

SZAKDOLGOZAT

Varga Borbála

2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Budai Campus
Környezettudományi Intézet
Biológiai talajerő-gazdálkodási szakmérnök szak

**TALAJOK KÖRNYEZETÉNEK,
VÍZGAZDÁLKODÁSÁNAK ÉS SZERVES ANYAGÁNAK
ÖSSZEFÜGGÉSEI**

Belső konzulens: Dr. Kotroczó Zsolt

**Belső konzulens
intézete/tanszéke: Környezettudományi Intézet**

Készítette: Varga Borbála

Budapest
2023

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések.....	2
2. Szakirodalmi áttekintés	4
3. Következtetések, eredmények	22
3.1. A talaj és a terület felmérése.....	22
3.1.1. Talajvizsgálatok.....	22
3.1.2. Klimatikus viszonyok.....	24
3.2. Degradációs folyamatok feltérképezése	24
3.2.1. Erózió	24
3.2.2. Szikesedés	24
3.2.3. Tömörödés.....	25
3.2.4. Biológiai sokféleség és széntartalom csökkenése	25
3.2.5. A talaj vízgazdálkodása	25
3.2.6. Egyensúlyi vízmérleg	26
3.2.7. Felszíni lefolyás.....	26
3.2.8. Lefelé irányuló vízmozgás a talajban	26
3.2.9. Homoktalajok – áteresztő talajok	27
3.2.10. Víz hatására duzzadó-zsugorodó-repedező talaj	27
3.2.11. Szélsőséges talajvíz-hatás.....	27
3.3. A környezet.....	27
3.3.1. A környezet hatása a talajra.....	27
3.3.2. A talaj hatása a környezetre.....	29
4. Következtetések és javaslatok	30
4.1. Talajaink állapota, és kezelési lehetőségük	30
4.2. Kutatási feladatok.....	30
4.3. Edukációs feladatok	31
5. Összefoglalás.....	33
6. Irodalomjegyzék.....	35
7. Ábrák és táblázatok jegyzéke	39

1. Bevezetés és célkitűzések

Korunk nagy környezeti kihívásai, a klímaváltozás mérséklésétől a vízgazdálkodásban szükséges paradigmaváltáson át a környezetgazdálkodás megújításáig, immár a mindennapi életünkre is közvetlen hatással vannak. Az egyre hektikusabbá váló időjárást, a vízhiányt és az emberiség környezetkárosító tevékenységének hatását már szinte mindenki közvetlenül megtapasztalja. Környezetünk érzékeny, és egymással szorosan összefüggő rendszereinek működésében olyan mértékű és ütemű változás zajlik, ami egyrészt felhívja a figyelmünket arra, hogy az eddigi gyakorlat nem tartható, másrészt az új, fenntartható megoldások keresésére sarkall. Bármely irányba indulunk a környezeti kihívások megoldása felé, szembesülünk vele, hogy az egyes tudományterületek önmagukban nem adhatnak választ a felmerülő kérdésekre. Interdiszciplináris szemléletre van szükség.

A talajok állapota, szerves anyaga, vízgazdálkodása olyan, sokszorosán összefonódó, egymásra kölcsönösen ható tényezők összessége, amely korunk valamennyi, környezetet, természetet, klímát és mezőgazdaságot érintő tudományterületével közvetlen, vagy közvetett módon kapcsolatban áll. A talajtermékenységre irányuló mezőgazdasági, talajtani és biológiai kutatásoktól a víz- és környezetvédelmen át a szénkibocsátásig számos olyan aspektusa van a talajtényezők indukálta jelenségeknek, amik miatt az említett tudományterületek nem haladhatnak egymás nélkül a megismerés felé és nem találhatnak önmagukban megoldást az érintett problémákra.

A szerves anyag és annak talajszerkezetre gyakorolt hatása a talajtulajdonságok között kiemelt jelentőséggel bír. Kölcsönhatásban van a talaj biológiai, kémiai és fizikai tulajdonságaival. Hat a mikrobiális létformák élettevékenységére, befolyásolja a talaj és a talajoldat kémiai jellemzőit, hatást gyakorol a fizikai tulajdonságokra. Ilyen módon kihat a talajtermékenységre, a mezőgazdasági tevékenység sikerességére és közvetlen módon az élelmiszerellátás biztonságára. További fontos attribútuma, hogy a globális szénkörforgás fontos eleme, így klimatikus vonzata is van a talajok szénháztartásának.

A másik ilyen, lokálisan és globálisan is fontos jelenség a vízgazdálkodás. A talaj vízgazdálkodásának fontosságára az előző év aszálya is felhívta a figyelmet, ez a tényező immár megkerülhetetlen. A szélsőséges időjárási viszonyok olyan alapvető problémákat tártak fel, többek között a magyarországi művelt talajokkal kapcsolatban is, amelyek megoldása nem tűr halasztást. Az elmúlt évtizedek talajromboló hatású mezőgazdasági gyakorlata olyan nehezen,

vagy csak részben, és hosszú idő alatt helyreállítható károkat okozott talajainkban, és így a talajok vízgazdálkodásában, amivel most a klímaváltozás hozadéka, a szélsőséges időjárás szembesített minket.

A dolgozatban olyan forrásokat dolgozok fel, amelyek főleg ezzel a két aspektussal, a talaj szerves anyagával (szerkezetével) és vízgazdálkodásával, illetve ezek hatásával és összefüggéseivel foglalkoznak. Ezen forrásokon keresztül megvizsgálom a talajok jellemzőit, a bennük zajló folyamatokat, az egészséges és problémás szerkezetű és vízgazdálkodású talajok viselkedését. Áttekintem ezek közvetlen és közvetett hatásait a mezőgazdasági tevékenységre, kapcsolatát a környezettel, klímával. Feltárom a talajromboló tényezőket, hatásukat és következményeiket, a rossz vízgazdálkodású talajok jellemzőit és a talajproblémák kezelésének lehetőségeit. Célom egy olyan áttekintő, összefoglaló munka létrehozása, amiben a talaj szerves anyagán, szerkezeti jellemzőin, és a vízgazdálkodásán keresztül megmutathatom, hogy a természetben zajló folyamatok összefonódása egyrészt nem teszi lehetővé, hogy különálló feladatként, különálló eszközökkel kezeljük a felmerült problémákat – klímát, vízhiányt, környezetvédelmet, stb. Ezeket átfogó módon kell szemlélni és átfogó megoldást kell keresni a problémákra. Másrészt szeretnék rávilágítani arra is, hogy ilyen módon bárholnan közelítjük meg ezeket a kérdéseket, az végső soron hatással lehet a nagy egészre. Kitérek ezért olyan irodalmi forrásokra, amelyek a megoldási lehetőségeket, eszközöket, módszereket vizsgálják. Ezek a módszerek befolyásolják a talajok szerves anyag tartalmát és szerves anyag gazdálkodását, szerkezetét, illetve a vízgazdálkodását, és megfelelő helyen és időben alkalmazva segíthetnek hozzájárulni egy általános, fenntartható, a környezettel összhangban álló és hatékony gazdálkodási gyakorlat kialakulásához.

2. Szakirodalmi áttekintés

„A Kárpát-medence, de különösen – az egyéb természeti kincsekben szegény – Magyarország, megkülönböztetett jelentőségű, feltételesen megújuló (megújítható) természeti erőforrását a *talajkészletek* képezik.” – írja Várallyay (2008). Ezzel egyrészt felhívja a figyelmet arra, hogy mekkora a talajaink nemzetgazdasági jelentősége, másrészt rávilágít: a gazdálkodó feladata és felelőssége ezen természeti erőforrásunk állagának megóvása. Munkájában sorra veszi a talaj funkcióit, kitér a Kárpát-medence talajainak állapotára, a nálunk jellemző talajdegradációs folyamatokra. A degradált talajok – mint írja – vízgazdálkodásukat tekintve szélsőségesek lehetnek, a különböző típusú és fokú talajpusztulás változékony vízháztartási problémákhoz vezet, amelyeket a gazdálkodó felelőssége és feladata kezelni. A degradáció következményeként fellépő vízgazdálkodási problémákat három csoportra osztja. Az első csoportba a lassú beszivárgási jelenségek tartoznak, ilyen a talajfelszíni vízzáró réteg vagy kéreg és a sekély felső, a víz befogadására alkalmas réteg. A második csoportba tartoznak a duzzadással és zsugorodással járó problémák, a harmadikba pedig a kis hasznosítható vízkészletet eredményező talajállapotok. Várallyay 1985-ös munkájában létrehozott egy talajosztályozási rendszert, ami a talajokat a vízgazdálkodásuk alapján csoportosítja, amelyre később részletesen kitérek.

A talajaink jelentőségét hangsúlyozza Pálmai és Horváth (2010) is. A talajok tápanyag-ellátottságát érintő problémákról szóló munkájukban felhívják a figyelmet arra, hogy míg a földön a termőföld részaránya átlagosan 11%, az EU-ban 30% körüli, Magyarországon 60 % körül mozog. Ez alapján úgy vélik, Magyarország természeti kincseinek negyedét-harmadát a termőföld teszi ki, ezért különösen fontos, hogy megismerjük és megtanuljunk megfelelően gazdálkodni vele. A tápanyag-ellátottsággal kapcsolatos észrevételeiket lentebb részletezem.

A termőföld az alapja az emberiség egészséges és kellő mennyiségű élelmiszerrel történő ellátásának. Várallyay (2008) ennél is tovább megy, amikor a talajok funkcióit veszi górcső alá: szerinte talajhoz kapcsolódik az emberi élet minőségének három alapvető kritériuma, az élelmiszer, a víz és a környezet. A lefontosabb talajfunkciók között említi, hogy a többi természeti erőforrás, mint a napenergia, a légkör, a felszíni és felszín alatti víz és a biológiai erőforrások a talajban integrálódnak, transzformálódnak és lépnek egymással reakcióba. A megalapozott, ésszerű használat a feltétele annak, hogy a talajaink a képességeiknek és lehetőségeiknek megfelelően ne változzanak meg irreverzibilis módon, minőségük, állapotuk ne romoljon, illetve, hogy a talajban, mint gén-rezervoárban fennmaradjon az ökológiai,

biológiai és ökonómiai szempontból is jelentős, sokszínű életközösség. Várallyay 2003-as munkájában a talajok környezeti érzékenységét értékelte. Ennek során feltérképezte a környezeti érzékenység típusait, mint a nagy sótartalom, láposodásra való hajlam vagy a felszín közeli tömör kőzet, illetve létrejöttük körülményeit és feltételeit is. Az egyes jelenségek talajdegradációs vonatkozását szem előtt tartva készített átfogó térképeket a kapott eredményekkel. Több munkájában, így a 2003-as és 2008-as kutatásában is leírja, hogy a talaj hazánk egyik legnagyobb természetes víztározója lehetne, ha nem akadályozná részben a kedvezőtlen mezőgazdasági gyakorlatból eredő talajromlás hozadéka, a rossz vízgazdálkodás: a felszín közelében lévő lassú vízelnyelésű, vagy vízzáró réteg, a kedvezőtlen és hamar túltelítődő póruster. Ilyen viszonyok között még az időszakos vagy részleges belvízborítottság mellett sem történik jelentős beszivárgás a talaj mélyebb rétegeibe, tehát hiába a talajban rejlő természetes potenciál, ha a nem megfelelő hasznosítás gátolja ezen funkció betöltését. Ez az észrevétele mind a talajok érzékenységének megismeréséhez és kezeléséhez, mind a degradációs folyamatok kezeléséhez szervesen kapcsolódik.

A talajok funkcióinak mindegyike esszenciális, egymástól nem elválasztható, de térben és időben a fontosságuk folyamatosan változik. Kezdetekben csak a termékenység számított, de a szélsőséges időjárási viszonyok tükrében előtérbe került a pufferképesség, aztán az idő előrehaladtával a termelés gazdaságossága, minőségi követelmények és a közelmúltban a környezeti, környezetvédelmi aspektusok. (Várallyay 2003)

Manapság tehát szükséges a talajt környezetvédelmi szempontból is vizsgálni, a környezetvédelmi vonatkozásait is megismerni. Várallyay (2003) hangsúlyozza, hogy ez az aspektus a kétirányúsága miatt igazán fontos: egyik oldalról a talaj „*elszenvedi*” a környezeti hatásokat, a másik oldalról az ésszerűtlen használat folyamánként fellépő talajdegradációs folyamatok következtében, illetve anyag- és vízforgalma okán hat a környezetre.

A környezet-talaj kapcsolatok között manapság a víz került a középpontba.

Várallyay (2008) szerint a jövőben a víz lesz a meghatározó tényező a mezőgazdaságban, a környezetvédelemben, illetve a környezet- és élelmiszerbiztonságban. Kitér továbbá arra is, hogy az alapvetően kedvező magyarországi agroökológiai adottságokat veszélyeztető egyik jelenség az időjárás és a talajállapot függvényében kialakuló szélsőséges vízháztartási helyzet a talajban. Látható tehát, hogy a vízgazdálkodás hatékonyságának növelésén belül a talajok növény számára optimális vízgazdálkodásának segítése meghatározó feladatunk lesz. A nem megfelelő vízgazdálkodású talajok a növények vízellátását is korlátozzák a víz beszivárgásának

gátoltsága, a duzzadás-zsugorodás okozta repedezés és a magas holtvíztartalom révén, így ezek a tényezők hatással vannak többek között a szántóföldi növénytermesztés sikerességére, hatékonyságára és gazdaságosságára is.

A kedvezőtlen vízgazdálkodású talajok arányát Várallyay (2008) 43%-ra teszi, aminek okaként többek között a nem megfelelő szemcseösszetételt és a sekély termőréteget jelöli meg. A talajok vízfelvevő és vízraktározó képessége kapcsán kitér arra is, hogy a beszivárgást gátló tényezők, mint a tömörödöttség vagy a nem megfelelő pórustér gátolják a beszivárgást és közvetetten hozzájárulnak a talaj további romlásához: belvizességet, vízéróziót okoznak, aszályérzékennyé tehetik a területet. Mivel a mezőgazdasági vízgazdálkodás fő feladata az, hogy különböző beavatkozások révén a talaj vízgazdálkodását a termesztett növények számára optimális állapotba hozza és ott tartsa, fontos megismerni a vízmérleget és annak elemeit. A vízmérleg input oldalán szerepel a csapadék, a felszíni odafolyás, illetve a horizontális és vertikális odaszivárgás. Az output elemei az intercepció, a transzspiráció, az evaporáció, illetve a vertikális és horizontális elszivárgás. Befolyásolja még a talajvízszint emelkedése, süllyedése, a növény vízfelvevétele, satöbbi, de a felsorolt adatok többsége nem, vagy csak pontatlanul, térbeni és időbeni változása pedig szinte egyáltalán nem mérhető. Ez többek között azért is probléma, mert a vízmozgás anyagforgalmat, szerkezeti változást is indukálhat a talajban, ami tovább növeli a talajhasználat szempontjából lényeges, de ismeretlen tényezők számát. (Várallyay 1985) A fenti tényezők vizsgálatával és elemzésével Várallyay (1985) létrehozott egy olyan talajosztályozási rendszert, amiben a talajokat vízháztartási tulajdonságaik alapján 11 csoportra osztotta:

1. *Erős felszíni lefolyás típusa:* általában lejtős terület, ahol, bár nagy mennyiségű a lehulló csapadék, korlátozott a beszivárgás (általában a felszínközeli természetes, vagy az emberi beavatkozás okán kialakult gyenge vízáteresztő képességű, tömörödött réteg). Súlyos talajpusztulás és erózió jellemzi. A felszíni víz mozgását lassító meliorációs eljárásokkal (például sáncolás) javítható.
2. *Erős lefelé irányuló vízmozgás típusa:* A nagy mennyiségű csapadék jelentős része beszivárog a talajba, erősen pozitív a vízmérleg, és többnyire erős kilúgzás jellemzi (a karbonátok, agyagrészecskék és az organominerális komplex egyes elemei is kilúgzódhatnak). A felesleges víz elvezetésével, például drénezéssel javítható a vízgazdálkodása.
3. *Mérsékelt lefelé irányuló vízmozgás típusa:* A lefelé irányuló vízmozgás és a kilúgzás ezeknél a talajoknál is dominál, de általában a kevesebb csapadék miatt mérsékeltőbb a

beszivárgás, vízmérlege erősen pozitív. Többnyire a vízben jól oldódó mállástermékek lúgzódnak ki. Érdemes a talajműveléssel a talaj vízmegtartó képességét javítani, a víztöbblet általában csak extrém időjárási viszonyok között és átmenetileg okoz problémát.

4. *Egyensúlyi vízmérleg típusa*: A lefelé és felfelé irányuló vízmozgás egy hosszabb periódusban vizsgálva kiegyenlített. Általában sík terület, ahol az éven belüli víztöbbletes és vízhiányos időszakok kiegyenlítik egymást. A vízgazdálkodásra ható talajművelésre általában nincs szükség, de például szárazabb időszakokban szükség lehet a vízigényes növénykultúra átmeneti öntözésére.
5. *Áteresztő típus*: a felszínre kerülő víz nagyja a talajba jut, de a gyenge víztartó képesség miatt a mélyebb rétegekbe vagy a talajvízbe szivárog. A homoktalajok ilyenek. Ennél a típusnál az aszályérzékenység csökkentése, a vízmegtartó képesség növelése az elsődleges feladat.
6. *Felfelé irányuló vízmozgás típusa*: Azokat a talajokat sorolja ide, amikben az alacsony sótartalmú talajvíz felfelé mozgása a domináns és nem történik szikesedés, sófelhalmozódás. A feladat ezeknél a talajoknál a lentől érkező, a növény számára káros vízfelesleg megszüntetése, elvezetése.
7. *Szélsőséges vízháztartás típusa*: Ezek a talajvíz felfelé szivárgása által meghatározott, de térben és időben szélsőségesen változékonnyal vízgazdálkodású talajok. Jellemzőek a felhalmozódási folyamatok. Fontos feladat a talajvíz, mint a felhalmozódó sók elsődleges forrása hatásának megszüntetése és a szélsőséges nedvességviszonyok kiegyensúlyozása.
8. *Sekély fedőréteg miatt szélsőséges vízháztartású talajok*: a sekély termőréteg alatt közvetlenül, padszerűen összecementált kavicsréteg dominál. Ez a típus, mivel nem tud nedvességet tárolni, és gyenge a vízáteresztő képessége, egyaránt aszály- és belvízérzékeny. Tartósan csak a kavicsréteg lazításával javítható, ami nem mindig lehetséges. Ezért vagy a sekély termőréteg szerkezetének javításával, vagy a körülményeket tűrő, alkalmas növénykultúra kiválasztásával hasznosíthatók ezek a területek.
9. *Felszíni vízfolyások hatása alatt álló vízháztartás típusa*: Ide tartoznak azok a talajok, amelyeknél az ismételt elöntés és üledéklerakódás miatt nem kezdődik meg a talajképződés. Vízháztartásuk alapvetően a rájuk ható felszíni víz mozgásának függvénye. Ezek többnyire folyószabályozási, árvízvédelmi hatáskörbe tartozó területek.

10. *Rendszeres felszíni vízborítás típusa*: Állandóan vagy időszakosan vízborított, lápos, mocsaras területek. Szerves anyag felhalmozódás és esetenként mészhakkumuláció jellemzi. Ezen területek hasznosítása sokrétű és összetett, napjainkban többnyire védettek és az állaguk megóvása a cél.

11. *Erdőterületek*: Mivel a zárt erdő olyan mértékben megváltoztatja a terület vízgazdálkodását, hogy az eredeti talajtípus jellemzői nem érvényesülnek, ezért külön kategóriába sorolta Várallyay.

A vízgazdálkodási tulajdonságoknak nagy figyelmet szentel Várallyay (2003) a talajok környezeti érzékenységének vizsgálatában is, hiszen a legtöbb ökológiai jelenség a talaj vonatkozásában a vízgazdálkodás függvényében alakul. A talaj vízgazdálkodásának van környezetvédelmi aspektusa (talajszennyeződések, azok terjedése, mozgása), hat a környezeti érzékenységre (például az aszálytűrő-képesség), a talaj termékenységére (vízszolgáltató képességére) és általában közvetlenül befolyásolja a talajdegradációs folyamatokat.

A fenti, vízgazdálkodásra ható tényezőkön és azok jelentőségén túlmenően Dobos (2022) rávilágít, hogy a megfelelő víztartó képességhez stabil talajszerkezetre van szükség, amit alapjaiban meghatároz a szerves anyag tartalom. Az aggregátumok állékonyságának feltétele a nagy mennyiségű humuszanyag megléte a talajban, ami így hozzájárul a kedvező póruster kialakulásához és fenntartásához, így a talaj kevésbé lesz érzékeny a szélsőséges időjárási viszonyokra, nagyobb lesz a stressztűrő- és pufferképessége. Megállapítja, hogy a helytelen agrotechnika károsítja a talajok szerkezetét, eloxidálja a megkötött anyagokat, ezen túlmenően pedig szinte egyáltalán nincs szerves anyag input a gazdálkodási gyakorlatban. Ennek következménye a csökkenő szerves anyag tartalom, a széteső talajszerkezet és a romló vízgazdálkodás. Ez egy alapvetően rossz szerkezetű, de magas humusztartalmú talaj túlművelése esetén végzetes is lehet. Szorgalmazza a talajkímélő, forgatás nélküli művelési módra való áttérést és a jelentős szerves anyag bejuttatást (például takarónövényezéssel) annak érdekében, hogy a mezőgazdasági művelés alatt álló területek a jövőben jobban tolerálják a csapadékeloszlásra egyre inkább jellemző szélsőségeket (aszályt). Madarász et al. (2012) ugyanerre a megállapításra jut. A különböző talajművelési eljárások vizsgálata során kiderítette, hogy az állékony aggregátumok létrejöttén kívül a talajéletnek, a szerves anyag felhalmozódásnak, a vízmegtartó képesség javulásának is kifejezetten kedvez a talajkímélő művelési mód. A szerves anyag tartalom és a talajszerkezet összefüggésére Kotroczó et al. (2023) is felhívja a figyelmet, valamint figyelmeztet arra, hogy a talajban tárolt szénkészlet nem megfelelő kezelés mellett gyorsan a légkörbe kerülhet.. Ez összefüggésben van a talaj hő- és

vízgazdálkodásával, a tápanyaggazdálkodással és végső soron befolyásolja a termékenységet. Dobos (2022) arra is felhívja a figyelmet, hogy a jövőben a mezőgazdasági és vízgazdálkodási feladatok a talajok szerkezeti degradációjának megakadályozásán és visszafordításán túlmenően ki kell, hogy terjedjenek a tájszemléletű gazdálkodási lehetőségek feltérképezésére és megvalósítására, az öntözési eljárások termőhely-specifikus adaptációjára, és szorgalmazza az okszerű talajművelés elterjesztését.

Ezzel összhangban Várallyay (2008) a legjelentősebb talajdegradációs tényezők között említi a kedvezőtlen mikrobiológiai folyamatok kialakulását és a szervesanyag-készlet csökkenését, ami nagyban befolyásolja a talajok minőségét és állapotát. Ezzel együtt úgy véli, hogy a magyarországi adottságok kedvezőek, a talajviszonyok, vízkészletek és klíma adottságok megfelelő alapot szolgáltatnak a különböző hasznosítású biomassza-termeléshez.

Tóth et. al. (2016) azonban felhívja arra figyelmet, hogy a talajokat hagyományosan egyetlen funkciójuk alapján volt szokás értékelni: a termékenységük alapján, ami manapság idejét múlt hozzáállás. Az idő előrehaladtával megjelent a szempontok között az ökológiai funkció, a környezeti hatásoknak való kitettség és a talajegészség, a fenntarthatóság és a talaj ökoszisztéma-szolgáltató aspektusának vizsgálata is. Mivel a termőképesség az, amit legrégebben vizsgálunk a talajainkkal kapcsolatban, erről részletes adatok állnak rendelkezésre, míg például a talajok ökoszisztéma-szolgáltató képességéről, vagy a talaj biológiai sokféleségéről csak kevés adat áll rendelkezésünkre. Ezen túlmenően a talaj egyes adottságai még termékenységi potenciál szempontjából sem értelmezhetők vagy minősíthetők önmagukban, hisz az európai összehasonlításból kiderül, hogy bár a talajadottságaink alapvetően jók, hazánkban a klimatikus viszonyok korlátozóan hatnak a talajok termékenységére. Minél összetettebb rendszerként, vagy egy összetett rendszer részeként értelmezzük a talajt, annál több aspektusa tárul fel a minőségének és annál nehezebb nagyobb léptékű területet minősíteni, és annál inkább csak a termőhelyi, vagy a parcellán belüli értékek lesznek értelmezhetők és megbízhatók. (Tóth et.al. 2016) A rengeteg, térben és időben változékony tényező között az egyik legfontosabb kérdés a degradáció, illetve a talaj degradációra való hajlama.

Várallyay (2003) szerint a talajainkat alapvetően két veszély fenyegeti: Az egyik a kívülről bekerülő szennyeződések, a másik a *degradáció*. A talajokban tárolt szerves anyag mennyisége a különböző talajdegradációs- és eróziós folyamatok következtében csökkenhet. Ezzel kapcsolatban Fekete et al. (2021) erdőtalajok különböző csapadékviszonyok melletti változását vizsgálva arra következtetésre jutott, hogy bár vannak egyértelmű és törvényszerű

összefüggések, olyan sokszorosan összetett kérdésről van szó, amelynek minden részlete komoly hatással lehet a talaj állapotára, a degradációs folyamatokra, fenntarthatóságra, stb. (Többek között az is kiderült a tanulmányból, hogy a pH és Ca tartalom, amelyek döntő hatással lehetnek a stabil szerves anyag keletkezésére, a nedvességviszonyok függvényében (kilúgzás) változnak.) Várallyay (2003) véleménye szerint kellő információ birtokában és a megfelelő talajhasználati eljárásokkal a talajaink állapota fenntartható és javítható, láthatjuk, hogy a feladat egyre nehezebbé és összetettebbé válik. Tudni illik a művelt területek arányának csökkenéséért egyebek mellett a talajpusztulás is okolható, az erózió 2,3 millió, a defláció 1,4 millió hektárnyi területet veszélyeztet. Tekintetbe kell venni, hogy ez a degradációs folyamat többek között a helytelen mezőgazdasági talajhasználati gyakorlat miatt alakul ki, illetve gyorsul fel (Bencsik 2009). Erre a folyamatra jó példa Bencsik kísérlete, amelyben a lehordott talaj és lefolyó víz mennyiségét egyaránt vizsgálta a bakhátas és hagyományosan művelt, lejtős területeken, a lejtő tetején és alján. A lehordott talaj mennyisége bakhátas művelés esetén $1,5 - 0,7 \text{ g/m}^2$, hagyományos művelésnél jelentősebb, $5,6 - 3,1 \text{ g/m}^2$ között mozgott. A lefolyt víz mennyiségében is szignifikáns volt a különbség: bakhátas művelésnél maximum $0,39 \text{ l/m}^2$ mennyiséget mértek, míg ez a hagyományos művelésnél $0,67 \text{ l/m}^2$ -t is elérte, 8 mm csapadék lehullása után. Több csapadékesemény után vizsgálta a lehordott humuszmennyiséget is. Megállapította, hogy hagyományos művelés mellett a lehordott humusz mennyisége jelentősen nagyobb, mint a bakhátas művelésnél, a lehulló csapadék függvényében. Összességében tehát úgy találta, hogy az eróziós károk a lejtős területeken magasabbak a hagyományos szántásos művelés esetén, mint ha bakhátat alkalmaznak, vagyis a termőhelyi adottságokhoz igazodó termelési mód kiválasztása a talajállapot fenntartása szempontjából kulcsfontosságú. Madarász et al. (2022) az egyre jellemzőbb villámárvizek, belvizek, jelentős talajerózió csökkentésére szintén a talajkímélő és megújító eljárásokat javasolja. A kísérletek során bebizonyosodott, hogy az ezekkel a technológiákkal művelt talajok esetén a talajveszteség egy nagyságrenddel a tolerálható szint alatt tartható és hatvan-hetven százalékkal csökken a lefolyás mértéke. Kende (2019) is úgy találta, hogy a nem megfelelő talajművelés az extrém időjárási jelenségekkel együtt általános talajpusztulást okozott. Szerinte a talajok klímára és gazdálkodásra adott ezen reakcióinak megismerése és mérséklése tudományos és nemzetgazdasági érdek egyaránt.

Abban, hogy mindannyiunk érdeke a talajaink óvása és a bennük zajló folyamatok gondos szabályozása, Várallyay (2003, 2008) is egyetért, azzal a kiegészítéssel, hogy a talajt nem önmagában, hanem rendszerként, a talaj, a víz, a növényzet és a felszín közeli légkör összességéként vizsgálja és értékeli. Mivel – mint írja – a talajt érő stresszhatások az emberiség

történetének előrehaladtával egyre erősödtek (napjainkban gyorsuló ütemben), nő az „antropogén stresszhatás” mértéke, a talaj romló állapota idővel korlátozni és veszélyeztetni fogja az emberiséget, mert nem tudja betölteni az eredeti funkcióit. Tóth et. al. (2016) leírja, hogy az Európai Unió Talajvédelmi Stratégiájában említett degradációs veszélyek, mint az erózió, szikesedés, tömörödés, savanyodás és a biológiai sokféleség és a széntartalom csökkenése mind olyan tényezők, amik a felelőtlen földhasználat következtében jelentkeznek, illetve felgyorsulnak, és amelyek pedig megfelelő odafigyeléssel megelőzhetők vagy mérsékelhetők lennének. Ezeknek a problémáknak a felismerése és kezelése kulcsfontosságú, ha fenn akarjuk tartani a talajaink termékenységét.

Várallyay (2008) a következő talajtermékenységet gátló tényezőket jelöli meg: nagy homoktartalom, savanyú kémhatás, szikesedés, nagy agyagtartalom, láposodás és mocsarasodás, erózió, felszín közeli tömör kőzet, kedvezőtlen biológiai folyamatok és a talaj pufferképességének sérülése, talajmérgezés. Ahogy arra Tóth et. al. (2016) is rámutatott, a talajtermékenységet veszélyeztető legtöbb tényező antropogén eredetű és megfelelő talajhasználattal kiküszöbölhető, megelőzhető. A szántók minősége Magyarországon változatos, D-e-Meter földminősítő rendszer szerinti viszonyszámokkal kifejezve átlagosan 48 és 64 között mozog a nagyobb tájegységeinken. Ez a minősítő rendszer alapvetően talajparamétereket, klimatikus paramétereket és termelési adatokat felhasználva vetít egy dimenzió nélküli viszonyszámot az adott termőterületre. Ezek az értékek a Duna-Tisza közén és a Tiszántúlon kisebb eltéréseket mutatnak, míg a Dunántúlon nagyobb a változatosság, ami a fent említett talajtulajdonságokból és klimatikus eltérésekből adódik, de általában odafigyelést és okszerű talajhasználatot kívánnak (Tóth et. al., 2016).

Pálmai és Horváth (2010) a talajtermékenységgel kapcsolatban egy másik problémára mutatnak rá tanulmányukban: a tápanyagutánpótlás hiányára. A megállapításuk alapját képező adatokat az 1. sz. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: Magyarország mezőgazdasági művelésbe vont területeinek NPK-Mérlege (kg/ha) Forrás: saját készítésű táblázat Pálmai és Horváth (2010) adatai alapján

Időszakok	Nitrogén	Foszfor	Kálium
1900-1950	-33	-7	-22
1961-1965	-24	1	-23
1971	7	27	21
1975	16	47	52
1984	27	46	41
1986-1990	32	24	14
1991	-55	-23	-33

1991-1995	-30	-13	-28
1991-2000	-28	-16	-40

A tápanyagutánpótlási gyakorlat változása a tanulmányuk alapján a következők szerint alakult: a talajtermékenység eleinte kizárólag ugaroltatással, vetésforgóval, szerves- és zöldtrágyázással történő fenntartása idővel nem volt lehetséges, ezért az akkori legújabb kutatások és a földműveléssel szemben támasztott igény nyomán új korszak kezdődött: a műtrágyáké. A műtrágyáknak és a termelési technológiának köszönhetően Európában a hatvanas évektől kezdve nőni kezdtek a terméseredmények, amely jelenség hozzánk a hetvenes években gyűrűzött be. Ezt megelőzően mindig negatív volt a tápanyagmérleg a termőtalajainkon. A hetvenes években aztán az agrokémiai szaktanácsadási rendszer és a talajvizsgálati laborhálózat létrejött, illetve az eleinte három, később ötévenkénti talajvizsgálatok átalakították a talajhasználati gyakorlatot és a növekvő műtrágyahasználat növekvő terméseredményt hozott. A nyolcvanas évek közepén ez kiegészült mikroelem kijuttatási javaslatokkal is, és így létrejött egy olyan rendszer, amivel elérték, hogy a termelés hatékonyságában nem lehetett a tápanyagellátottság a korlátozó tényező. Időközben felmerül a műtrágyahasználat környezetszennyező aspektusa is, végül a rendszerváltás teljesen átalakította a gyakorlatot: kevesebb, mint negyedére esett vissza hazánkban az átlagosan kijuttatott műtrágya mennyisége és ezzel egyidejűleg visszaesett a talajvizsgálatokkal kapcsolatos igény. Ez, és a magánosítással létrejött, szakképzetlen tulajdonosi és gazdálkodói kör a mezőgazdaságban és a talajok tápanyagellátottságában drasztikus változást hozott: a múlt század eleji, tartósan negatív tápanyagmérleg lett újra a jellemző – írják. „A nyugat-európai országok kényesen vigyáznak a termőföldjeik termőképességének megőrzésére, mert tudják, hogy az a jövő záloga.” - olvashatjuk a szerzők megjegyzését a magyar, és a nemzetközi viszonyok összehasonlításáról. Említést tesznek arról, hogy nálunk – úgy tűnik, hogy szerintük a tápanyag-utánpótlás helyettesítésére vagy kiváltására – megnőtt az érdeklődés és kereslet a talajbaktériumok iránt, de a szerzők kizártnak tartják, hogy ezekkel a készítményekkel a műtrágyák – az egyéb tényezők szerencsés alakulása nélkül – kiválthatók legyenek. Kitérnek többek között a bakteriális készítmények kétesnek ítélt hatékonyságára és szorgalmazzák egyrészt az ezekkel a készítményekkel kapcsolatos kérdések kutatását és megválaszolását, másrészt a termőtalajok tápanyagmérlegének mielőbbi helyreállítását célzó szemléletváltást.

Ennek kapcsán nem megkerülhető a talajlakó mikrobák életközössége, mint a mikrobiális készítmények működésének színtere. Ez a terület sokáig háttérbe szorult és csak újabban kezdték el kutatni a működését.

A Láng István által kezdeményezett, „Magyarország agroökológiai potenciáljának felmérése” program volt az első, országos léptékű kezdeményezés, ami a mezőgazdasági és erdészeti hasznosítású területeket, mint az ember által részben vagy egészen szabályozott ökoszisztémákat vizsgálta. Ez az újfajta szemlélet később további kutatásokat hozott magával, amik a talajt nem önmagában, fizikai és kémiai tulajdonságai mentén értelmezik és értékelik, hanem mint komplex, a környezetével kölcsönhatásban lévő, változatos folyamatoknak otthont adó közeget. Ez a szemléletmód hozzájárult a talajélet jelentőségének felismeréséhez, hiszen a talaj, mint ökológiai rendszer feltérképezése magában hordozza a talajlakó lények működésének és talajban betöltött funkciójának megismerését is. (Várallyay 2003)

Ennek ellenére számos tanulmány nem tér ki ezekre a tényezőkre. Dekemati (2020) és Kende (2019) munkája egyaránt mellőzi például a talaj mikrobiális közösségének vizsgálatát, és kizárólag a földigilisztát, mint a talajélet indikátorát vizsgálják. Ez azért is aggályos, mert ha a talaj stressztűrő képességét a növénytermesztés hatékonyságának aspektusából vizsgáljuk (márpedig az élelmiszerbiztonsági, agroökológiai és agroökonómiai, illetve természetvédelmi szempontból ez a lényeges kérdés), akkor a mikrobiális létformák működése és a növény-mikroba kapcsolatok kérdése megkerülhetetlen. Füzy et. al. (2003) szerint ugyanis a *stressz körülményekhez való alkalmazkodás* olyan összetett jelenség, amiben a növény stresszre adott reakciója és az ennek következtében a növény-mikroba kapcsolatokban bekövetkező változás is jelentős szerepet játszik, vagyis a klimatikus stressz révén a kultúrnövény is hat a talajfolyamatokra. Nem értelmezhető tehát a talaj, a talajban zajló fizikai és kémiai folyamatok összessége, a talaj környezetre gyakorolt hatása, talaj-klíma kölcsönhatás, vagy a klimatikus stressz önmagában, a növényzet és a talajélet nélkül, vagy csak a makrofauna vizsgálatával.

Füzy et. al. (2003) megállapítja, hogy a talajállapot és a mikrobiális aktivitás között szoros összefüggés mutatkozik, amit többek között a vízviszonyok és az ökoszisztéma (művelésből fakadó) instabilitása is befolyásol. Arra is rámutatnak, hogy a növényzettel szorosabb kapcsolatban élő nitrogénkötők stressztűrése magasabb, ami arra utal, hogy a gazdanövényrel fenntartott kapcsolat egyfajta stresszpufferként működik. A vizsgálat során úgy találták, hogy szélsőséges körülmények között a vegetáció a rizoszférában élő mikrobákkal összetett kapcsolatot alkot, és ennek a rendszernek köszönhetően létrehoz egy olyan stabil

ökoszisztémát, amiben a növény és a mikroba kölcsönösen növelik egymás stressztűrő képességét.

Gazdag (2019) felhívja rá a figyelmet, hogy a talaj mikrobiális életközössége kulcsfontosságú szerepet tölt be a talaj termékenységének és így a termelés hatékonyságának és fenntarthatóságának biztosításában. Munkája során különböző termőterületeken vizsgálta a hagyományos és organikus gazdálkodás, talajmikrobákra gyakorolt hatását. Elemezte többek között a talajok főbb fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságait, a talajlakó mikrobák mennyiségét és típusát, enzimaktivitást, respirációt és úgy találta, hogy az organikus, vagy ökológiai gazdálkodás egyértelműen elősegíti a talajélet fejlődését és működését, aminek számos pozitív hatása van. Javul a talajminőség-, és termékenység, a mikrobák élettevékenységük révén hozzájárulnak a tápanyagok feltáródásához és allokációjához, illetve növekszik a talajban tárolt szerves anyag és biomassza.

Dell'Abate és Bíró (2015) átfogó értekezésükben arról írnak, hogy a talaj mikrobiális életközösségének összetétele, aktivitása, tömege döntően befolyásolja a talaj állapotát és fordítva, a talaj jellegzetességei meghatározzák, hogy milyen mikrobák tudnak benne elszaporodni. Ha tekintetbe vesszük a tanulmányban szintén leírt összefüggéseket a mikrobiális közösség és a talaj, talajszerkezet, vízgazdálkodás, termékenység, degradáció, satöbbi között, akkor egyértelműen látni: olyan tényezőről van szó, amire a jövőben nagyobb figyelmet kell fordítanunk. A tanulmányban egyebek mellett arról is szó esik, hogy az intenzív (terményközpontú) talajművelési eljárások oly mértékben zavarják meg a talaj szerkezetét és a mikrobák életterét, ami a humifikálódott és nem humifikálódott szerves anyag elvesztegetését, a mikrobiális közösség degradálódását és talajminőség romlását hozza magával. Szorgalmazták a talajközpontú mezőgazdasági, talajgazdálkodási szemléletet, és az ehhez kapcsolódó eszközök és anyagok (például a talajoltó anyagok, a talaj mikrobiális közösségének segítésére szolgáló inputanyagok) használatát, aminek több előnye is van: meggátolható a talajok további degradációja, fenntarthatóvá tehető a mezőgazdasági talajhasználat, csökkenthető a környezetterhelés és végső soron ez az út vezet az egészséges és minden szempontból biztonságos élelmiszerellátáshoz.

Domonkos et al. (2015) a mélyszántás és a tárcsázás hatásait hasonlította össze és úgy találták, hogy a talajból különböző mélységből vett mintából kitenyészthető csíraszámmal együtt a humusztartalom is növekedett a kímélő művelés esetén, többnyire pozitív összefüggést mutatva. Az ettől helyenként eltérő eredményeket azzal magyarázzák, hogy a kímélő művelés nem töri össze a talajaggregátumokat, így olyan védett öblök jönnek létre a talajban,

amelyekben a szerves anyagok lebontása akadályozott, így közvetve hozzájárul az lebontási folyamat elnyújtásához és a magasabb szerves anyag tartalomhoz, ami így nem korrelál a csíraszámmal.

Mint fentebb láthattuk, a mikrobiális életközösség tevékenysége olyan sokrétű és szerteágazó módon hat a talajra, ami a talaj tágabb értelemben vett környezeti kölcsönhatásait alapvetően meghatározhatja.

Egy, Dr. Birkás Márta vezetésével 2005 és 2008 között lezajlott tartamkísérlet a talaj minőségének fenntartását, illetve javítását célozta, különböző talajművelési módok hatásának vizsgálata által. A projekt során többek között bebizonyították, hogy a talajminőség romlása közvetlenül hat a klímára, még hozzá káros módon. A kísérlet során egyebek mellett az egyes művelési módok szén-, víz-, és morzsakímélő, illetve a földigilisztákra gyakorolt hatását is elemezték és a kapott eredmények rámutattak: a megfelelő agrotechnika megválasztása azon túlmenően, hogy közvetlenül pozitív hatással van a talajra, annak stressztűrő képességére és termőképességére, közvetetten a szerves anyagban megkötött, illetve a helytelen művelés által a talajból nem felszabadított szén révén hat a klímára.

Dekemati (2020) a klíma felől közelíti meg a klíma és talaj kölcsönhatását, amikor munkája előzményében leírja, hogy az egy főre jutó termőterület csökkenésének egyik legfontosabb oka az éghajlatváltozás hozadéka, a klímakár talaj és növény kapcsolatára gyakorolt negatív hatása. Az egyenetlen csapadékeloszlás és az emelkedő átlaghőmérséklet degradálja a talajokat, amely jelenség eredményeként a klímakár enyhítés is megjelent a talajművelés alapvető célkitűzései között. Várallyay (2008) rámutat, hogy a már most is korlátozott vízkészletek a prognosztizált globális klímaváltozás okán a jövőben tovább szűkülhetnek, illetve a hozzáférhetőségük térben és időben hektikusabbá, kiszámíthatatlanabbá válhat a mostaninál is. Ezt megerősíti Pongrácz et. al. (2008) is. Cikkükben az „extrém időjárási események gyakoriságának és amplitúdójának megváltozását” jósolják, extrém indexek elemzésével és szimuláció felállításával. Eszerint 2070 és 2100 közötti időszakra a nyári maximumhőmérséklet akár 5,4 Celsius fokkal is megnőhet, növekvő napon belüli hóingás mellett. Úgy vélik továbbá, hogy a csapadékeloszlás el fog tolódni a téli időszakra, vagyis télen több lesz a nagy csapadékkal járó időjárási esemény, míg nyáron ezek száma valószínűleg csökkenni fog. Ezt megerősíti Bidló és Horváth (2018) is, és hozzáteszik, hogy a szélsőségesse váló időjárás két talajtényezőre lesz várhatóan hatással: nőni fog a talajok hőmérséklete és csökkenni fog a víztartalma. Figyelembe véve, hogy a talajhőmérséklet korrelál a léghőmérséklettel, és hogy a talajok jelentős vízmennyiséget

képesek tárolni és azt párolgás útján a légkörbe bocsátani, láthatjuk, hogy ezen tényezőknek fontos mikroklimatikus vonatkozásai is vannak.

Bidló és Horváth (2018) szerint a talajba kerülő szerves szén mennyisége elsősorban a talajéletet, vagyis a lebontási folyamatokat gátló tényezőktől, így a nyári szárazságtól és a téli hidegtől függ (nem nézve a lápos, mocsaras területeken az oxigénhiányból fakadó korlátozottságot). Ez a megállapítás megint csak a klíma oldaláról közelíti meg a talajok és a légkör kölcsönhatásainak hozadékát.

Éppen ezért belátható, hogy talajaink védelme, ésszerű, fenntartható használata, az állaguk megőrzése és javítása a fenntartható fejlődés alapvető fontosságú eleme. (Várallyay, 2008)

Várallyay (2008) a talaj funkciói között említi, hogy feltételesen megújuló természeti erőforrásról van szó. Kitér továbbá arra is, hogy a fenntartható talajhasználat előtt két út áll, amikor korlátozó tényezőbe ütközik: vagy alkalmazkodik, vagy megváltoztatja ezeket a tényezőket. Részletesen ismerteti a különböző, kedvezőtlen talaj-vízháztartási jelenségekre adható válaszokat, többek között a talajvédő művelési módokat.

2. táblázat: A talaj-vízháztartás szabályozásának lehetősége és módszerei, saját készítésű táblázat Várallyay (2008) alapján

Lehetőségek	Módszerek
Felszíni lefolyás megakadályozása vagy mérséklése	beszivárgás időtartamának növelése, zárt növénytakaró, megfelelő talajművelés, mélylazítás
Felszíni párolgás megakadályozása vagy mérséklése	beszivárgás gyorsítása, felszíni vizek befolyásának megakadályozása
Talajon keresztüli talajvíz-táplálás megakadályozása vagy mérséklése	talaj víztartó képességének növelése, repedezés-zsugorodás-duzzadás mérséklése
Talajvízszint emelkedés megakadályozása vagy mérséklése	talajvízszint-szabályozás
Talajba szivárgás elősegítése	felszíni lefolyás csökkentése
Talajban történő hasznos tározás elősegítése	megfelelő művelési ág, vetésszerkezet megválasztása, talajjavítás és - kondicionálás
Hiányzó víz pótlása	öntözés
Felesleges és káros vizek felszíni és felszín alatti elvezetése	vízrendezés, drénezés

A talajok degradációs folyamatainak mérséklése és visszafordítása, az egészséges talajfolyamatok helyreállítása központi kérdés. Milics et. al. (2008) a környezetbarát mezőgazdasághoz való visszatérést a precíziós gazdálkodási technológiákban látják. Kitérnek arra, hogy a helytelenül megválasztott agrotechnika feleslegesen terheli, károsítja a környezetet. A kutatásukban bebizonyították, hogy a precíziós, vagy helyspecifikus technológia alkalmazásával (azaz a tenyészidőszakban a folyamatosan monitorozott területen a begyűjtött adatoknak megfelelően kiválasztott beavatkozási eljárásokkal) lehetséges egy kevésbé input-

igényes, jelentős hozamnövekedést eredményező gazdálkodás folytatása, a környezet és a talaj felesleges terhelése nélkül (a hagyományos gazdálkodási eljárással megművelt területtel összehasonlításban).

Az egyes művelési módoknak szerteágazó hatása lehet, amelyek megismerése rendkívüli jelentőséggel bír, hiszen a talajaink megőrzése elsődleges feladatunk. Kende (2019) a különböző művelési módok klímakár-érzékenységre gyakorolt hatását vizsgálta kutatásában. Megállapította, hogy a legjobb talajállapot (a talaj szemcseösszetétele, nedvességtartalma, ellenállása, kergesedés, termékenység és gilisztaszám tekintetében) a vizsgált területeken a kultivátoros és a sekélykultivátoros, míg a legrosszabb eredményt a szántásos és tárcsázott alapműveléssel érhető el, vagyis ez utóbbiakkal művelt talajok érzékenyebbek a szélsőséges klimatikus jelenségek okozta károkra. Többek között azt is megállapította, hogy a talajban lévő földgiliszták száma is szignifikánsan csökkent a szántásos művelés hatására, amelyek pedig a talaj forgatásában és a lebontási folyamatokban is jelentős szerepet játszanak és indikátorai a talajéletnek. Kutatása emellett arra is rámutatott, hogy a talajművelési módtól függő mértékben, de növekszik a humusztartalom a mulcshagyásos, szervesanyag kímélő technológia következtében.

Dekemati (2020) munkája során abból indult ki, hogy a talaj állapota döntően befolyásolja a klimatikus tényezők talajra gyakorolt hatását, ezért különböző talajművelési módok hatását vizsgálta ebben az összefüggésben. Kendőhöz (2019) hasonlóan ő is úgy találta, hogy a talajtakarásos eljárások kísérőjeként a legjobb a kultivátoros, a legrosszabb a szántásos művelés, vagyis ez utóbbi a megfelelő vízgazdálkodási tulajdonságokat és a biológiai talajaktivitást elősegítő állapot létrehozását célzó technológia esetén kerülendő.

Amellett, hogy általában kerülendő a talajromboló technológiák alkalmazása, Bencsik (2009) kísérletei is azt igazolták, hogy az egyedi talaj- és termőhelyi adottságokhoz igazodva kell megválasztani a megfelelő talajművelési eljárást.

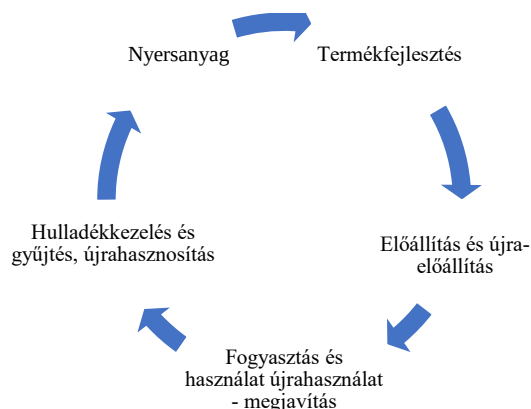
Kotroczó et al. (2017) erdei környezetben az avarinput befolyásolásával vizsgálta a felszínre kerülő szerves anyag és a talajban zajló folyamatok összefüggéseit. Ennek során megállapították, hogy hosszú távon a felszínre kerülő többlet sokkal kisebb hatással van a talajra, mint ha hiányozna ez az input. Ez is arra enged következtetni, hogy egyes talajvédő művelési módok, pontosabban az olyan technológiák, amik „avart” hagynak a művelt területek felszínén, hosszabb távon hozzájárulnak a talaj egészségének megőrzéséhez.

Németh (2017) a gazdálkodók hozzáállása, alkalmazkodóképessége felől közelítette meg a mezőgazdaság kontra éghajlatváltozás kérdését, és azt vizsgálta, hogy egyrészt a mezőgazdasági tevékenységet folytatók mennyire tapasztalják a klímaváltozás hatásait a mindennapjaikban, másrészt milyen módon reagálnak rá. Alkalmazkodnak a változáshoz, vagy sem, és ha igen, hogyan? Megállapította, hogy – az időjárásnak való kitettség okán - a szántóföldi növénytermesztéssel foglalkozók érzik leginkább a klímaváltozás hatásait, és a mélyinterjúk alapján ugyanez a csoport hajlandó leginkább alkalmazkodni a megváltozott körülményekhez. Ezt (az öntözés bevezetése vagy korszerűsítése mellett) részben fajtaváltással kísért technológia-váltás útján tervezik: a legtöbb interjú-alany a mélyszántásról a szántóföldi kultivátor használatára való áttérést említette. Ez összecseng Dekemati (2020) és Kende (2019) megállapításaival, és arra enged következtetni, hogy az egyre szélsőségesebbé váló időjárás okozta kényszer végül olyan irányba terelhetni a gazdálkodási gyakorlatot, amit a tudományos kutatások is igazolnak.

Ballai et. al. (2019) a cirkuláris, fenntartható mezőgazdaságban rejlő lehetőségeket vizsgálta. A cirkuláris vagy körkörös gazdálkodás lényege, hogy a korábbi lineáris szemléletmód helyett, amiben a végtermék mellett minden esetben keletkezett melléktermék vagy hulladék, ezután az összes keletkező anyag hasznosítását kell előtérbe helyezni. A cél az, hogy ami a folyamat egy fázisában hulladék, az egy másik fázisban alapanyaggá vagy segédanyaggá válik. Ilyen módon a keletkező szennyvíz, szennyvíziszap (megfelelő előkészítés, tisztítás, kezelés után) szerintük a jövőben egyre nagyobb szerepet kaphat mezőgazdasági talajjavító és tápanyagpótló anyagként. Cikkükben többéves szennyvíziszap hasznosítási tapasztalatra, kísérletekre hagyatkozva megállapították, hogy ez az anyag alkalmas egyrészt a talaj tápanyaghiányának pótlására, a biológiai aktivitás növelése révén a tápanyag-szolgáltató képesség javítására, másrészt fontos vízgazdálkodási aspektusa van. A szennyvíziszappal a talajba juttatott szerves anyag révén javul a talaj vízgazdálkodása, illetve önmagában az iszap víztartalmának helybeni hasznosítása eszközként szolgál a jövőben egyre nagyobb kihívást jelentő vízhiány kezelésére. A cikkben szó esik bizonyos aggályokról és feltételekről is: a fogadó talaj minősége, összetétele, egyes fizikai, kémiai tulajdonságai függvényében megfontolandó, esetenként mellőzendő az ilyen jellegű talajjavítás. A másik a toxikus anyagok, gyógyszermaradványok felhalmozódása a talajban. Ez utóbbiról megállapítják, hogy a jelenlegi kezelési, tisztítási, komposztálási eljárások többnyire nem felelnek meg teljesen az elvárásoknak, vagyis nem lehet

ezeket az anyagokat teljes mértékben eltávolítani a szennyvízből, szennyvíziszapból, ezért ezeknek a talajjavításra történő használata csak különös körültekintéssel lehetséges.

1. ábra: A cirkuláris gazdaság szakaszai, saját szerkesztés Ballai. et. al. (2019) alapján



A talajművelési módszerek közül a forgatásos művelés, a direktvetés és a bakhátas művelés talajra gyakorolt hatását vizsgálta László és Gyuricza (2008). Kísérletükben tíz éven át figyelték a különböző művelési módok a talaj egyes fizikai tulajdonságaira, vízgazdálkodására és termőképességére gyakorolt hatását. Abból indultak ki, hogy ha a művelési mód megválasztásánál a termőhelyi- és talajadottságokat nem vesszük figyelembe és sablonos eljárást alkalmazunk, az mindenképp biológiai és fizikai talajdegradációhoz vezet. Elsősorban a felszíni és felszín alatti tömörödést vizsgálták, mint a szélsőséges vízgazdálkodás okozóját. A talaj tömörödését egyrészt a térfogattömeg vizsgálatával (5-10, 15-20 és 40-45 cm mélységben), másrészt a talajellenállás penetrométerrel történő vizsgálatával mérték és vizsgálták a talaj víztartalmát különböző mélységekben. Úgy találták, hogy a talaj vízgazdálkodása a szántott mélységben egyenletes, tömörödöttség nem tapasztalható, de a száradó felület és a bolygatás miatt alacsonyabb a víztartalom a felső rétegben. Ezzel szemben a bakhátas művelésben a lazább szerkezetű bakhát alatt, és a direktvetésben a természetes tömörödés és a művelés okozta taposás miatt tömörödöttebb a talaj. A víztartalom a felsőbb rétegekben a direktvetés esetén volt a legmagasabb, ami a talajtakarás és bolygatatlanság eredménye (szemben az évenkénti szántás és takaratlanság szárító hatásával a hagyományos művelésben). A 30-40 cm körüli mélységben azonban a szántott terület víztartalma volt kedvezőbb, vélhetően a szántás miatti laza szerkezet miatt.

Többek között a különböző művelési módok humusztartalom alakulására gyakorolt hatását is vizsgálta Bencsik (2009). Az eredményei alapján a legjobb eredményt a direktvetéses eljárás hozta. A humusztartalom a mélység függvényében 1,18 és 0,83% között növekedett a hároméves kísérlet végére a parcellában, míg a szántásos művelés szignifikánsan alacsonyabb

humusztartalmat eredményezett a többinél (a vizsgált technológiák: direktvetés, tárcsázás, kultivátoros művelés, szántás és lazítás tárcsázással). Bencsik tanulmányában azt is megemlíti, hogy a nagy mennyiségű és jó minőségű szerves anyag növeli a talaj pufferképességét és ellenállóbbá teszi az erózióval szemben.

Bottlik (2016) a felszíntakarás hatását vizsgálta különböző eljárások mellett, különböző termőterületeken. Megállapította, hogy a termőhelyi adottságoktól, talajféleségtől függő mértékben, de egyértelműen megállapítható, hogy a kíméletes és korlátozott talajművelés, illetve a mulcshagyó eljárások együtt és külön-külön is pozitív hatással vannak a nedvességtartalomra, a talajszerkezetre és a talajéletre.

Ahogy azt Bencsik (2009) is leírja tanulmányában, a földi légkör szén-dioxid koncentrációja a napszak és évszak függvényében kismértékű, természetes periodicitást mutat. Ezt a körforgásos folyamatot zavarta meg az emberiség ipari tevékenysége, amelynek révén a légköri széndioxid koncentráció évi 1,5 ppm-mel nő. Bencsik leírja, hogy amerikai tanulmányok alapján a légkörbe jutó többlet szén-dioxid huszonhárom százalékaért a mezőgazdasági tevékenység a felelős. A talaj állandó forgatása, azaz túlszellőztetése fokozza az aerob mikrobák mineralizációs tevékenységét, ami végső soron a talaj szénkészletének légkörbe kerülését eredményezi. Ezek alapján a szántásos művelés, a talajok szerves anyag tartalmának csökkenése és az ebből fakadó talajdegradáció, illetve a mezőgazdaság szén-dioxid emissziója között közvetlen összefüggés van. Megállapítja továbbá, hogy biológiai és fizikai szempontból degradáltabb talajok sokkal nagyobb veszélynek vannak kitéve például egy tartós szárazság idején, éppen ezért nem csak a szénkibocsátás, hanem a mezőgazdasági tevékenység hatékonysága és eredményessége okán is szükség van a talaj- és szénkészlet kímélő földhasználati megoldásokra. A termőhelyi adottságok függvényében a lehetőségek között említi a kedvező talajállapot fenntartására, a vízgazdálkodás javítására irányuló eljárásokat, illetve a géppark jelenkori kihívásoknak megfelelő módon történő megválasztását. Horváth (2018) szerint a talajok szerves anyag formájában mintegy 1500 milliárd tonna szenet tárolnak. Ez a duplája a légkör, és ötszöröse a föld feletti biomassza széntartalmának. A talajba kerülő szén mennyiségét jelentősen befolyásolja egyrészt a talajélet aktivitása és a lebomlási folyamatok, másrészt talajfelszínre kerülő szerves anyag mennyiségi és minőségi paraméterei. Bencsik a hároméves, különböző talajművelési eljárások vizsgálata során arra a következtetésre jutott, hogy az emissziós érték, vagyis a szén-dioxid kibocsátás direktvetéses talajművelés esetén a legalacsonyabb. Összességében arra a következtetésre jut, hogy a talajművelést követő azonnali lezárása, vagy bolygatásmentes művelése csökkenti a légkörbe kerülő szén-dioxid

menyiségét és a talajban felhalmozódó szerves anyag mennyiségét. Erre a megállapításra jutott Bottlik (2016) is. Úgy találta, hogy a talajkímélő művelési módok, mivel nem okoznak túlzott szellőzést, és így nem serkentik túlzottan a talajlakó mikrobák mineralizációs tevékenységét, csökkentik az emissziós értéket.

A szántóföldi művelés szén-dioxid kibocsátásának másik fontos eleme a technológia talajra gyakorolt hatásán túlmenően maga a technológia. Ez az aspektus sem megkerülhető, ha a cél a legoptimálisabb talaj- és környezetkímélő művelési eljárás kiválasztása adott termőhelyen a klímakockázat és a klímára gyakorolt hatás figyelembevételével. Polgár et. al. 2019-ben számolt be arról a tanulmányról, amiben a különböző, hagyományos módon művelt növényi kultúrák, művelésből fakadó károsanyag-kibocsátását, eutrofizációs és savasodási potenciálját is vizsgálta környezeti életciklus elemzéssel (LCA). Ezt az elemzési eljárást a fenntarthatósági és környezetkezelési döntéstámogatás céljából fejlesztették ki, kiterjed a termelési folyamatok és a termékek életciklusának elemzésére is, és alkalmas a hatékonyság növelésére és folyamatok összehasonlítására egyaránt. Az elemzésben a termelési folyamat minden komponensének keletkezését és felhasználását is figyelembe veszik, például a gépek üzemeltetésének feltételeit, a felhasznált növényvédő szereket és műtrágyát, minden részterület input és output elemét. A szén-dioxid kibocsátást illetően Polgárék arra a megállapításra jutottak, hogy a művelési eljárás fosszilis energiaigénye miatt a fosszilis üzemanyag előállításából és felhasználásából fakadó energiatöbblet okán a több körös művelést igénylő növénykultúrák termesztése nagyobb emisszióval jár.

3. Következtetések, eredmények

Mint láthattuk, a mezőgazdaság, és általában a talajhasználók összetett és nehéz feladat előtt állnak. Talajaink sokrétű és összetett kapcsolatban állnak környezetükkel, és ebben a rendszerben olyan szünet nélküli egymásra hatás zajlik, amit teljes egészében még nem ismer a tudomány. Ilyen körülmények között kell a lehető legrövidebb időn belül, a lehető legjobb döntéseket meghoznunk a talajok kezelésével kapcsolatban, hogy megelőzzük a további talajpusztulást és megkezdődhessen az évtizedek óta okozott károk helyreállítása. A legnagyobb nehézséget talán az okozza, hogy ahogy a talajok elhelyezkedésüktől, környezetüktől, összetételüktől függően rendkívüli változatosságot mutatnak, úgy az egyes művelt egységekkel kapcsolatos nehézségek és problémák is sokfélék, ezért nincs egyetemleges, minden helyzetben alkalmazható megoldás.

Rengeteg olyan kérdés van, amit adott területen a talajtermékenység fenntartása mellett és azzal összefüggésben meg kell válaszolnunk a tudatos és okszerű talajgazdálkodáshoz vezető úton. Az elsődleges kérdés, amit fel kell tennünk, mindig a talaj pillanatnyi állapotáról és minőségéről szól. Első lépésként meg kell ismernünk a gondozásunkban lévő talaj fizikai és kémiai, illetve biológiai tulajdonságait, jellemzőit, a környezetét, a terület domborzati és klimatikus viszonyait. Ezek az adatok és információk szolgáltatják azt a kiindulási mátrixot, amire a feladatok és célok kijelölésével felépíthetjük a jövőbeni talajgazdálkodási koncepciót. Ezt követhetik aztán a gyakorlati eszközök és módszerek megválasztását segítő kérdések. Milyen módon degradálódik a talaj, és hogyan lehet ezeket a folyamatokat mérsékelni esetleg visszafordítani? Milyen a talaj vízgazdálkodása, javítható valamilyen módon? Milyen kölcsönhatásban áll a közvetlen és közvetett környezetével, amit figyelembe kell venni a talajhasználat során? Milyen absztrakt funkciót tölt be, ami feladatot jelent a talaj kezelése mikéntjének megválasztásában? Többek között ezekre a kérdésekre kell megtalálnunk a választ a talajhasználat módjának kidolgozásakor, és a talajművelési eljárás(ok) megválasztása előtt.

3.1. A talaj és a terület felmérése

3.1.1. Talajvizsgálatok

Az adott területen szükséges talajvizsgálatok kérdése nehezen megválaszolható. A szokásos eljárás szerint legfeljebb bővített talajvizsgálatot szokás végezni, ami néhány fizikai és kémiai paramétert vizsgál: pH, arany féle kötöttség, vízben oldott sók, kalciumkarbonát, foszfor-

pentoxid, kálium-oxid, nitrogén, magnézium, szulfát, mangán, cink, réz, és csak egyetlen biológiai mutatóval foglalkozik: a humusztartalommal. A szakirodalmi áttekintés azonban rávilágított, hogy a talajban zajló folyamatok megismerését nem korlátozhatjuk néhány paraméterre, ha átfogó képet akarunk kapni. A vonatkozó szakirodalomban láthattunk példát arra, hogy csak a biológiai folyamatok megismerése rengeteg jelenség és paraméter együttes feltérképezését és megismerését kívánja. A talaj fizikai adottságai nem merülnek ki a kötöttségben, a kémiai jellemzők nem ismerhetők meg néhány elem pillanatnyi mennyiségének vizsgálatával. A talaj fizikai-kémiai-biológiai állapota ráadásul részben dinamikus, amely dinamizmus megismerése (például a biológiai aktivitás változása, a káros sók mennyiségének változása az esetleges felhalmozódási folyamat feltárása miatt, vagy az elérhető nitrogén mennyisége és minősége) esszenciális a sikeres gazdálkodáshoz. Ezen túlmenően, ahogy az az ismertett kutatásokból is kiviláglik, a különböző paraméterek, mint például a tömörödés, a szemcseösszetétel, a víztartalom, elemtartalom és a mikrobiális közösség összetétele a talajban a mélység függvényében változhat, ami szintén hat a talajgazdálkodás sikerességére. Éppen ezért a szükséges vizsgálatok körét a szokásos, bővített talajvizsgálaton kívül általában érdemes termőhelyspecifikus módon kiterjeszteni attól függően, hogy milyen problémákat észlelünk az adott talajjal kapcsolatban, amelynek megoldásához többletinformációra van szükségünk. Néhány példa:

- Alacsony szerves anyag tartalom, vagy a csökkent biológiai aktivitás: ezen problémák kezelésére, ahogy az a kutatásokból kiderült, először olyan talajművelési eljárást kell választanunk, ami nem, vagy csak minimálisan bolygatja a talajt. Kerülendő a szántásos művelés, inkább a direktvetést, kultivátoros művelést érdemes választani mulcsolás, takarónövényezés és szerves anyag bejuttatása mellett.
- Tápanyaghiány: Pálmai és Horváth kutatásából láthattuk, hogy ez általános probléma, ők a megoldást a tápanyagutánpótlásban látják.
- Tömörödés: a tömörödött talajrétegeket a forrásokban olvasottak alapján lazítani kell, hogy elősegítsük a megfelelő víz- és levegőgazdálkodást.

A domborzati viszonyok több okból is meghatározók, amikor a talajgazdálkodás mikéntjét kell megválasztanunk. Egyrészt a lejtőszög, a domborzati változatosság meghatározza a talaj víz-, és vízdoldott anyag-gazdálkodását, másrészt sokat elárul előzetesen a valószínűsíthető degradációs folyamatokról. Ahogy a hivatkozott tanulmányokból kiderült: a lejtés kiegyensúlyozatlanná teszi a vízgazdálkodást, torzítja a beszivárgást, nem megfelelő kezelés

esetén vízerózió és fokozott talajpusztulás léphet fel. Ezen kívül a lezúduló és elszivárgó víz hasznos tápanyagokat, szerves anyagokat vihet magával, amik másutt káros mértékben felhalmozódhatnak. Ezek a jelenségek megfelelő technológiák alkalmazásával, például bakhátas gazdálkodással mérsékelhetők, megakadályozhatók.

3.1.2. Klimatikus viszonyok

A klíma alapvetően meghatározza a mezőgazdasági termelés lehetőségeit, hiszen korlátozza a területen termesztendő növények körét, amely törvényszerűsége csak korlátozottan hathatunk szántóföldi körülmények között (például öntözéssel). Ezen túlmenően a csapadék mennyisége és eloszlása, illetve a hőmérséklet jelentős hatással van a talajra is. Több tanulmányban és kísérletben is láthattuk, hogy hat a vízgazdálkodásra, és ezáltal az anyagmozgásra, a talaj esetleges kergesedésére, tömörödésére, a növényzet és nedvesség révén a talajéletre. Meg kell ismerni a terület jellemző időjárási viszonyait, ha sikeres talajgazdálkodást akarunk folytatni.

3.2. Degradációs folyamatok feltérképezése

A különböző talajdegradációs folyamatokkal foglalkozó értekezésből kiviláglik, hogy kardinális kérdésről van szó. A talajok pusztulásának, állapotromlásának, mint láttuk, számos eredője, oka lehet, mind más módon hat és másfajta állagromlást okoz. Következésképp ezeknek a jelenségeknek a kezelése is sokféle lehet. A következőkben részletezek néhány, a feldolgozott munkákban érintett degradációs jelenséget.

3.2.1. Erózió

A talajokban keletkező eróziós károk hozadéka a termőtalaj lemosódása, a termékeny felső réteg elvékonyodása. A lemosódó anyagok másutt akkumulálódnak és környezeti károkat okozhatnak. Éppen ezért az eróziós károkat, egyrészt a talaj termékenységének és szerkezeti állagának megóvása érdekében, másrészt a másutt esetleg okozott kár mérséklése érdekében meg kell előzni. A kutatások alapján az eróziós károk csökkentésére szolgálhat lejtős területeken a sáncolás, bakhátas művelés, segítheti a mulcsozás és a takarónövények használata.

3.2.2. Szikesedés

A szikesedés elsődleges (természetes) és másodlagos (antropogén) formája egyaránt veszélyezteti a talaj egészségét és funkcióinak betöltését. A felhalmozódó sók akadályozzák a növényi víz-és tápanyagfelvételt, károsítják a talajéletet és a talaj degradálódását idézik elő. Az

elsődleges szikesedés ellen, aminek a forrása a felfelé mozgó talajvíz, vagy a máshonnan odafolyó víz magas sótartalma, ezeknek a vízforrásoknak a korlátozásával védekezhetünk. Várallyay (2003,2008) többek között a drénezést említi, mint lehetőséget a káros talajvízhatás megszüntetésére.

3.2.3. Tömörödés

A talaj tömörödésének, vagyis a térfogattömeg növekedésének következménye a talaj pórustérének lecsökkenése. A csökkent pórustér olyan szerkezeti probléma, ami gátolja a talaj levegő- és vízgazdálkodását, a növényi gyökérzet fejlődését, a talajéletet. A megfelelő pórustér kialakulása és a kiegyenlített vízgazdálkodás elősegítése kiemelt feladat a talaj kezelésében. Mint fentebb írtam, a források alapján az elsődleges megoldás a talaj lazítása, a megfelelő pórustér kialakítása. Ahogy láhattuk, a mikrobiális tevékenység is hozzájárul az ideális talajaggregátumok létrejöttéhez, tehát a talajélet aktivitásának serkentése is kívánatos lehet.

3.2.4. Biológiai sokféleség és széntartalom csökkenése

A talaj életközössége és az ehhez szorosan kapcsolódó széntartalom minden változásra érzékenyen reagál. A kutatások feltárták, hogy az egészséges talajbiológiai állapot a tápanyagok feltárásával és allokációjával, illetve a szimbiotikus kapcsolatok révén jótékonyan hat a növénykultúrára. A feldolgozott kutatásokban szereplő további előnye az aktív talajéletnek, hogy az élettevékenysége révén hozzájárul a szén talajban történő felhalmozódásához és a talajaggregátumok állékonyságának fenntartásához (vagyis a talaj ideális szemcseösszetételéhez) is. A talajélet aktivitásának kulcsa a tanulmányok alapján egyrészt a bolygatatlanság, másrészt a megfelelő növénykapcsolat és rendelkezésre álló szerves anyag. Olyan művelési módot kell választani, ami ezeket lehetőleg biztosítja.

3.2.5. A talaj vízgazdálkodása

Több szerző is foglalkozott a talajok vízgazdálkodásának különböző aspektusaival. A gazdálkodó elsődleges célja természetesen az, hogy a növény számára mindenkor ideális mennyiségű felvehető víz álljon rendelkezésre a talajban. Ennek különböző akadályait és kezelési lehetőségeit tárták fel a kutatások, különböző vízgazdálkodási jelenségeket véve górcső alá.

3.2.6. Egyensúlyi vízmérleg

Az egyensúlyi vízmérleggel rendelkező talajok általában sík felületűek, megfelelő porozitásúak, a talajvíz és a csapadékesemények mozgása egy perióduson belül egyensúlyban van, legfeljebb az eseti aszályos időszakot kell kezelni öntözéssel. Az ilyen terület művelésében a prevenció és az állagmegóvás az elsődleges feladat. Több kísérlet is bizonyította, hogy a mulcsozással, takarónövényezéssel kiegészített kultivátoros, sekélykultivátoros művelés a legjobb választás, ha a cél az egészséges, jó pórusterű, víz- és tápanyaggazdálkodású talaj, amelyben egészséges a talajélet és kellő mennyiségű szerves anyag van.

3.2.7. Felszíni lefolyás

Ezeknél a talajoknál a lehulló csapadék mennyisége általában megfelelő, de vagy a lejtőszög miatt a víznek nincs ideje beszivárogni és lefut, vagy a talaj valamely tulajdonsága akadályozza a beszivárgást. A lejtésből fakadó beszivárgási probléma sáncolással, vagy bakhátas műveléssel, esetleg mulcsolással és takarónövényezéssel, mint láttuk, egy bizonyos fokig korrigálható. A víz beszivárgását alapvetően két jelenség akadályozhatja: az egyik a talaj felszínén lévő gyenge áteresztő képességű réteg (kérgesedett talaj) és a sekély felső, vízvezető réteg. Az előbbi fakadhat túlművelésből vagy öntözési hibából, következésképp a művelési technika, vagy az öntözési eljárás megváltoztatásával a probléma kiküszöbölhető. Az utóbbival általában együtt jár a felszín közelében lévő szilárd, a víz mozgását akadályozó réteg. Ez a réteg lehet antropogén, vagyis hibás művelés eredetű vagy természetes (szilárd kőzet, összecementált kavics) is. A veszélye az, hogy egyaránt érzékenyvé teszi a talajt az aszályra, hiszen a felső keskeny réteg könnyen kiszárad, és a belvízre is, a felszín alatt lévő vízzáró réteg miatt. Esetenként a feltörése, fellazítása lehet a megoldás, de ha erre nincs lehetőség, akkor a megfelelő művelési ág megválasztása az egyetlen esély a terület művelésben tartására.

3.2.8. Lefelé irányuló vízmozgás a talajban

A talaj, amelyben a víz többnyire lefelé mozog, jellemzően bő csapadékkal ellátott és ilyen módon általában hozzájárul a felszín alatti vízkészletek táplálásához is. A víz mozgásában a domborzat kevésbé, inkább a talajszerkezet a meghatározó. Ezeknél a talajoknál a vízmérleg nemcsak, hogy pozitív, de általában képesek a víz megtartására a szükséges mennyiségben, amely tulajdonságukat megfelelő műveléssel fenn kell tartani. A lefelé mozgás intenzitásának függvényében lehetnek káros aspektusai: kilúgozhatja a könnyen oldódó mállástermékeket,

kolloidot, és a talaj szerves anyagát. A talaj víztartó képességének javításával ezek a jelenségek mérsékelhetők.

3.2.9. Homoktalajok – áteresztő talajok

A vizet áteresztő – általában homok - talajoknál az elsődleges feladat a víztartó képességet elősegítő szerkezetjavítás.

3.2.10. Víz hatására duzzadó-zsugorodó-repedező talaj

Egyes agyagtalajok hajlamosak a nedvesség hatására megduzzadni, száradáskor pedig zsugorodni, repedezni. Ez a hektikus változás azt jelenti, hogy a pórustér szélsőségek között változik, a víz harmonikus felvételére, megtartására, átengedésére egyaránt alkalmatlan. Szerkezetjavítást célzó beavatkozások szükségesek.

3.2.11. Szélsőséges talajvíz-hatás

A talajvízhatás sokrétű lehet a talajban. Egyrészt, egy kevésbé csapadékos periódusban a magas talajvíz lehet az élőlények számára szükséges nedvesség forrása, másrészt káros felhalmozódási folyamatok eredője lehet. Ez utóbbi alapvetően két dologtól függ: a talajvíz terepszint alatti mélysége és a sótartalma. A talajvíz-hangsúlyos vízgazdálkodású talajok vízmérlege mindig negatív, általában kevés a csapadék, illetve az öntözővíz, nagy a párolgási veszteség a területen. Ilyenkor a vízgazdálkodás helyreállítására a káros talajvízhatás megszüntetése a legjobb eszköz (például drénezéssel), illetve a talajból hiányzó vizet öntözéssel pótolhatjuk. A túlzott párolgási veszteség mulcsolással mérsékelhető.

3.3. A környezet

Láthattuk, hogy a környezet és a talaj között komplex, kétirányú kapcsolat áll fenn. A környezeti hatások befolyásolják a talaj működését és fordítva, a talajban zajló folyamatok és azok antropogén hatásra történő megváltozása hat a szűkebb és tágabb értelemben vett környezetre.

3.3.1. A környezet hatása a talajra

A környezeti hatások között elsődleges az időjárás. A talajműködést befolyásoló csapadék, hőmérséklet, sugárzás, hőhatás mind olyan tényezők, amit többnyire nem, vagy csak kevésbé tudunk befolyásolni. Ezek az impulzusok befolyásolják a talaj fizikai, kémiai és biológiai állapotát, hatnak a növénykultúrára, a vízgazdálkodásra, a talajban zajló anyagmozgásra. Éppen

ezért ezeket a jelenségeket érdemes minél inkább megismerni, hogy az esetleges káros hatásukat a talajgazdálkodásban kompenzálhassuk.

Az időjárási jelenségek hatásai közül elsősorban a csapadéktöbbletet vagy hiányt tudjuk kompenzálni. Az előbbire, a talaj túltelítődésének kiküszöbölésére a felesleges víz felszíni elvezetése és a drénezés szolgál. Ezekkel az eszközökkel - feltételezve, hogy a talaj alapvetően jó vízgazdálkodású- el lehet hárítani a káros csapadéktöbblet negatív hatásait. Az utóbbira – a csapadékhiányra – az öntözés a megoldás. Mivel nem jól megvalósított öntözésnek is lehetnek káros hatásai, megfelelő körültekintéssel kell végezni. A jól kivitelezett öntözés megfelelő talajadottságok mellett azonban megoldhatja a csapadékhiányos szárazság okozta problémákat.

A csapadékkal, illetve a vízzel bizonyos szempontból kéz a kézben jár a talajban zajló anyagmozgás is. Szárazságban a tápanyagok részben nem táródnak fel, nem mozognak, a kiszáradó talajban csökken a mikrobiális aktivitás, ami tovább gátolja a tápanyag feltáródást és allokációt, és közvetve és közvetlenül is hiányt okoz a növényben. Persze a túl sok csapadék se jó. Extrém csapadékesemény (amilyet az elmúlt években egyre gyakrabban tapasztalunk) vagy rossz vízgazdálkodású talaj esetén levegőtlen állapot jön létre a talajban, anaerob folyamatok kerülnek előtérbe. A talajművelés célja ilyen esetekben is a megfelelő talajszerkezet és vízgazdálkodás helyreállítása, elősegítése, ugyanis a megfelelő talajállapot egy bizonyos határon belül pufferelni tudja a szélsőséges csapadékviszonyokat.

A hőmérséklet és sugárzás, ezek mértéke és a vegetációs időszak függvényében szintén hiányozhat és túlzó is lehet. Ahogy Várallyay is írja több helyütt, a jó állapotú talaj bizonyos mértékig képes a káros környezeti hatásokat kompenzálni. Az extrém hőmérséklet, és nagy, napon belüli hőingás kiegyensúlyozására önmagában a talaj nem képes, a részben csupaszon hagyott talajfelszín túlzott felmelegedése és lehűlése a kultúrnövényt és a talajéletet is károsítja, túlzott mértékű lesz a párolgás útján elvesző talajnedvesség. Erre jó megoldás a mulcsozás és a vegetációs időszakon kívül a takarónövények használata.

A klímakár-enyhítés és klímavédelem tehát manapság a talajművelési feladatok szerves része kell, hogy legyen. A feldolgozott kutatásokból kiderül, hogy a klímaváltozás, a szélsőségesse váló időjárási jelenségek degradáló módon hatnak a nem megfelelően kezelt talajokra. A fentiekben kiemelt és más, hasonló eszközökkel azonban hosszú távon fenn lehet tartani a talajok épségét a szélsőséges időjárás közepette is.

3.3.2. A talaj hatása a környezetre

A talaj környezetére gyakorolt hatásai közül hajlamosak vagyunk egyetlen egyet vizsgálni csak: a területről lekerülő terményt. A mennyiségét, minőségét, a talajművelés költségeit, a várható bevételeket. Közben elfelejtjük, hogy ez a talaj közvetett kapcsolatban áll a környező területekkel, a flórával és faunával, és ha nem tud megfelelően működni, az mindenre hatással van.

A talaj nem megfelelő kezelésének vagy túlművelésének önmagában, a közvetlen és a tágabb környezetre nézve is lehetnek káros hatásai. Az egy helyütt kimosódó szerves anyag, tápanyagok ugyanis valahol máshol fel fognak halmozódni. Ez helyben is problémás, ugyanis egy lejtős táblán belül nem csak a vízgazdálkodás lehet változékony. A lemosódás következtében egyenetlen lesz a tápanyageloszlás, ami a vegetáció mozaikosságát, fejlettségi szintjében különbségeket okoz és megnehezíti a gondozást és betakarítást. A tápanyagok ilyen mozgása, kimosódása és másutt történő felhalmozódása távolabb is gondot okozhat. Ez az akkumuláció vezet például a felszíni és felszín alatti vízkészletek szennyeződéséhez, a felszíni vizek eutrofizációjához. A szennyezett vízkészletek tisztítása rendkívül nehéz, a felszín alatti vizek esetében gyakorlatilag lehetetlen feladat. Éppen ezért az a cél, hogy a problémát megelőzzük, és megakadályozzuk a tápanyagok kimosódását a megfelelő talajállapot fenntartásával és a degradáció megelőzésével.

Az áttekintett kutatások emellett egy olyan absztrakt hatásra hívták fel a figyelmet, ami fölött hajlamosak vagyunk elsiklani: a talajok és a talajművelés klímára gyakorolt hatása. A klímaváltozás felgyorsulásának egyik oka az, hogy gyorsuló ütemben és egyre nagyobb mértékben kerül a légkörbe szén. Ez a talajok felől nézve egyértelműen antropogén hatásra következik be: a talajaink túlművelése következtében a bennük tárolt szén eloxidálódik és a légkörbe jut – a talajból pedig hiányzik. Éppen ezért azon túlmenően, hogy a talajban felhalmozott szén közvetlenül és közvetett módon is pozitívan hat a talaj működésére és minőségére, a szénmegkötést célzó, illetve szénveszteséget minimalizáló talajművelési eljárásoknak klimatikus szempontból is pozitív hatása van. Az összes olyan eljárás alkalmazása megfontolandó, ami a szerves anyag talajba jutását és talajban maradását indukálja. Ilyenek a minimális bolygatással járó vagy bolygatás nélküli művelési módok, a mulcsozás, a takarónövények használata.

4. Következtetések és javaslatok

4.1. Talajaink állapota, és kezelési lehetőségük

Az eddigiek alapján látni, hogy termőtalajaink állapota a nem megfelelő gazdálkodási gyakorlat miatt jórészt romló tendenciát mutat. A természetes és antropogén hatásra bekövetkező, kezeletlen eróziós károk miatt általában jellemző a termőréteg vékonyodása, a szerves anyag veszteség, a romló vízgazdálkodás. Ezek hozadéka az egyre inputigényesebb termelésen túlmenően a termés minőségének és mennyiségének bizonytalansága, az élelmiszerellátás biztonságának veszélyeztetettsége, a káros vízgazdálkodási hozadék, klíma-érzékenység és a klíma fenyegetettsége.

A feladatunk tehát ma és a jövőben az, hogy talajaink megóvásával, megújításával megállítsuk ezeket a degradációs folyamatokat, és végső soron olyan talajállapotot hozzunk létre, és tartsunk fenn, ami be tudja tölteni változatos funkcióit: képes a szélsőségesse váló időjárási hatások kompenzálására, pufferelésére, jó alapja a gazdaságos és biztonságos termelésnek, és nem utolsó sorban nem forrása a légkört terhelő többletszénnek, hanem ellenkezőleg, a rendszer minden eleme és résztvevője számára előnyös módon inkább megköti azt.

Ennek eszköze a szakmailag és tudományosan megalapozott, termőhelyspecifikus és a környezet változásához térben és időben rugalmasan igazodó, okszerű talajművelés. Mint láthattuk, egy ilyen gazdálkodási rendszer megalkotásának első lépése a kiinduló állapot alapos megismerése. Éppen ezért az új kihívásoknak megfelelő gazdálkodásra való átállást a talaj és a környezet vizsgálatával kell kezdeni. Fontos, hogy átlássuk a mátrix egyes elemei közti összefüggéseket, rá tudjunk világítani a beavatkozást, változtatást igénylő pontokra és a lehetőségekhez képest meg tudjuk jósolni a döntéseink talajra gyakorolt várható hatását. Ehhez nyújtanak segítséget az érintett, és a témában elkészült és készülő kutatások, kísérletek, amelyek eredményeit megfelelő körültekintéssel, részben vagy egészben adaptálhatjuk a vizsgált talajra.

4.2. Kutatási feladatok

A talajkímélő mezőgazdasági gyakorlatot az teszi igazán nehezzé, hogy egyrészt sokismeretlenes folyamatok összességének bizonyos fokú szabályozására, illetve elősegítésére törekszik, gazdaságos módon, a termelés sikerességének elsődleges igényével. Másrészt, mivel

nem univerzális, minden helyzetre ráhúzható eljárás, hanem egy olyan eszközcsoomag, amiből a gazdálkodónak termőhelyspecifikusan kell kiválasztania és adaptálnia a számára megfelelő technikákat, ezért sok múlik az egyéni felkészültségen. Rendkívül sok tudást, odafigyelést és folyamatos tanulást kíván. Ennek a szünet nélküli tanulási folyamatnak a segítője a tudomány és a tudományos kutatások. Az áttekintett kutatások és tanulmányok sora arra enged következtetni, hogy bár sok kísérlet és vizsgálat zajlott már ebben a témában és sok általános érvényű megállapítás született, rengeteg a megválaszolatlan kérdés. A talajban zajló események, akár a talajlakók életfolyamatai, akár növények és a parányilények közti kapcsolat, ezek dinamizmusa, környezeti hatásokra adott válaszai, vagy épp a vízgazdálkodási jelenségek reakciója valamely beavatkozásra, mind olyan fontos kérdései a tudományterületnek, amikre akár termőhelyenként eltérő választ kaphatunk. Éppen ezért fontos, hogy a talajokra irányuló újabb kutatások és vizsgálatok minél diverzebbek és átfogók legyenek, hogy egy olyan változatos képet mutató területen is, mint Magyarország, segítséget nyújtsanak bármely gazdálkodónak az okszerű és tudatos talajművelés elkezdéséhez.

4.3. Edukációs feladatok

A tudományos felfedezések és sikeres kutatómunka önmagában csak eszköze a szükséges folyamatok megindulásának. Az egyre bővülő tudásanyagot, ismereteket, mivel mindannyiunk érdeke, hogy minél nagyobb területen hagyják el a hagyományos, káros gazdálkodási gyakorlatot és kezdjenek más szemlélettel gazdálkodni, közérthetővé kell tenni és el kell terjeszteni. Mivel a mezőgazdasági területen tevékenykedőknek csak kis százaléka rendelkezik felsőfokú szakirányú végzettséggel, érdemes ezen szemléletmód, és a kapcsolódó tudásanyag elsajátítását a felsőoktatási intézményeken kívül is lehetővé tenni. Erre több lehetséges utat is látok. Egyrészt, ha már szakképzés, fontos lenne a középfokú szakképesítésben is hozzáférhetővé tenni a rendelkezésre álló tudásanyagot, és már a felnövekvő agrárszakemberek körében elterjeszteni ezt a szemléletmódot. Az Agrárszakképzési Centrumok saját hatáskörben akár projekt jelleggel is finanszírozhatnak ilyen, tudásmegosztást célzó projekteket, ami kiváló kiindulópontja lehet ennek a munkának. A Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Hivatal is, mint a szakképzési kerettantervek letéteményese, is jó kiindulópontja lehet egy ilyen, tudásmegosztást célzó projektnek vagy kampánynak. A szakképzési kerettantervet a szakképzési törvény és a hozzá kapcsolódó végrehajtási rendelet szabályozza, amelynek a módosítása törvénykezési feladat, de hosszú távon erre is mindenképp szükség lesz. A Nemzeti Agrárgazdasági Kamara fennhatósága alá tartozó szaktanácsadók szintén kulcsfontosságú

szereplői ennek a rendszernek, hiszen azok a gazdálkodók, akik a szükséges tudásnak nem, de a felismerésnek és a változtatás szándékának a birtokában vannak, hozzájuk is fordulhatnak segítségért, így a szaktanácsadási gyakorlatba is be kell épülnie az újabb kutatások hozta eredményeknek és ismereteknek.

Egy másik szükséges eleme az okszerű talajhasználati gyakorlat elterjedésének az általánosan elvárt-elfogadott talajvizsgálati rutin revíziója. Mint láttuk, a szokásosan vizsgált paraméterek nem mindig adnak átfogó képet a talaj állapotáról, nem kellően informatívak egy összetett és sok szempontot figyelembe vevő gazdálkodási mód kialakítása esetén, ezért szükség volna egy diverzebb szemléletű talajvizsgálati attitűdre.

Mivel a dolgozatban hivatkozott forrásból kiderült, hogy az érintett gazdálkodói réteg tapasztalja a talajokkal, időjárással és gazdálkodási gyakorlattal összefüggésben felmerülő problémákat, és úgy tűnik, hajlandó szükség szerint változtatni a hozzáállásán, célszerű volna minden lehetőséget és eszközt megadni, lett legyen szó oktatásról-tudásmegosztásról, vagy a szaktanácsadói és talajvizsgálati segítségnyújtásról.

5. Összefoglalás

A dolgozatban áttekintettem néhány, a talajok állapotával, szerkezetével, szerves anyag tartalmával és vízgazdálkodásával foglalkozó szakirodalmi forrást. A források némelyike lezajlott kutatások eredményeit közlő publikáció, mások a talajokat érő hatások elemzésével, a talajok csoportosításával, a talajgazdálkodási gyakorlat hosszú idő alatt lezajlott változásaival foglalkozik, vagy épp vizsgálendő és kezelendő problémákra hívja fel a figyelmet.

Bemutattam a forrásokban részletezett talajdegradációs folyamatokat, ezek eredőjét és lehetséges kiváltó okait, illetve kitértem a kezelési, mérséklési és megoldási lehetőségekre.

A források alapján feltártam néhány aspektusát és összefüggését a talajban zajló ismert és kevésbé ismert folyamatoknak, az ezek környezetre és klímára, természetire gyakorolt hatását, mint például a talaj szerkezetének és szerves anyag tartalmának a talaj termékenységre, vízgazdálkodására gyakorolt hatását, a szélsőséges vízgazdálkodású talajok típusait vagy a talajok szénttartalmának változása és a klímaváltozás közti összefüggést.

Betekintést nyújtottam a kutatásokban megismert, a hagyományos szántásos földműveléssel összehasonlításban vizsgált talajkímélő művelési módokba, ezek jellegzetességeibe és hatásaiba. Ilyenek például a kultivátoros és sekélykultivátoros, a bakhátas művelés, a mulcsozás, és a takarónövények használata.

Ismertettem az egyes művelési módok talajra gyakorolt hatásait és az általuk kezelhető talajdegradációs, vízgazdálkodási és szerves anyag gazdálkodási problémákat.

Van a vizsgált kutatások között olyan, ami a mezőgazdaságban érintett demográfiai csoport, a gazdálkodás jelenkori problémaival és kihívásaival kapcsolatos ismereteit, rugalmasságát célozza, és a kapott eredmények arra engednek következtetni, hogy a változtatáshoz és megújuláshoz szükséges felismerés és akarat rendelkezésre áll.

A fentiek ismeretében javaslatot tettem arra, hogy a kutatásokban feltárt eredményeket és megszerzett tudást mely módon lehetne minél több érintett rendelkezésére bocsátani – a megfelelő állami intézmények bevonásával. A cél az, hogy a talaj, mint legfontosabb természeti erőforrásunk megítélése oly módon változzon meg, hogy minden érintett felismerje a benne rejlő lehetőségeket, tudatára ébredjen saját felelősségének, és a tudásmegosztás révén hozzájárjon a megfelelő talajgazdálkodási gyakorlat kialakításához szükséges ismeretekhez.

Felvettem továbbá annak a lehetőségét, hogy – szintén szakigazgatási szereplők bevonásával – megújulhatna a talajvizsgálati és szaktanácsadási hozzáállás, és a standardizált eljárás helyébe egy diverzebb metódus léphetne, amikor az adott területen szükséges talajvizsgálatokat és a kapott eredmények alapján a talajkezelés módját megválasztjuk. Ez az egyik legfontosabb lépése a termőhelyre adaptált, okszerű talajhasználat elterjedésének.

6. Irodalomjegyzék

Ballai M., Szabó M., Lakatos Gy. (2019): Lehetőségek a cirkuláris, fenntartható mezőgazdaságban, Opportunities in circular agriculture, International Journal of Engineering and Management Sciences (IJEMS) Vol. 4. (2019) No.2. DOI:10.21791/IJEMS.2019.2.2., ISSN:2277-5528, p. 17-23.

Bencsik K. (2009): Talajhasználati módszerek értékelése talajvédelmi szempontból, Doktori (PhD) értekezés tézisei, Növénytudományi Doktori Iskola, Szent István Egyetem, Gödöllő

Bidló A. és Horváth A. (2018) Talajok szerepe a klímaváltozásban. Erdészettudományi közlemények, 8. évfolyam, 1. szám, DOI:10.17164/EK.2018.004, ISSN:2062-6711, Soproni Egyetem Erdészeti Tudományos Intézet és a Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kara, Sopron, p 57-71.

Birkás M., Schmidt R., Percze A., Ujj A., Stingli A., Bencsik K., Mikó P., Bottlik L. (2005-2008): A talajminőség javítás és fenntartás talajhasználati alapjai projekt zárójelentése. OTKA T049.049 kutatási témában

Bottlik L. (2016): A felszíntakarás jelentősége a talajvédelemben és a klímakárok enyhítésében, Doktori (PhD) értekezés tézisei, Növénytudományi Doktori Iskola, Szent István Egyetem, Gödöllő

Dekemati I. (2020): A klíma-szenzitív és klíma-védő művelés megfelelése különböző talajokon, Doktori (PhD) értekezés tézisei, Növénytudományi Doktori Iskola, Szent István Egyetem, Gödöllő

Dell'Abate, M. T., Bíró, B. (2015): Soil microbes and Soil Organic Matter dynamics. EIP-AGRI,

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/76344987/fg5_mp_om_microbial_comm_2015_en-libre.pdf?1639554462=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DSoil_microbes_and_Soil_Organic_Matter_dy.pdf&Expires=1699138838&Signature=gBFIP2E0r0IqX0B~yEILWxk3Y4VTU0a7Zv4Sm9mf88vy-4rKyaUSwXn2si5fPh9LWfpmVbOcaLBCnSUGrd61PvOSTlxyCuwgGeOWbbBITAHXo9-rE2hJITEMCujlPuBZbXOJ4Ar0ys1SibZtwbshLx4RzdZJYVqkqeNDLVXfMIDRcc6sUsJbB3J~E4QhuCcTo65vEFPHRGfFxejNJ7ruO~ovycwIJclVvp5BFRVoPo5yVhmvCGspEfoLmbmn

FxK9-4eAqCBsXLfb9eBvuHDJAmC-NAcZlmwsftlBA2q5B1O9SlgM7D4J93kg9RLYV-KkeMYKiuN0510I5c2D32iwdA__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Dobos E. (2022): A talajok és a talajdegradáció szerepe a szélsőséges vízgazdálkodási helyzetek kialakulásában. *Vízügyi közlemények, CIV. évfolyam, 2022. évi 3. füzet, Országos Vízügyi Főigazgatóság*, p 131-148.

Domonkos M., Horváth Z., Madarász B., Bíró B. (2015): Művelési módok összehasonlító értékelése mikrobiológiai és mikromorfológiai vizsgálatokkal. In: Madarász B. (szerk.) *Környezetkímélő talajművelési rendszerek Magyarországon: elmélet és gyakorlat*. Budapest, Magyarország: MTA CSFK Földrajztudományi intézet (2015) p 63-76.

Fekete I., Berki I., Lajtha K., Trumbore S., Francioso O., Gioacchini P., Montecchio D., Várbíró G., Béni Á., Makádi M., Demeter I., Madarász B., Juhos K., Kotroczó Zs. (2021): How will a drier climate change carbon sequestration in soils of the deciduous forests of Central Europe? *Biogeochemistry* 152:13-32. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10533-020-00728-w>, <https://doi.org/10.1007/s10533-020-00728-w>

Füzy A., Bíró B., Tóth T. (2003): Növény-mikroba kölcsönhatások és néhány talajtulajdonság közötti összefüggés hazai szikeseken, *Természetvédelmi közlemények* 10, pp., Magyar Biológiai Társaság, ISSN 1216-4585, p. 199-208.

Gazdag O. (2019): Különböző gazdálkodási módok hatásának vizsgálata a talajmikroba-közösségek funkcionális diverzitására. Doktori (PhD) értekezés tézisei. *Környezettudományi Doktori Iskola, Szent István Egyetem, Gödöllő*

Kende Z. (2019): Klímakár eredetű talajminőség romlás és kármegelőzés, Doktori (PhD) értekezés tézisei, *Növénytudományi Doktori Iskola, Szent István Egyetem, Gödöllő*

Kotroczó Zs., Bíró B., Kocsis T., Veres Zs., Tóty J.A., Fekete I. (2017): Hosszú távú szerves anyag manipuláció hatása a talaj biológiai aktivitására. In: *Talajvédelem (különszám 2017)*, Magyar Talajtani Társaság, Talajvédelmi Alapítvány, pp : 73-83.

Kotroczó Zs., Fekete I., Juhos K., Prettl N., Nugroho P.A., Várbíró G., Bíró B., Kocsis T. (2023): Characterisation of Luvisols Based on Wide-Scale Biological Properties in a Long-Term Organic Matter Experiment. *Biology*, 12, (7) 909. <https://www.mdpi.com/2079-7737/12/7/909>, <https://doi.org/10.3390/biology12070909>

László P., Gyuricza Cs. (2008) Talajvédő Művelési rendszerek hatása a talaj vízgazdálkodására, Talajtani Vándorgyűlés- Nyíregyháza, Talajvédelem különszám (2008), Magyar Talajtani Társaság, Talajvédelmi Alapítvány, p.131-140.

Madarász B., Jakab G., Juhos K., Szalai Z. (2022): A talajkímélő és talajmegújító mezőgazdaság szerepe a talajvédelemben és a szerves szénforgalomban az éghajlatváltozás függvényében. In: Talajtani Vándorgyűlés: absztraktfüzet: Szegedi Tudományegyetem – Mezőgazdasági Kar, Hódmezővásárhely, 2022 szeptember 1-3. 68. p.

Madarász B., Jakab G., Szalai Z., Juhos K., Kotrocó Zs., Tóth A., Ladányi M. (2021): Long-term effects of conservation tillage on soil erosion in Central Europe: A random forest-based approach. Soil and Tillage Research 209:104959. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198721000295>, <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.104959>

Milics G., Smuk N., Nagy V. (2008): Precíziós gazdálkodás – a megújuló biológiai eredetű alapanyagok előállítása környezetkímélő módon. A fenntartható fejlődés és a megújuló természeti erőforrások környezetvédelmi összefüggései a Kárpát-medencében Konferenciakötet, Magyar Tudományos Akadémia Regionális Kutatási Központja, Pécs, p. 138-146.

Németh N. (2017): A magyar mezőgazdálkodók éghajlatváltozással szembeni alkalmazkodóképességének vizsgálata Győr-Moson-Sopron és Vas megyékben, Doktori (PhD) értekezés tézisei, Széchenyi István Gazdálkodás- és Szervezéstudományok Doktori Iskola, Soproni egyetem, Lámfalussy Sándor Közgazdaságtudományi Kar, Sopron

Pálmai O. és Horváth J. (2010): A hazai mezőgazdasági területeink tápanyag-ellátottságának megítélése. In: Kovács Gy., Gelencsér G., Centeri Cs. (szerk.): Az élhető vidékért 2010 Környezetgazdálkodási konferencia. Siófok, 2010 szeptember 22-24. Konferenciakötet. Koppányvölgyi Vidékfejlesztési Közhasznú Egyesület, Törökkoppány. p. 79-83.

Polgár A., Kovács Z., Elekné Fodor V. (2019): Szántóföldi növénytermesztés környezeti életciklus elemzése, Király G. – Facskó F. (szerk.) (2019.) Soproni Erdőmérnöki Kar, VII. Kari Tudományos Konferencia. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron

Pongrácz R., Bartholy J., Szabó P. (2008): Éghajlati extrémumok XXI század végére várható tendenciái a Kárpát-medence térségében, A fenntartható fejlődés és a megújuló természeti

erőforrások környezetvédelmi összefüggései a Kárpát-medencében Konferenciakötet, Magyar Tudományos Akadémia Regionális Kutatások Központja, ISBN 978 963 9899 05 6, p. 102-110.

Tóth G., Hermann T., Tóth B., Németh T. - A talajok minősége EPA00691 Magyar Tudomány 2016/10., Magyar tudományos Akadémia, p. 1175-1183.

Várallyay Gy. (1985) Magyarország talajainak vízháztartási és anyagforgalmi típusai. Agrokémia és talajtan Tom. 34. (1985) No 3-4., MTA Magyar Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest, p. 267-289.

Várallyay Gy. (2003): A talajok környezeti érzékenységeinek értékelése, Tájökológiai lapok 1 (1). P., Szent István Egyetem – Természetvédelmi- és Tájgazdálkodási Intézet, ISSN: 1589-4673, p. 45-62.

Várallyay Gy. (2008): Talajdegradációs folyamatok és szélsőséges talaj-vízháztartási helyzetek, mint környezeti problémák a Kárpát-medencében, A fenntartható fejlődés és a megújuló természeti erőforrások környezetvédelmi összefüggései a Kárpát-medencében Konferenciakötet, Magyar Tudományos Akadémia Regionális Kutatási Központja, Pécs, p. 18-26.

7. Ábrák és táblázatok jegyzéke

Ábrák:

2. ábra: A cirkuláris gazdaság szakaszai, saját szerkesztés Ballai. et. al. (2019) alapján, 19. oldal

Táblázatok:

3. táblázat: Magyarország mezőgazdasági művelésbe vont területeinek NPK-Mérlege (kg/ha)
Forrás: saját készítésű táblázat Pálmai és Horváth (2010) adatai alapján, 11. oldal

4. táblázat: A talaj-vízháztartás szabályozásának lehetősége és módszerei, saját készítésű táblázat Várallyay (2008) alapján, 16. oldal

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

A hallgató neve: Varga Borbála
A Hallgató Neptun kódja: zovqix
A dolgozat címe: Talajok környezetének, vízgazdálkodásának és szerves
anyagának összefüggései
A megjelenés éve: 2023
A konzulens intézetének neve: Környezettudományi Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Agrárkörnyezettani tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Budapest, 2023 év november hó 10. nap


Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Varga Borbála (hallgató Neptun azonosítója: zovqix) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: Budapest, 2023. év november hó 9. nap


belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.