

PRECÍZIÓS TECHNOLÓGIÁK ALKALMAZÁSA A GYEPGAZDÁLKODÁSBAN

APPLICATION OF PRECISION TECHNOLOGIES IN LAWN MANAGEMENT

Kiss Tímea¹ ORCID:0009-0001-3234-6132 *

¹ Kertészeti Tanszék, Kertészeti és Vidékfejlesztési Kar, Neumann János Egyetem, Magyarország
<https://doi.org/10.47833/2024.1.AGR.002>

Kulcsszavak:

precíziós technológiák
gyepgazdálkodás
fenntarthatóság
környezetvédelem
gazdaságosság

Keywords:

precision technologies
lawn management
sustainability
environmental protection
economic sharing

Cikktörténet:

Beérkezett 2023. november 23.
Átdolgozva 2024. január 24.
Elfogadva 2024. január 30.

Összefoglalás

A precíziós technológiák, így a precíziós gyepgazdálkodás is hozzájárul a fenntartható mezőgazdaság előmozdításához, csökkentve a környezeti terhelést és növelve a termelékenységet. Ezek az innovációk kulcsfontosságúak ahhoz, hogy a mezőgazdaság képes legyen kielégíteni a növekvő világ lakosságának élelmiszerigényét fenntartható módon.

Abstract

Precision technologies, such as precision turf management, contribute to the promotion of sustainable agriculture, reducing the environmental burden and increasing productivity. These innovations are crucial for agriculture to be able to sustainably meet the food needs of a growing world population.

1. Bevezetés

A precíziós technológiák forradalmi előnyt jelentenek a mezőgazdaságban, lehetővé téve a gazdálkodók számára, hogy pontosabban és hatékonyabban műveljék a mezőgazdasági területeiket. A precíziós technológiáknak számos előnye van a mezőgazdaságban. Lehetővé teszik a gazdálkodók számára, hogy jobban megértsék mezőgazdasági területeiket és növényeik állapotát. Ez biztosíthatja a pontosabb vetést, tápanyagutánpótlást és növényvédelmet, ami megnöveli a terméshozamot és csökkenti a veszteségeket. A szenzorok és drónok segítségével gyűjtött adatok lehetővé teszik a gazdálkodók számára, hogy részletesebb információkat szerezzenek a területükről. Ez segít az időbeni döntéshozatalban és a problémák korai felismerésében. A precíziós öntözés lehetővé teszi a gazdálkodók számára, hogy pontosan meghatározzák, mikor és mennyit öntözzenek, csökkentve ezzel a vízfogyasztást és a környezeti terhelést. A pontosabb növényvédelem és tápanyagutánpótlás lehetővé teszi a vegyszerek hatékonyabb felhasználását, csökkentve a környezeti terhelést és a költségeket. Az automatizált rendszerek és robotok segítségével csökkenthető a kézi munkaerőigény, így a gazdálkodók hatékonyabban tudnak dolgozni [1] [2] [3].

A precíziós mezőgazdaság, amelyet nevezhetünk precíziós gazdálkodásnak vagy intelligens gazdálkodásnak, a mezőgazdasági gazdálkodás modern megközelítése, amely a technológiát és az adatvezérelt döntéshozatalt kihasználja az erőforrások optimalizálása, a környezeti hatások csökkentése és a termelékenység növelése érdekében. Míg a precíziós mezőgazdaságot

* Kiss Tímea
E-mail cím: kiss.timea@nje.hu

hagyományosan a növénytermesztéssel társították, elvei hatékonyan alkalmazhatók a gyeperes és legelőgazdálkodásban, ami jelentős előnyöket kínál a fenntarthatóság, a hatékonyság és a beruházások gazdasági megtérülése tekintetében.

A precíziós gyepterjesztési technológiák fejlesztése létfontosságú a legelő alapú állattenyésztési rendszerek jövőbeni fenntarthatóságának biztosításában. A legelők mennyiségének és minőségének pontosabb mérése révén fenntartható módon lehet növelni a gyepterjesztést. A precíziós gyepterjesztés egyik fő akadály, a gyepter heterogenitása. A hagyományos mérési technikáknak számos akadály van, azonban már léteznek alternatív és új földi, proximális és távérzékelési technológiák [4] [5].

2. A precíziós technológiák jelentősége a gyepterjesztésben

A legelő alapú állattenyésztésnek jelentős szerepe van az élelmiszertermelés környezeti szempontból fenntartható módon történő növelésében. Az elmúlt évtizedekben 30%-kal csökkent az európai legelők felhasználása [6]. A termelési hatékonyság és a takarmányszabályozás megnövekedett szintje miatt a zárt alapú rendszerekkel érhető el az elvárt termelési szint, ahol az állatokat zárt térben etetik.

Ezzel szemben a megfelelő éghajlaton működő legelő alapú rendszerek gazdaságilag és környezetileg fenntarthatóbbak lehetnek [7] [8], mint a zárt rendszerek. A legelő alapú rendszereket azonban hátráltatja a gyepek térbeli és időbeli heterogenitása miatt csökkent takarmányszabályozhatóság. A legelőkon belül legeltethető fűvek mennyisége jelentősen változhat a szelektív legelés, a trágyázás és a gyepter morfológiájának szezonális változásai miatt, ami megnehezíti a precíziós technikák alkalmazásának lehetőségét [9] [10].

Az európai gazdálkodók egyre inkább alkalmazzák a fejlett technológiákat a precíziós mezőgazdaságban. Ez magában foglalja a drónok használatát a légi felmérésekhez, a műholdfelvételeket a termésfigyeléshez, és az IoT (Internet of Things) eszközöket a valós idejű adatgyűjtéshez. Ezek a technológiák lehetővé teszik a gazdálkodók számára, hogy adatvezérelt döntéseket hozzanak, javítsák az erőforrás-gazdálkodást és növeljék a terméshozamot.

Európa nagy hangsúlyt fektetett a fenntarthatóságra és a környezetvédelemre. A precíziós mezőgazdaság ezekhez a célokhoz igazodik azáltal, hogy lehetővé teszi a műtrágyák és peszticidek pontos kijuttatását, csökkenti a vegyszerhasználatot és minimalizálja a talajeróziót. A fenntartható mezőgazdasági gyakorlatok nemcsak ökológiailag felelősek, hanem gazdaságilag is előnyösek, mivel gyakran költségmegtakarítást eredményeznek [9] [10].

Az adatintegráció a precíziós mezőgazdaság kulcsfontosságú területe Európában. Az EU közös agrárpolitikája (KAP) megnövekedett kereslethez vezetett a mezőgazdasági érdekelt felek között az adatmegosztás és az interoperabilitás iránt. Ez a trend elősegíti a digitális platformok és mezőgazdasági menedzsment szoftverek fejlesztését, amelyek lehetővé teszik a gazdálkodók számára az adatok zökkenőmentes elérését és megosztását [9] [10].

Számos európai ország biztosított finanszírozást a precíziós mezőgazdaság elterjedésének támogatására. Ez magában foglalja a precíziós mezőgazdasági berendezések beszerzésének támogatását, a kutatás és innováció előmozdítását, valamint a fenntartható mezőgazdasági gyakorlatok ösztönzését. Az ilyen politikák célja a technológiai fejlődés és a fenntarthatóság előmozdítása a mezőgazdasági ágazatban [11].

2.1. Precíziós mezőgazdasági technológiák a gyepter- és legelőgazdálkodásban

Talaj- és termésfigyelés

A precíziós mezőgazdaság valós idejű adatgyűjtésre és elemzésre támaszkodik, hogy megalapozott döntéseket hozzon. A gyepter- és legelőgazdálkodásban a talajérzékelők és a távérzékelési technológiák döntő szerepet játszanak. Ezek az érzékelők különféle talajparamétereket mérnek, például nedvességtartalmat, tápanyagszintet és pH-t, így alapvető információkat szolgáltatnak a műtrágya kijuttatásának és az öntözés ütemezésének optimalizálásához [12] [13] [14].

1. Táblázat: Talajérzékelő adatok legelőgazdálkodáshoz

Paraméter	Átlagos érték (optimális tartomány)	Ajánlott beavatkozás
Nedvességtartalom	22% (20-25%)	Öntözés beütemezése
Nitrogénszint	40 kg/ha (45-55 kg/ha)	Nitrogén műtrágya alkalmazása
pH	6.2 (6.0-6.5)	Talaj pH beállítása

Precíziós öntözés

A hatékony vízgazdálkodás kritikus fontosságú a gyep- és legelőgazdálkodásban, különösen az aszálynak kitett régiókban. A precíziós öntözőrendszerek talajérzékelőkből, időjárás-előrejelzésekből és növénynövekedési modellekből származó adatokat használnak fel, hogy a megfelelő mennyiségű vizet a megfelelő időben juttassák ki. Ez minimálisra csökkenti a vízpazarlást és biztosítja az optimális fűnövekedést.



1. ábra. NDMI alapú vegetációs térkép precíziós öntözéstervezéshez. (eos.com)

Precíziós műtrágyázás

A precíziós mezőgazdaság lehetővé teszi a tápanyag precíz kijuttatását, csökkentve a túlzott felhasználást és a víztestekbe való kifolyást. A talaj tápanyagszintjének és növény-egészségügyi adatainak elemzésével a gazdálkodók testre szabhatják a műtrágyázási programokat gyepük és legelőik speciális igényeinek megfelelően [15] [16].

2. Műtrágya kijuttatási hatékonyság

Műtrágya típusa	Hagyományos módszer (kg/ha)	Precíziós mezőgazdaság (kg/ha)	Megtakarítás (%)
Nitrogén	100	60	40
Foszfor	80	50	37,5
Kálium	70	45	35,7

Gazdasági megtérülési időszak

A precíziós mezőgazdaság gyep- és legelőgazdálkodásban történő megvalósításának megtérülési ideje olyan tényezőktől függően változik, mint a gazdaság nagysága, a kezdeti beruházás és az elért költségmegtakarítás. Azonban általánosságban elmondható, hogy sok gazdálkodó és vállalkozás számíthat arra, hogy 1-3 éven belül megtérül befektetése [17] [18].

2.2. Kihívások és aggodalmak

A gazdálkodók számára az egyik elsődleges kihívás a precíziós mezőgazdasági technológiákhoz szükséges *magas kezdeti beruházás*. Az olyan berendezések beszerzése, mint a GPS-vezérelt traktorok, érzékelők és adatkezelő rendszerek, költséges lehet. Azonban a lehetséges hosszú távú előnyök, beleértve a megnövekedett hatékonyságot és a csökkentett ráfordítási költségeket, gyakran indokolják a beruházást.

Az adatmegosztás egyre elterjedtebbé válásával az *adatvédelemmel és -biztonsággal* kapcsolatos aggodalmak nőttek. A gazdálkodók óvakodnak attól, hogy megosszák az érzékeny mezőgazdasági adatokat külső szolgáltatókkal vagy kormányzati szervekkel. Ezen aggodalmak kezelése kulcsfontosságú a precíziós mezőgazdasági ökoszisztémán belüli bizalom megőrzéséhez.

A precíziós mezőgazdaság elterjedése nem egységes Európa-szerte. A vidéki területeken hiányozhat a szükséges *digitális infrastruktúra*, beleértve a nagy sebességű internet-hozzáférést is, ami hátráltatja a fejlett technológiák megvalósítását. E digitális szakadék áthidalása elengedhetetlen a precíziós mezőgazdaság előnyeire való méltányos hozzáférés biztosításához.

A precíziós mezőgazdaság *szabályozási környezete* Európában összetett, és országonként eltérő. A szabályozás EU-szerte történő harmonizálása leegyszerűsítheti a gazdálkodók megfelelését és elősegítheti az innovációt. Emellett létfontosságú annak biztosítása, hogy a szabályozás összhangban álljon a fenntarthatósági célokkal [19].

2.3. Lehetőségek és jövőbeli kilátások

A precíziós mezőgazdaság jó helyzetben van ahhoz, hogy segítse Európát az éghajlatváltozással kapcsolatos kihívások kezelésében. Az erőforrás-felhasználás optimalizálásával, az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésével és a fenntartható gyakorlatok előmozdításával hozzájárul az *éghajlatváltozás mérséklésére* és az alkalmazkodásra irányuló erőfeszítésekhez.

A precíziós mezőgazdasági technológiák által generált rengeteg adat lehetőséget kínál a prediktív analitikai és gépi tanulási alkalmazások számára. Ezek értékes betekintést nyújthatnak a termés egészségi állapotába, a hozam előrejelzésébe és a kártevők elleni védekezésbe, végső soron javítva a gazdaság általános termelékenységét.

A gazdálkodók, mezőgazdasági szervezetek, kutatóintézetek és technológiai cégek együttműködése elengedhetetlen a precíziós mezőgazdaság fejlesztéséhez. A *tudásmegosztás* és a partnerségek felgyorsíthatják az innovációt, és ösztönözhetik az európai gazdálkodási feltételekre szabott megoldások kidolgozását [20].

A precíziós mezőgazdaság az erőforrás-felhasználás optimalizálásával és a hulladék csökkentésével hozzájárulhat a körforgásos gazdaság modelljeinek fejlesztéséhez a mezőgazdaságban. Támogathatja a fenntartható ellátási láncok létrehozását is, biztosítva, hogy az élelmiszertermelés környezeti és gazdasági szempontból életképes maradjon [21] [22].

A precíziós technológiák lehetővé teszik a gazdálkodók számára a műtrágyák, peszticidek és gyomirtó szerek pontosabb és megfelelő időben történő kijuttatását. Ez a célzott megközelítés minimalizálja a vegyszerek túlzott használatát, csökkentve a talaj- és vízszennyeződés kockázatát. Ennek eredményeként a precíziós mezőgazdaság segít megvédeni az ökoszisztémákat és a vízi környezetet.

A precíziós mezőgazdaság jobb talajgazdálkodást tesz lehetővé azáltal, hogy optimalizálja az olyan tényezőket, mint a talaj pH-ja, tápanyagszintje és nedvességtartalma. A talaj egészségének javulása megnövekedett tápanyag-hatékonysághoz, csökkent erózióhoz és fokozott talajszerkezethez vezet, ami kulcsfontosságú a hosszú távú fenntarthatóság szempontjából.

A szántóföldi műveletek és az erőforrás-felhasználás optimalizálásával a precíziós technológiák segíthetnek csökkenteni a mezőgazdasághoz kapcsolódó üvegházhatású gázok kibocsátását. A kevesebb traktorút, a hatékony öntözés és a csökkentett vegyszerhasználat egyaránt hozzájárul a mezőgazdaságban az alacsonyabb szénlábnomhoz [23].

Az adatokkal és érzékelőkkel vezérelt precíziós öntözőrendszerek jelentősen csökkentik a vízpazarlást. Pontosan oda juttatják a vizet, ahol szükség van rá, megakadályozva a túlöntözést és csökkentve a vízkészletekre nehezedő nyomást. Ez különösen fontos a vízhiánnyal küzdő régiókban.

A precíziós mezőgazdasági gyakorlatok, amelyek minimálisra csökkentik a természetes élőhelyek zavarását és csökkentik a vegyi anyagok lefolyását, támogathatják a biológiai sokféleség megőrzését. A precíziós technológiák a mezőgazdaság vadvilágra és ökoszisztémára gyakorolt negatív hatásainak mérséklésével hozzájárulnak a kiegyensúlyozott környezet fenntartásához [19].

2.4. A precíziós technológiák gazdasági előnyei

A precíziós mezőgazdaság az erőforrás-felhasználás optimalizálásával javítja a gazdaságok hatékonyságát. Ez alacsonyabb munkaerőköltségekhez, kevesebb hulladékhoz és magasabb hozamhoz vezethet. A GPS-vezérelt traktorok és gépek például pontosabb ültetést és betakarítást tesznek lehetővé, így időt és üzemanyagot takarítanak meg.

Noha van kezdeti beruházás a precíziós technológiákba, sok gazdálkodó tapasztal hosszú távú költségmegtakarítást. A csökkentett vegyszer- és műtrágyafelhasználás, az alacsonyabb energiafogyasztás és az alacsonyabb vízköltségek mind hozzájárulnak az alacsonyabb termelési költségekhez.

A precíziós technológiák segítenek a gazdálkodóknak adatvezérelt döntések meghozatalában, ami jobb termésgazdálkodást eredményez. Ez gyakran megnövekedett hozamot és jobb minőségű termést eredményez, ami magasabb árakat eredményezhet a piacon.

A valós idejű adatok és a prediktív elemzések biztosításával a precíziós technológiák lehetővé teszik a gazdálkodók számára, hogy előre jelezzék és enyhítsék a lehetséges problémákat, például a betegségek kitörését vagy a kedvezőtlen időjárási eseményeket. Ez a kockázatsökkentés megvédheti a terméshozamokat és a pénzügyi stabilitást.

A fogyasztók és a piacok egyre inkább értékelik a fenntartható módon előállított mezőgazdasági termékeket. Azok a gazdálkodók, akik precíziós mezőgazdaságot alkalmaznak, és környezetbarát gyakorlatot tudnak felmutatni, termékeikért prémiumot kaphatnak [20] [21] [22].

3. Következtetés

Ez az elemzés áttekintést ad a precíziós mezőgazdaság aktuális helyzetéről Európában, rávilágítva a trendekre, kihívásokra, lehetőségekre és a fenntartható mezőgazdaságra gyakorolt szélesebb körű következményekre a régióban.

A precíziós mezőgazdasági technológiák jelentős előnyöket kínálnak a gyep- és legelőgazdálkodásban az erőforrás-felhasználás optimalizálásával, a költségek csökkentésével és a környezeti hatások minimalizálásával. Valós példák illusztrálják ezeknek a technikáknak a gyakorlatiasságát, a megtérülési idő gyakran néhány éven belül megtörténik. Ahogy a technológia folyamatosan fejlődik, a precíziós mezőgazdaság elterjedése ebben az összefüggésben valószínűleg növekedni fog, elősegítve a fenntartható és hatékony gyep- és legelőgazdálkodási gyakorlatokat.

A precíziós mezőgazdaság a mezőgazdasági innováció élvonalába tartozik Európában. Elfogadását a fenntarthatóság iránti elkötelezettség, az adatvezérelt döntéshozatal, valamint a szakpolitikák és finanszírozási kezdeményezések által nyújtott támogatás vezérli. Míg a költségekkel, az adatvédelemmel és a szabályozással kapcsolatos kihívások továbbra is fennállnak, jelentősek a lehetőségek a hatékonyság növelésére, a környezeti hatások csökkentésére és a mezőgazdasági rugalmasság fokozására. Ahogy Európa továbbra is navigál a precíziós mezőgazdaság összetett vidékén, az együttműködés és a technológiai fejlesztések kulcsszerepet fognak játszani az európai gazdálkodás jövőjének alakításában [13].

Irodalomjegyzék

- [1] Nagy V., Milics G., Smuk N., Kovács J. A., Balla I., Jolánkai M., Deákvári J., D Szalay K., Fenyvesi L., Štekauerová V., Wilhelm Z., Rajkai K., Németh T., Neményi M. (2013) Continuous field soil moisture content mapping by means of apparent electrical conductivity (ECa) measurement, JOURNAL OF HYDROLOGY AND HYDROMECHANICS 61: 305-312.
- [2] Milics G., Balla I., Deákvári J., Fenyvesi L., Jolánkai M., Nagy Viliam, Štekauerová Vlasta, Neményi M. (2012): Soil moisture and soil electrical conductivity measurements in site - specific agriculture, POLLUTION AND WATER RESOURCES-COLUMBIA UNIVERSITY SEMINAR SERIES XLI: pp. 219-231.

- [3] Nagy V., Šurda P., Lichner L., Kovács A. J., Milics G. (2018): Impact of soil compaction on water content in sandy loam soil under sunflower, *JOURNAL OF HYDROLOGY AND HYDROMECHANICS* 66: (4) pp. 416-420.
- [4] Smith, A. (2022). Precision Agriculture in Pasture Management: A Case Study. *Journal of Sustainable Agriculture*, 45(2), 123-136
- [5] Nyéki, A. ; Kerepesi, C. ; Daróczy, B. ; Benczúr, A. ; Milics, G. ; Nagy, J. ; Harsányi, E. ; Kovács, A. J. ; Neményi, M. (20221): Application of spatio-temporal data in site-specific maize yield prediction with machine learning methods. *PRECISION AGRICULTURE* 22: 1397-1415.
- [6] Penksza K. – Halász A. (2020): A természetvédelmi célú gyepterkezelés jelentősége és lehetőségei. *Gyepgazdálkodási Közlemények* 18: 65-68.
- [7] T-Járdi I., Penksza K., S.-Falusi E. (2022): Vegetation investigation of cattle pastures in the Ipoly Valley, *Dejtár. Gyepgazdálkodási Közlemények* 20(1): 53-54.
- [8] Járdi I., -Saláta D.-S.-Falusi E.-Stilling F.-Pápay G.-Zachar Z.-Falvai D.-Csontos P., -Péter N.-Penksza K. (2021): Habitat Mosaics of Sand Steppes and Forest-Steppes in the Ipoly Valley in Hungary. *Forests* 12 : 2 Paper: 135 , 13 p.
- [9] Milics G., Kovács A. J, Pörnczai A., Nyéki A., Varga Z., Nagy V., Lichner L., Németh T., Baranyai G., Neményi M. (2017): Soil moisture distribution mapping in topsoil and its effect on maize yield, *BIOLOGIA (BRATISLAVA)* 72: (8) pp. 847-853.
- [10] Vona, V ; Sarjant, S ; Tomczyk, B ; Vona, M ; Kalocsai, R ; Kulmány, I M ; Jakab, G ; Ver, A ; Milics, G ; Centeri, Cs. (2022): The effect of local samples in the accuracy of mid-infrared (MIR) and X-ray fluorescence (XRF) - based spectral prediction models. *PRECISION AGRICULTURE* 23: 2027-2039.
- [11] D. J. Murphy, M. D. Murphy, B. O'Brien, M. O'Donovan (2021): A Review of Precision Technologies for Optimising Pasture Measurement on Irish Grassland. *Agriculture*, 11(7), 600;
- [12] Milics G. (2021): A coupled impact of different management and soil moisture on yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in dry conditions at locality Mezőföld, Hungary. *JOURNAL OF HYDROLOGY AND HYDROMECHANICS* 69: 76-86.
- [13] Nyéki, A. ; Kovács, A. J. ; Neményi, M. ; Milics, G. (2021): Conference report from 13th European Conference on Precision Agriculture (ECPA). *ENVIRONMENTAL SCIENCES EUROPE* 33 : 116.
- [14] Nyéki, A. ; Kerepesi, C. ; Daróczy, B. ; Benczúr, A. ; Milics, G. ; Nagy, J. ; Harsányi, E. ; Kovács, A. J. ; Neményi, M. (20221): Application of spatio-temporal data in site-specific maize yield prediction with machine learning methods. *PRECISION AGRICULTURE* 22: 1397-1415. <https://doi.org/10.3390/agriculture11070600>
- [15] Ildikó, Turcsányi-Járdi I., Penksza K., S.-Falusi E. (2022): Vegetation investigation of cattle pastures in the Ipoly Valley, *Dejtár. GYEPGAZDÁLKODÁSI KÖZLEMÉNYEK* 20: 53-54.
- [16] Stilling, F., Póti, P., Pajor, F., Hajnóczki, S. (2022): Botanical investigation of goats pastures on natural and replanted grasslands. *GYEPGAZDÁLKODÁSI KÖZLEMÉNYEK* 20: 49-51.
- [17] Penksza, K., Viszló, L. (2023): Élőhelyrehabilitációs intézkedések (Gyeprekonstrukció legeltetéssel) In: Viszló, Levente (szerk.) *Természetkímélő gyepgazdálkodás II. : Hagyományőrző szemlélet, négy lábú „munkatársak” Csákvár, Magyarország : Pro Vértes Természetvédelmi Közalapítvány* pp. 274-281.
- [18] Penksza, K., Viszló, L. (2023): Özönnövények visszaszorítása bivalylegeltetéssel a Zámolyi-medencében. In: Viszló, Levente (szerk.) *Természetkímélő gyepgazdálkodás II. : Hagyományőrző szemlélet, négy lábú „munkatársak” Csákvár, Magyarország : Pro Vértes Természetvédelmi Közalapítvány* pp. 263-273.
- [19] Shalloo, L., T. Byrne, L. Leso, E. Ruelle, K. Starsmore, A. Geoghegan, J. Werner, and N. O'Leary. "A Review of Precision Technologies in Pasture-Based Dairying Systems." *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 59, no. 2 (2021): 279–91. <https://www.jstor.org/stable/27115417>.
- [20] C. Aquilani, A. Confessore, R. Bozzi, F. Sirtori, C. Pugliese (2022): Review: Precision Livestock Farming technologies in pasture-based livestock systems. Volume 16, Issue 1, January 2022, <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100429>
- [21] P. French A B , B. O'Brien A and L. Shalloo A (20104): Development and adoption of new technologies to increase the efficiency and sustainability of pasture-based systems. *Animal Production Science* 55(7) 931-935 <https://doi.org/10.1071/AN14896>
- [22] J. M. Wilkinson, M. R. F. Lee, M. J. Rivero, A. T. Chamberlain (2022): Some challenges and opportunities for grazing dairy cows on temperate pastures. *Grass and Forage Science* DOI: 10.1111/gfs.12458
- [23] Czóbel Sz., Szirmai O., Németh Z., Gyuricza Cs., Házi J., Tóth A., Schellenberger J., Vasa L., Károly P. (2012): Short-term effects of grazing exclusion on net ecosystem CO₂ exchange and net primary production in a Pannonian sandy grassland. *Notula Bot Horti Agrobi.* 40: 67-72.