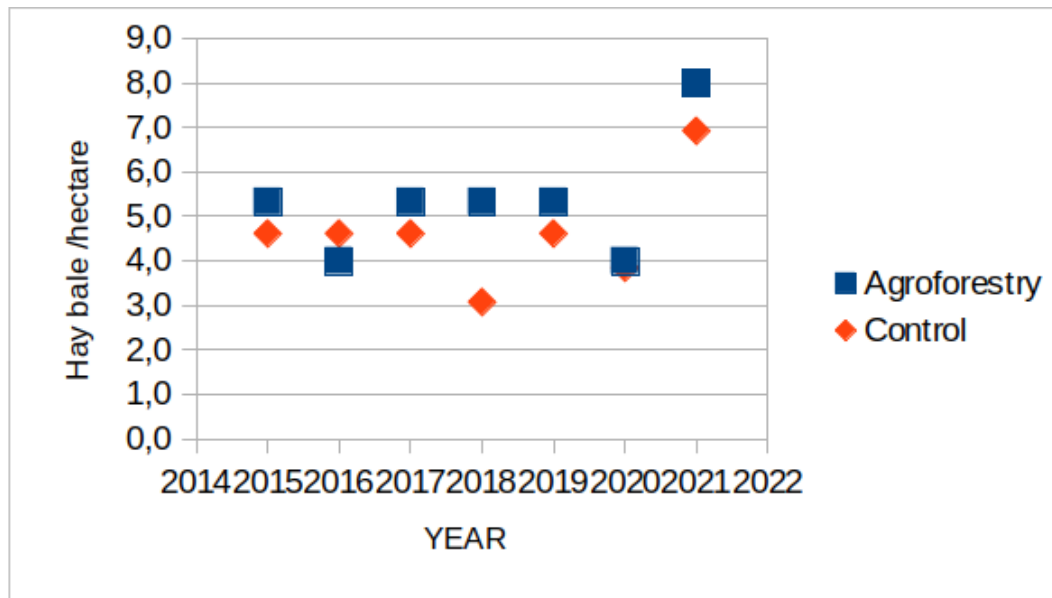
It was found that, similar to the wind shading effect of the bands, the beneficial phenomena were present in the band 3-4 times the width of the forest band, so that the true shade and wind shade adjacent to the bands provided an excess of moisture that was reflected in the size and maturation of the grass/plant.

1. Increasing average temperature. This phenomenon has a negative effect mainly in the summer months, when the weather is warmer and often drier. In later crops (soybean, maize) or in the production of charcoal, dry, warmer weather leads to heat stress and reduced yields. The shading effect of agroforestry systems reduces heat stress. With a north-south orientation, shade is cast on the interspersed field in the morning and afternoon.

2. Rainfall is reduced during the growing season. In utilizing precipitation outside the main growing season, the soil and narrower surroundings of a field protection forest strip with both grassland, shrub and canopy cover have higher groundwater levels and a vapour trap effect that is beneficial for water retention.

In terms of yields, data from the agroforestry system and a control area with similar conditions but without a forest belt are presented, based on the author's measurements. Both the agroforestry system and the control area are sown with a grass mixture, have a surface area of 0.7 ha and both have a low quality (in a hungarian measure, golden crown, AK it is 19). The reference area is 1.4 ha and is the most similar to the study area in terms of soil, both being loamy sandy soils, with part of the study area containing siliceous layers close to the soil surface. Here, even continued grassland management is unfavourable. Despite these drawbacks,

the yield per hectare of the study area is almost always higher than that of the control (Figureure 1)



*Figureure 1 Yield of agroforestry pastureland vs control area*

### Conclusion

The agroforestry system has the potential to mitigate the adverse effects of fluctuations in rainfall distribution and quantity due to climate change. The additional yields are mainly due to the retained moisture and the shading effect of the borders. If the aim is to better conserve moisture in extreme weather conditions, agroforestry can definitely be a viable option.

### References

European Environment Agency: Trends and Projections in Europe 2021

<https://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-projections-in-europe-2021>

Fischer, E., Knutti, R. 2015. Anthropogenic contribution to global occurrence of heavy-precipitation and high-temperature extremes. *Nature Clim Change* **5**, 560–564.

<https://doi.org/10.1038/nclimate2617>

Kiss T, Hetesi Zs. Füzi T. 2019. Az átlaghőmérséklet és a csapadékmennyiség alakulása Mosonmagyaróváron. *Statisztikai Szemle* **97**. 568–593.

Lakatos, M., Bihari, Z., Izsák, B., Marton, A., Szentes, O. 2022. Globális és hazai megfigyelt éghajlati trendek. *Agrofórum*, 2022/22. pp. 16–21. (in Hungarian)

Mann, M. E., Rahmstorf, S., Kornhuber, K., Steinman, B. A., Miller, S. K., Petri, S., Coumou, D. 2018. Projected changes in persistent extreme summer weather events: The role of quasi-resonant amplification. *Sci Adv.* **4**(10). eaat3272. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat3272>

Mrekva, L. 2017. A zöldinfrastruktúrák szerepe a csapadékvíz-gazdálkodásban és a városi területek lefolyásszabályozásában, I. Országos Települési Csapadékvíz-gazdálkodási Konferencia, Település és lakosságvédelem szekció. Konferencia tanulmánykötet, Dialóg Campus Kiadó, pp. 131. (in Hungarian)

## Instructions to Authors

The aim of *Georgikon for Agriculture* is to publish original papers in all fields of agriculture and related topics. They may include new scientific results, short communications, critical review articles, conference reviews and letters to the Editor.

Manuscripts should be sent in English **electronically** ([anda.angela@uni-mate.hu](mailto:anda.angela@uni-mate.hu) and [simon.gaspar.brigitta@uni-mate.hu](mailto:simon.gaspar.brigitta@uni-mate.hu)).

Manuscripts are anonymously reviewed, and if necessary returned to the authors for correction. Proofs should be checked and returned to the Editor within 48 hours after receipt. Publishing in the Journal is free of charge.

The manuscript should be in double spaced typing in justified alignment using Times New Roman fonts, 12 pt character size except for the title, name and affiliation block. The manuscript length should not exceed 16 printed pages including tables and Figures. Metric (SI) symbols should be used. Main section names (*Abstract, Összefoglalás, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, References, Acknowledgement* if applicable, *Tables and Figures*) should be aligned to the centre in italic bold 12 pt size characters. Minor headings are set in italic type, aligned at the left. Leave one blank line between sections.

**Title:** Should be short, compact and relevant, expressing the contents of the work. The recommended limit is 12 words. Type title of the paper in centred bold capital letters, in 16 pt size characters aligned to the centre of the line.

**Author(s) name(s):** Leave one blank line before the name- and affiliation block. Please give the whole name of all author(s) and address(es). In the case of two or more authors, the author's names should be followed by numbering in the upper case to separate their addresses. An asterisk (\*) follows the corresponding author's name. Provide E-mail address for the correspondent author. Name and affiliation should be typed using centred alignment, italic 14 pt size characters followed by one blank line.



**Abstract:** The title should be followed by an Abstract, containing the scope of the work and the principal findings in fewer than 200 words. Leave one blank line after the abstract and give maximum 5 to 8 keywords.

**Összefoglalás:** The keywords should be followed by a summary, written in Hungarian, entitled - Összefoglalás - not longer than 300 words.

**Introduction:** This part should state briefly the nature and purpose of the work and cite recent important research results in the area. References should be cited as follows: ...as observed by Hatfield and Idso (1997); or in parentheses: ....were found (Hatfield et al., 1998; Jackson and Hatfield, 1997).

When referring to several papers published in the same year by the same author, the year of publication should be followed by letters a,b,c etc. Cite only essential references.

**Materials and methods:** should contain the precise description of materials, methods, equipments, experimental procedure and statistical methods used, in sufficient detail.

**Results:** This part of the paper should present the experimental data clearly and concisely together with the relevant tables and Figures.

**Discussion:** This part should focus on the interpretation of the experimental findings, contain the conclusions drawn from the results, discussing them with respect to the relevant literature.

**Acknowledgement:** grants and various kinds of assistance may be mentioned here.

**References:** The list of references should be arranged alphabetically by the authors surnames. Make sure that all references in the paper are listed in this part and vice versa. If necessary cite papers not published yet as 'unpublished data' or 'pers.com.'.

The reference in the case of journal papers should contain: name(s) and initials of all author(s), year of publication, title of article, name of journal, volume number and pages. Use italic letters for the journal name and bold letters for volume number. E.g. Bauer, P.J., Frederick, R.J.,

Bradow, E.J., Sadler, E.J. and Evans, D.E. 2000. Canopy photosynthesis and fiber properties of normal- and late-planted cotton. *Agronomy Journal*. **92**. 518–523.

Reference for books should contain name(s) of author(s), year of publication, title of the book, publisher, place of publication and pages. E.g. Storch, H. von. and Flöser, G. 2000. Models in Environmental Research. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, 152-158.

Example of a reference for chapter in a proceedings volume: Cagirgan, M.J., and C. Toker. 1996. Path-coefficient analysis for grain yield and related characters under semiarid conditions in barley. p: 607-609. *In* A. Slinkard et al. (ed) Proc. Int. Oat Conf., 5<sup>th</sup> Int. Barley Genet. Symp., 7<sup>th</sup> Vol. 2. Univ. of Saskatchewan Ext. Press, Saskatoon, Canada.

**Figureures:** Number the Figureures in Arabic numerals. The title should be short, but expressive. Figureures, diagrams and photographs should be embedded to the text. The title of the Figureure should be be aligned to the centre in italic 10 pt size characters under the Figureures.

**Tables:** The same rules are valid for Figureures and tables. Use tabs instead of spaces or hard returns when setting up columns. In tables do not use vertical lines. Avoid excessive number of digits in the body of the table. Refer to each table in the text. The title of the tables should be aligned to the centre in italic 10 pt size characters above the tables.

More information on publication may be obtained from the Editorial Office:

Dr. habil Angela Anda

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Georgikon Campus

Tel: +36 83/545-149

E-mail: [anda.angela@uni-mate.hu](mailto:anda.angela@uni-mate.hu); [anda@keszthelynet.hu](mailto:anda@keszthelynet.hu)



A MULTIDISCIPLINARY  
JOURNAL IN AGRICULTURAL  
SCIENCES

**Volume 26**

**2022**

**Number 2**

## **CONTENT – TARTALOMJEGYZÉK**

### **CITIZEN SCIENCE SURVEY OF THE SNAKE'S HEAD FRITILLARY (*FRITILLARIA MELEAGRIS*) IN THE VALLEY OF THE RIVER ZALA IN HUNGARY**

Előd Búzás, Judit Bódis, Bence Fülöp, Bálint Pacsai 2

### **STUDY ON THE PAYBACK OF VINEYARD PLANTATION**

Péter Szabó, Adrienn Soós, Angéla Szanati, Mihály Veszélka 14

### **ASSESSMENT OF INTERREGIONAL GENERALISABILITY OF CONSERVATION MANAGEMENT EXPERIMENTS ON *MOLINIA* MEADOWS**

Bence Fülöp, Bálint Pacsai, Judit Bódis 31

### **A KLÍMAVÁLTOZÁS KÁROS HATÁSA A SZŐLŐRE (IRODALMI KITEKINTÉS)**

Knolmajer Bence 44

### **BAROMFITRÁGYA ALAPÚ KOMPOSZT SZUSZPENZIÓ HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA KÁPOSZTA (*BRASSICA OLERACEA* L. CONVAR. *CAPITATA* PROVAR. *CAPITATA DUTCH*) TESZTNÖVÉNNYEL**

Edit Gorliczay, Nikolett Éva Kiss, Attila Nagy, János Tamás 66

**A MŰTRÁGYÁK SZERVES TRÁGYÁVAL TÖRTÉNOŐ  
HELYETTESÍTHETŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA KÖRNYEZETVÉDELMI  
ASPEKTUSBÓL AZ ELŐÁLLÍTÁSUK ALAPJÁN**

Nikolett Éva Kiss, János Tamás, Attila Nagy

87

**ESTIMATION OF AREAL EVAPOTRANSPIRATION IN SOYBEAN CANOPY  
USING THE BOWEN METHOD**

Gábor Soós

110

**AGROFORESTRY: A POSSIBLE RESPONSE TO THE CHALLENGES OF  
CLIMATE EXTREMES**

Dorottya Szám, Zsolt Hetesi, László Mrekva

120