DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

Kulmány István Mihály

MOSONMAGYARÓVÁR
2022

SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM
ALBERT KÁZMÉR MOSONMAGYARÓVÁRI KAR
BIOLÓGIAI RENDSZEREK ÉS PRECÍZIÓS TECHNOLÓGIAI TANSZÉK

WITTMANN ANTAL NÖVÉNY-, ÁLLAT- ÉS ÉLELMISZER-TUDOMÁNYI MULTIDISZCIPLINÁRIS
DOKTORI ISKOLA

HABERLANDT GOTTLIEB NÖVÉNYTUDOMÁNYI DOKTORI PROGRAM

DOKTORI ISKOLAVEZETŐ:
PROF. DR. VARGA LÁSZLÓ DSC
EGYETEMI TANÁR

PROGRAMVEZETŐ:
PROF. DR. PINKE GYULA DSC
EGYETEMI TANÁR

TÉMAVEZETŐ:
DR. HABIL. MILICS GÁBOR, EGYETEMI DOCENS
DR. KOVÁCS BARNA, AGRÁRPOLITIKAI SZAKDIPLOMATA

KUKORICA TERMESZTÉSE SORÁN KELETKEZŐ ÜVEGHÁZHATÁSÚ GÁZOK NYOMON KÖVETÉSE, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A SZÉN-DIOXID-KIBOCSÁTÁSRA

KÉSZÍTETTE:
KULMÁNY ISTVÁN MIHÁLY

MOSONMAGYARÓVÁR
2022

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

A fenntarthatósági szempontok mezőgazdasági termelésbe történő integrálása Magyarország agrárágazatának egyik megoldásra váró feladata. E célok eléréséhez az első lépés olyan módszertanok, technológiák és mérési eljárások kialakítása, amelyek képesek a mezőgazdasági termelés ökológiai lábnyomának számszerűsítésére.

Az üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátásának nyomon követése multidiszciplináris elvek mentén vizsgálható az agrárium területén, ezért kutatási témám nagy jelentőséggel bír. Kutatómunkám célkitűzéseit az alábbiak szerint határoztam meg:

- A szemes kukorica fenntarthatósági modellvizsgálatának magyarországi megújítása annak érdekében, hogy a termeléshez köthető ÜHG-kibocsátás a legpontosabban kerüljön meghatározásra.
- Szántóföldi körülmények között használható szenzorrendszer kialakítása a környezeti elemek nyomon követésére.
- Differenciált inputanyag- és tőszámkísérlet beállítása üzemi körülmények között annak érdekében, hogy feltérképezzem azok szén-dioxid-kibocsátásra gyakorolt hatását.
- Laboratóriumi kísérlet beállítása azért, hogy feltárjam az eltérő művelés alatt álló talajok CO_2-kibocsátásának nagyságát és az emisszió mögött álló hatótényezők szerepét.
- A szántóföldi kísérletre alapozott modellek kialakítása az egyes hatótényezők térbeli és időbeli variabilitásának bemutatására.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A disszertációba szereplő kísérleteket laboratóriumi és szántóföldi körülmények között hajtottam végre, amelyhez a saját építésű szenzorrendszert használtam, valamint modellvizsgálatokat végeztem a szemes kukorica termesztése során keletkező üvegházhatású gázok mennyiségének meghatározására.

A **szántóföldi kísérlet** helyszíne Polgárdi városának közigazgatási területéhez tartozik. Polgárdi a Dunántúlon, a Duna–Tisza-medence nagytájon, a Mezőföld középtájon, a Duna–Sárvíz köze kistájcsoporton, a Sárrét kistájon helyezkedik el a Balatontól 17 km-es, míg a Velencei-tótól 33 km-es távolságban. A kistáj kiterjedése 366 km^2. A kísérlet helyszíne Polgárdi és Füle között a 7205-ös számú mellékút mellett a 170 mBf átlagos tengerszint feletti magasságon található az alábbi földrajzi koordinátákon **(i)** T1-es számú tábla: É47.061544, K18.271158, **(ii)** T2-es számú tábla: É47.058827, K18.262146. A kísérleti terület genetikai talajtípusa csernozjom talaj, amelyre a jellemző talajfrakció az iszapos vályog.

A mérőrendszer Arduino Mega2056 platformon alapszik, amelyre talajnedvesség-, talajhőmérséklet-, levegőhőmérséklet-, páratartalom-, légnyomás- és szén-dioxid-koncentráció-mérő szenzort csatlakoztattam mérési pontosság-ellenőrzése után. A szántóföldi kísérlet nagyparcellás üzemi kísérletként került beállításra, ami kialakítása igazodott az üzem által megszabott feltételekhez. A kísérlet időtartama kettő év (2020–2021) volt. A kísérlet során differenciált tőszámbeállítás- (76-72-68 ezer db/ha) és nitrogénkijuttatás (625-498-418 kg/ha) került beállításra a táblák domborzati heterogenitását követve. A kísérlet során kezelések, a környezeti tényezők, a szántás, a

mikrobiális és gyökérlégzés szerepét vizsgáltam a szén-dioxid-kibocsátásban.

A **laboratóriumi kísérlet** a Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Biológiai Rendszerek és Élelmiszeripari Műszaki Tanszék Műszaki Bázisán [47°53'28.6"É, 17°16'15.9"K] kialakított laborban történt. A kísérlet első lépéseként talajoszlop-mintát vettem augusztusban és októberben 2020-ban, valamint márciusban és augusztusban 2021-ben. Az így kialakított kísérlet lehetővé tette a forgatás nélküli (T2) és a forgatásos (T1) talajművelési rendszerből származó talajok szén-dioxid-kibocsátásának nyomon követését a talaj tömődésének, összes szerves széntartalmának és a nedvességtartalom változásának függvényében a tenyészidőszak különböző időpontjaiban. A talajoszlopminták a kísérleti tábla három különböző tengerszint feletti magasságáról, az átlagkezelést kapott menedzsmentzónákból származtak.

A **kukorica termesztésének fenntarthatósági vizsgálatá**hoz modellszámításokat végeztem. A számításam a REDII V. mellékletének C. pontjában megadott módszertanon alapulnak. A szemes kukorica termesztésével összefüggő üvegházhatásúgáz-kibocsátás meghatározásához a hozamadatok, a kapcsolódó ráfordítások és a kibocsátási koefficiensek, faktorok és váltószámok ismerete szükséges. A kibocsátási faktorok és váltószámok Edwards et al. (2017) az Európai Bizottság Közös Kutatóközpontja (Joint Research Centre – JRC) által közzétett jelentéséből származnak. A 2014-2018 közötti évek regionális hozamai és ráfordításai, valamint az inputanyag-felhasználásai az Agrárközgazdasági Intézet (AKI) által működtetett Tesztüzemi Információs Rendszer (FADN) adatbázisából, valamint az

ENSZ Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezetének (FAO) statisztikai adatbázisából átvett adatok súlyozott átlagai. A súlyozáshoz a Központi Statisztikai Hivatal (KSH) 2013. évi Gazdaságszerkezeti Összeírásának (GSZÖ), valamint 2016. évi Általános Mezőgazdasági Összeírásának (ÁMÖ) eredményeit használtam.

A kísérletek kiértékeléséhez összetett **statisztikai és modellezési módszerek**et használtam, úgymint korrelációelemzést, főkomponens-analízist, többtényezős lineáris és nem lineáris regressziószámítást, egy- és kéttényezős varianciaelemzést Tukey-féle HSD post-hoc teszttel kiegészítve, valamint kétmintás Student-féle t-próbát.

3. EREDMÉNYEK

Az egyes kezelések szén-dioxid-kibocsátásban betöltött szerepének hatását a különböző talajművelési rendszerekben (forgatásos és forgatás nélküli) in situ vizsgáltam, míg az ex situ kísérletekhez művelésenként eredetei szerkezetű talajoszlop-mintákat vettem a vegetációs időszak különböző időpontjában és tenyészedényes körülmények között méréseket hajtottam végre rajtuk, a 2020-as és 2021-es években. A szántóföldi szén-dioxid-kibocsátást és az azt befolyásoló tényezőket célzó mérések a vegetációs időszakot átívelően havonta egyszer történtek. A koronavírus-világjárvány terjedése miatt bevezetett utazási korlátozások nem tették lehetővé a kísérlet azonos időben történő elkezdését, így 2020-ban a kísérletet májustól októberig, míg 2021-ben március és október között hajtottam végre.

Az új adatfeldolgozási módszertannal kiegészített modellszámítás alapján megállapítottam, hogy a szemeskukorica-termesztés regionális szintű üvegházhatásúgáz-kibocsátása alacsonyabb a 2018-ban elfogadott második megújuló energia direktívában (Renewable Energy

Directive, REDII) szereplő határértéknél. Ennek alapján a szemeskukorica fenntarthatósági tanúsítása az új alapokra helyezett adatfeldolgozási módszertannal biztosított, amelyben az inputanyag-felhasználások igazodnak a regionális felhasználási színvonalhoz.

A forgatás nélküli talajművelésből származó talajoszlopok szén-dioxid-kibocsátása magasabbak voltak, mint hagyományos (forgatásos) művelésnél mértek a tenyészedényes kísérletben, de annak mértéke a vegetációs időszakban periodikusan változott. Ennek alapján megállapítottam, hogy a forgatás nélküli talajművelés során kedvezőbb feltételek alakulnak ki a mikrobiológiai aktivitáshoz, ugyanakkor a kibocsátás mögött eltérő környezeti tényezők állnak az egyes talajművelési rendszerekben csapadékosabb (2020) és aszályosabb (2021) időszakban.

A szántóföldi kísérletben általánosságban megállapítottam, hogy a minimum tőszámmal vetett és a minimum nitrogén dózissal kezelt zónák CO_2-kibocsátása magasabb, mint a maximum tőszámmal és maximum nitrogénnel kezelt zónák esetében. Továbbá a domborzati különbség okozta szén-dioxid-kibocsátásban meglévő különbségek a normál csapadékellátottsági időszakban a korábbi megfigyelések szerint változtak, míg aszályosabb időszakban ettől eltérő tendenciát mutattam ki a lejtő különböző szakaszain. Vizsgálati eredményeim arra is rávilágítanak, hogy a kedvező csapadékellátottsági évben a forgatásos talajművelési rendszer szén-dioxid-kibocsátása nagyobb, míg aszályosabb évben a forgatás nélküli talajművelési rendszer rendelkezett magasabb szén-dioxid-kibocsátással. Összességében megállapítható, hogy a kísérleti években tapasztalható nagymértékű,

klimatikus tényezőkben meglévő különbségek térben és időben befolyásolták a talajból eredő szén-dioxid-kibocsátást.

Az egyes környezeti és növényi tényezők szén-dioxid-kibocsátásban betöltött szerepének vizsgálatakor kimutattam, hogy a vegetációs időszak eltérő szakaszaiban a talajlégzés mögött eltérő tényezők állnak. Míg a nyári hónapokban (június, július, augusztus) egyértelműen meghatározható a gyökérlégzés szerepe, addig a tavaszi és őszi hónapokban a környezeti tényezők állnak a talajból eredő szén-dioxid-kibocsátás mögött.

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Az elvégzett kísérletek alapján az alábbi következtetéseket és javaslatokat fogalmaztam meg:

- A környezeti tényezők megfigyelésére fejlesztett mérőrendszer – a beépülő szenzorok mérésének pontosság-ellenőrzése után – alkalmas a talajból eredő szén-dioxid-emissziójának, a talaj nedvességtartalmának és hőmérsékletének, valamint a levegő-hőmérsékletének, páratartalmának és légnyomásának vizsgálatára.
- A modellszámítások alapján megállapítottam, hogy a szemes kukorica termesztésének fenntarthatósági tanúsítása az új alapokra helyezett adatfeldolgozási módszertannal biztosított. A NAIK MGI által 2011-ben a szemes kukorica fenntarthatóságáról publikált adatainál, az új módszertan alkalmazása a fajlagos, 1 tonna kukorica előállítása során keletkező ÜHG-mennyiségében mindössze 5-15 százalékos növekedést eredményezett. Mindezt úgy, hogy az eddig a regionális inputanyag-felhasználásban

megfigyelhető eltérések kiigazításra kerültek (ez 15-30%-os növekedést eredményezett az inputanyagok felhasználásában (Sárvári, 2005; Sárvári et al., 2006; NAIK MGI 2004 - 2008)), ennek köszönhetően az új adatfeldolgozási módszertannal számított regionális inputanyag-felhasználások mennyisége igazodik a hivatalos adatpublikációkban található regionális felhasználási színvonalhoz (KSH, 2013).

- Kimutattam az eltérő talajművelésű területekről származó talajoszlop-minták szén-dioxid-kibocsátásának periodikus változását a vegetációs időszakban. A mérési eredmények azt bizonyítják, hogy a művelés okozta talajszerkezeti különbségek és a szerkezetre ható eltérő környezeti tényezők együttes változása befolyásolja a szén-dioxid-emissziót mind a forgatásos, mind pedig forgatás nélküli talajművelési rendszerekben. A szén-dioxid-emisszió mögött álló hatótényezők vizsgálatára számos kutatási eredmény áll rendelkezésre az 1990-as évektől. A nemzetközi és hazai szinten a legmeghatározóbb mind közül Heneghan et al. (1999) és Birkás és Gyuricza (2004) publikációi, akik megfigyelték, hogy a talaj mikrobiális aktivitásán és a növényi növekedés fokozásán keresztül hatással van a szén-dioxid-kibocsátásra, amelyet a környezeti tényezők változása fokozni vagy csökkenteni képes. Eredményeim egybeesnek Kovács (2014), Chen et al. (2017), Ray et al. (2020) és Mohammed et al. (2021) eredményeivel, akik felhívták a figyelmet a hőmérséklet és a talajnedvesség szerepére, mint a talajok szén-dioxid-kibocsátását leginkább befolyásoló tényezőjére. Ugyanakkor a szén-dioxid-emisszió mögött álló

hatótényezők periodikus változására Reicosky et al. (2008), majd az eltérő talajművelési rendszerekben lejátszódó szén-dioxid-kibocsátást fokozó folyamatokra és azok hatótényezőire Mohammed et al. (2021) és később Kulmány et al. (2022a) hívták fel elsőnek a figyelmet.

- Vizsgáltam a tőszámszabályozás, és a differenciált nitrogénműtrágya-kijuttatás szerepét a talajból eredő szén-dioxid-kibocsátásban. A mérési eredmények általánosságban azt bizonyították, hogy az alacsony tőszámmal vetett és az alacsony nitrogéndózissal kezelt zónák CO_2-kibocsátása magasabb, mint a magas tőszámmal és nitrogénnel kezelt zónák esetében. Azonban a kísérleti években tapasztalható klimatikus különbségek erőteljesen befolyásolták az eredményeket ezért a kimutatott eredményekben nagy volatilitás tapasztalható. Megállapításaim a szakirodalomban fellelhető eredményekkel egybeesnek. Al Kaisi et al. (2008), Wilson és Al-Kaisi (2008) és Ramirez et al. (2010) szintén reduktív hatást figyeltek meg különböző típusú és mennyiségű nitrogénműtrágya alkalmazása esetén a talajok szén-dioxid-kibocsátásában, ugyanakkor nem találtam példát a szakirodalomban az évjárathatás és a nitrogénműtrágyázás együttes hatásaként fellépő szén-dioxid-emisszióban megfigyelhető különbségekre. *Ezért az eredmények alátámasztása érdekében javaslom a kísérlet jövőbeni megismétlését ugyanezzel az elrendezéssel, de módosított mérési módszertannal. E célitűzésem megvalósítása érdekében a kísérlet folytatását tervezem Polgárdiban.*

- A domborzati különbség (katéna-hatás) eredményezte szén-dioxid-kibocsátásban meglévő eltéréseket a normál csapadékellátottsági időszakban megerősítettem, míg aszályosabb időszakban eltérő tendenciát mutattam ki a lejtő különböző szakaszain. Normál csapadékellátottságú időszakban kimutatott eredményeim egybeesnek Kirkels et al. (2014), Hu et al. (2016), Wang et al. (2017) és Nitsche et al. (2017) eredményeivel, akik megállapították, hogy a lejtőgradiens, a víz lemosódás és az erózió befolyásolhatja a talajnedvesség és a tápanyagtartalom térbeli eloszlását, valamint a vegetáció növekedését, közvetve pedig a talajból eredő szén-dioxid-kibocsátást. Ezzel szemben az aszályosabb időszakban megfigyelt alacsonyabb szén-dioxid-kibocsátásra nem találtam példát, amely a talajművelés nedvességmegtartó képességére, így a szén-dioxid-kibocsátást befolyásoló hatására hívja fel a figyelemét (Du et al., 2020). *Ennek apropóján, a lejtőhatás eredményezte szén-dioxid-kibocsátási különbségek bizonyítására további kísérletek beállítását javaslom, amelynek első lépéseként hosszú távú szántóföldi méréseket állítottam be Dióskálon.*
- Vizsgálatai eredményeim alapján meghatároztam, hogy a kedvező csapadékellátottsági évben a forgatásos talajművelési rendszer, míg aszályosabb évben a forgatás nélküli talajművelési rendszer rendelkezett magasabb talajlégzéssel. Az eltérő talajművelési rendszerek szén-dioxid-kibocsátásának összehasonlításából származó eredményeim egybeesnek Zsembeli et al. (2005), Kovács et al. (2008), Al-Kaisi és Yin (2005), Lu et al. (2015) és Alhassan et al. (2021) eredményeivel,

akik a forgatásos talajművelési rendszer magasabb szén-dioxid-kibocsátását figyelték meg kísérleteikben. Ugyanakkor, Oorts et al. (2007), Cseng-Fang et al. (2012) és Kulmány et al., 2022a eredményei a megállapításaimmal összhangban rámutatnak arra, hogy a forgatás nélküli talajművelési rendszer szén-dioxid-kibocsátása magasabb is lehet a forgatásos talajművelési rendszereknél a csapadékosabb időszakokban, köszönhetően a talaj magasabb nedvességtartalmának és az így bekövetkező magasabb mikrobiológiai és növényi aktivitásnak. *Az évjárathatás és a talajművelések szén-dioxid-kibocsátása között meglévő változékonyság feltárásra további kísérletek beállítását javaslom. Ennek első lépéseként az évjárathatás és a talajművelés vizsgálatára szántóföldi méréseket állítottam be Mosonmagyaróváron 2022-től.*

- Szántóföldi mérések eredményei alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a vegetációs időszak eltérő szakaszaiban a talajlégzés mögött eltérő tényezők állnak. Míg a nyári hónapokban (június, július, augusztus) egyértelműen meghatározható a gyökérlégzés szerepe, addig a tavaszi és őszi hónapokban a környezeti tényezők állnak a talajból eredő szén-dioxid-kibocsátás mögött. A gyökérlégzésből és a mikrobiális légzésből eredő szén-dioxid-kibocsátás szétválasztására kevés példa áll rendelkezésre a szakirodalomban. Kovács (2014) eredményei szerint a gyökérlégzésből eredő szén-dioxid-kibocsátás aránya elérheti a 70-90 százalékot a vegetációs időszak egyes fázisaiban, ugyanakkor a gyöklégzés szezonális

dinamikáját megfigyelő kutatásra nem találtam példát a szakirodalmi áttekintés során.

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK (TÉZISEK)

1. A szemes kukorica (*Zea mays* L.) termesztése során keletkezett üvegházhatású gázok kibocsátásának IPCC módszertannal történő modellezéséhez szükséges inputanyagokra vonatkozó adatfeldolgozást megújítottam. Az inputanyag-felhasználás számításánál a szakértői becsléseket és az alapértékeket eltávolítottam (Tier 1) és saját számításon alapuló adatfeldolgozási módszerrel helyettesítettem azokat (Tier 3). A kapott eredmények a nyilvánosan elérhető inputanyag-felhasználássokkal összhangban vannak. A kialakított módszertan segítségével meghatározott új ÜHG-kibocsátási értékek jobban modellezik a kukorica termesztésének ökológiai lábnyomát. Az új módszertan 2021 óta képezi az Agrárközgazdasági Intézet (AKI) által elkészített bioüzemanyag alapanyagainak számító árunövények (kukorica, búza, árpa, napraforgó, repce és szója) fenntarthatósági számításainak alapját.

2. Mérési pontoság-ellenőrzéssel igazoltam, hogy az új mérőrendszer alkalmas a talaj- és levegő-hőmérséklet, a szén-dioxid-koncentráció, a talajnedvesség-tartalom meghatározására. Az így kialakított mérőrendszer használható szántóföldi környezetben történő szén-dioxid-emisszió nyomon követését célzó mérések elvégzésére.

3. Laboratóriumi mérések során igazoltam, hogy a forgatás nélküli talajművelési rendszerből származó eredeti szerkezetű talajoszlopok

szén-dioxid-kibocsátása magasabb a forgatásos talajművelésből származó talajoszlopok kibocsátásánál a vizsgálat tárgyát képező 2020-as és 2021-es vegetációs időszakokban, de – $p \leq 0,05$ szignifikancia szinten – szignifikáns különbség kizárólag a vegetációs időszakok közepén (augusztusban) mutatható ki. A forgatás nélküli talajművelési rendszerben tapasztalható nagyobb szén-dioxid-kibocsátás a magasabb talajnedveségből és szervesanyag-tartalomból, a talajok kedvezőbb hőháztartásából, a kedvezőbb talajszerkezetből és ezen tényezők interakciójából eredő kedvezőbb talajélet eredménye.

4. Statisztikailag igazoltam, hogy a Sárrét kistájon található csernozjom genetikai talajtípuson a gyökérlégzés szerepe kizárólag a nyári (június, július és augusztus) hónapokban határozza meg $p \leq 0,05$ szignifikancia szinten szignifikánsan a talajból eredő szén-dioxid-kibocsátást kukoricában, míg a tavaszi és az őszi hónapokban (márciusban, áprilisban, májusban és szeptemberben) a környezeti tényezők, úgymint a talaj- és levegő hőmérséklet, a talajnedvesség a légnyomás és a páratartalom határozza meg $p \leq 0,05$ szignifikancia szinten szignifikánsan a talajból eredő szén-dioxid-kibocsátást.

6. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK

6.1. Az értekezés témakörében megjelent publikációk

Tudományos közlemény, magyar nyelvű, lektorált folyóiratban:

Kulmány, I.M., †Enzsöl, E., Vona, V., Kovács, B., Milics, G., 2020. Hüvelyes növények (Fabeles) szerepe a növénytermesztésben és az üvegházhatásúgáz-kibocsátás csökkentésében. Acta Agronomica Óváriensis 61(1), 35-74.

Tudományos közlemény, idegen nyelvű, lektorált folyóiratban:

Kulmány, I.M., Giczi, Zs., Beslin, A., Bede, L., Kalocsai, R., Vona, V., 2020. Impact of environmental and soil factors in the prediction of soil carbon dioxide emissions under different tillage systems. Ecocycles 8(1), 27-39. https://doi.org/10.19040/ecocycles.v8i1.216

Kulmány, I.M., Bede-Fazekas, Á., Beslin, A., Giczi, Zs., Milics, G., Kovács, B., Kovács, M., Ambrus, B., Bede, L., Vona, V., 2022. Calibration of an Arduino-based low-cost capacitive soil moisture sensor for smart agriculture. Journal of Hydrology and Hydromechanics 70(3), 330-340. https://doi.org/10.2478/johh-2022-0014. Q1 - IF: 2,685

Magyar és idegen nyelvű konferenciaközlemény folyóiratban, vagy konferenciakötetben:

Kulmány I.M., 2019. Bioeconomy – bioüzemanyag alapanyagok termesztése (és feldolgozása) során keletkező ÜHG-kibocsátás csökkentésének lehetőségei a precíziós gazdálkodás segítségével, a

kukorica-alapú bioetanol előállítása során. Új Nemzeti Kiválósági Program 2018/2019 (Tanulmánykötet) 2019, 95-105.

Kulmány I.M., Kovács, B., Milics G., 2019. A mezőgazdasági üvegházhatású gázkibocsátás csökkentése hüvelyes növények vetésforgóba történő illesztésével. Műszaki, technológiai és gazdasági kihívások a 21. században című konferencia: nemzetközi magyar nyelvű tudományos konferencia: előadások és poszterek összefoglalói. (Absztraktkötet) 2019, 139.

Kulmány I.M., Kovács, B., Milics G., 2019. Hüvelyes növények (Fabeles) szerepe az üvegházhatású gázkibocsátás csökkentésében. Tavaszi Szél 2019 Konferencia. Nemzetközi Multidiszciplináris Konferencia. (Absztraktkötet) 2019, 72.

Kulmány, I.M., Giczi, Zs., Beslin, A., Vona, V., Kalocsai, R., 2020. Are there any differences in the driving factors behind soil CO_2 emissions under different tillage systems? 1st International Joint Congress on „Sustainable Management of Cultural Landscapes in the context of the European Green Deal" (Absztraktkötet). Le Penseur Publisher, 24.

Kulmány, I.M., Benke, Sz., Vona, V., Bede, L., Pecze, R., 2022. The effect of slope gradient on the modelling of soil carbon dioxide emissions in different tillage systems at a farm using precision tillage technology in Hungary. Proceedings of the 15th International Conference on Precision Agriculture (Konferenciaközlöny). June 26-29, 2022, Minneapolis, Minnesota, United States. 1-10.

6.2. Egyéb témakörben megjelent publikációk

Kürthy, Gy., Dudás, Gy., Darvasné, Ördög, E., Kőröshegyi D., Kulmány, I.M., Radóczné Kocsis, T., Székelyhidi K., Takács E., Vajda Á., 2019. Élelmiszer-veszteségek keletkezésének okai, azok kezelése és megítélése a feldolgozóipari vállalatok körében. NAIK-AKI, Budapest. 1-108.

Vona, V., Bakos, I.A., Giczi, Zs., Kalocsai, R., Vona, M., Kulmány I.M., Centeri Cs., 2020. MÚLT-JELEN-JÖVŐ a hazai mezőgazdasági talajvizsgálatokban. Agrokémia és Talajtan 69(1-2), 127-151. https://doi.org/10.1556/0088.2020.00061

Elbersen, B., Houtkamp, J., Coninx, I., van den Oever, M., Hatvani, N., Koos, A., Mateffy, K., Kulmány, I.M., Vásáry, V., 2020. An overview of suitable regional policies to support bio-based business models: (deliverable 4.2). Project POWER4BIO "emPOWERing regional stakeholders for realising the full potential of European BIOeconomy". 1-243.

Dunai, É.Zs., Pinke, Gy., Magyar, L., Kulmány, I.M., ifj. Szűcs Gy.Z., Roszík, P., 2020. Tarlóvirágmag begyűjtése és tisztítása méhlegelők vetéséhez. Biokultúra 31, 18-21.

Vona, V., Sarjant, S., Luleva, M., Kulmány, I.M., Vona, M., 2021. Can local soil samples improve the accuracy of mid-infrared (MIR) and X-ray fluorescence (XRF)-based spectral prediction models? Precision agriculture'21. Wageningen Academic Publishers, Hollandia. 443-449.

Vona, V., Toth, E.A., Centeri, Cs., Giczi, Zs., Biro, Zs., Jakab, G., Milics, G., Kulmány, I.M., Kalocsai, R., Kovacs, A.J., 2021. The effect of soil physicochemical characteristics on zinc analysis methods. Soil and Water Research 16, 180-190. https://doi.org/10.17221/53/2020-SWR Q2 - IF: 2,278

Vona, V., Centeri, Cs., Biró, Zs., Vona, M., Kalocsai, R., Jakab, G., Kauser, J., Kulmány, I.M., Kovács, A.J., Milics, G., 2022. Comparing different phosphorus extraction methods: effects of influencing parameters. Sustainability 14(4), 2158. https://doi.org/10.3390/su14042158 Q2 - IF: 3,251

Pinke, G., Giczi, Z., Vona, V., Dunai, É., Vámos, O., Kulmány, I.M., Koltai, G., Varga, Z., Kalocsai, R., Botta-Dukát, Z., Czúcz, B., Bede-Fazekas, Á., 2022. Weed Composition in Hungarian Phacelia (Phacelia tanacetifolia Benth.) Seed Production: Could Tine Harrow Take over Chemical Management? Agronomy 12(4), 891. https://doi.org/10.3390/agronomy12040891 Q1 - IF: 3,949

Giczi, Zs., Kalocsai, R., Vér, A., Vona, V., Kulmány, I.M., Székelyhidi, R., 2022. Determination of iron and sulfur content of cereal samples by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. Acta Agronomica Óváriensis (63), 66-76.

Vona, V., Sarjant, S., Tomczyk, B., Vona, M., Kalocsai, R., Kulmány, I.M., Jakab, G., Vér, 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.https://doi.org/10.1007/s11119-022-09942-y Q1–IF: 5,875