

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Környezettudományi Intézet

Agrárkörnyezettani Tanszék

Az intenzív mezőgazdaság hatása a talajéletre és aggregátum stabilitásra

Konzulens : Dr. Madarász Balázs

Tanszékvezető : Dr. Kardos Levente

Készítette: Sütő Zsombor Soma

Neptun kód: E95DSL

tagozat: levelező

Budapest

2024

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzés.....	3
2. Szakirodalmi áttekintés.....	5
2.1. A talaj és az aggregátum szerkezet.....	6
2.2. A talaj, mint élettér.....	8
2.3. Földi giliszta.....	8
2.4. Növényi gyökerek és kapcsolatrendszerük	9
2.5. Mikroorganizmusok.....	12
2.6. A talajélet és a talajszerkezet kapcsolata.....	13
2.7. A talajforgatás és káros hatása	14
2.8. Fizika tulajdonságok romlása.....	14
2.9. A talaj életének felforgatása.....	16
2.10. A talajforgatás következményei	17
2.11. Az aggregátum stabilitás	18
3. Anyag és módszer.....	20
4. Eredmények.....	22
5. Értékelés.....	23
6. Összehasonlítás.....	26
7. Következtetés.....	27
8. Összefoglalás	29
Irodalomjegyzék.....	31
Nyilatkozat.....	33

1. Bevezetés és célkitűzés

A talajhoz való kötődésünk megkérdőjelezhetetlen kapcsolat. Nem csak életünket töltjük rajta, de fennmaradásunkhoz szükséges táplálékunkat is tőle kapjuk közvetlen vagy közvetett módon. Termékeny talaj nélkül nem lehet szó életről, nem véletlen, hogy a létezésünknek lehetőséget adó bolygó róla lett elnevezve. Ennek ellenére a vele való bánásmódunk bőven hagy kívetni valót maga után.

1950-re a termőtalajok fele jelentősen degradálódott, 2010-re pedig további 30% vált termelésre alkalmatlanná (Tóth 2018). A mennyiségi fogyás és minőségi romlás folyamatosan növekvő problémának számít világszerte. Európában 20-szor gyorsabban pusztul a talaj, mint ahogy az megújulni képes lenne.

A mélyszántás az 1880-as években terjedt el szélesebb körben, a gőzeke térhódításával. A kezdeti sikerek után azonban szembe kellett nézni a káros következményekkel, mint a talajszerkezet romlása, a szerves anyag tartalmának csökkenése és az erodálhatóság növekedése (Bádonyi 2006). Az idő múlásával és az egyre intenzívebb talajforgatással egyértelművé vált, hogy ez a módszer nem fenntartható, azaz egyszer eljön a pillanat, amikor végleg kimerülnek a föld tartalékai és teljesen terméketlenné válik.

Általánosságban elmondható, hogy a 70-es évekig a mezőgazdaság fő célja termés maximalizálása volt, amit intenzív gazdálkodással és a növény igényeinek kielégítésével igyekeztünk elérni. 1970 és 2000 között a már leromlott minőségű talajok állapotának megőrzése is hangsúlyos. Az igény a fokozott talajvédelemre azonban csak az ezredforduló után jelent meg. Ekkor kezdtek egyre jobban előtérbe kerülni a talajkímélő módszerek, melyek számos új kutatás következtében még csak most érik fénykorukat (Dekemati 2020).

A környezetkímélő talajművelés lényege, hogy megőrizze vagy jobb esetben javítsa talajaink állapotát. Olyan gazdálkodási forma, melynek célja nem a lehető legnagyobb termésátlag elérése, hanem a fenntarthatóság biztosítása. A „minél gyorsabban, minél többet bármi áron” hozzáállás helyett ez a módszer az összhangon alapszik. A természettel harmóniában, vele együttműködve, kölcsönös előnyökön nyugvó kapcsolatra törekszik.

Az új szemléletmód gyökerei természetesen régebbre visszanyúlnak. A 20. század közepén kezdődtek a kísérletezések az Egyesült Államok területén. Az eredmények

ellenére lassan terjedt a gazdák jól megszokott módszerei, kényelmes hozzáállása és hagyományos gondolkodása miatt. A vállalkozó szelleműek kezdetben a talajművelés folyamatainak csökkentésével, összevonásával majd később elhagyásával próbálkoztak, valamint felismerték a talaj borítottságának védelmező szerepét és egyéb jótékony hatásait, így ezt a műveletet is belevették a módszerükbe(Vágó 2024). Napjainkban különösen fontos a talaj egészségének megőrzése a fokozódó szélsőséges időjárási tényezők következtében. A csapadékeloszlás egyenlőtlenségének és nagyon meleg, aszályos nyaraknak káros hatásait tovább erősíti a talaj rossz állapota.

Dolgozatomban a talaj általános bemutatása után részletesen kitérek a megfelelő szerkezetű talaj tulajdonságaira és jelentőségére, valamint célom ismertetni a föld felszíne alatt létező élet nélkülözhetetlen tevékenységét az egészséges talaj fenntartásában. Továbbá szándékomban áll bemutatni, hogy a több ezer éves talajforgató gazdálkodás egyre intenzívebb alkalmazása, hogyan teszi tönkre ezt a Földet borító termékeny réteget. Írásomban kitérek a szántással előidézett problémákra, a problémákra kitalált megoldásokra, azok további pusztító hatására, melyek erőltetett használata végső esetben a létünk alapját jelentő komplex rendszer teljes tönkretételével fenyeget. A dolgozat második részében egy saját vizsgálódással szeretném alátámasztani felvetéseimet, melynek keretében aggregátum stabilitást mérek - a SLAKES nevezetű telefonos applikációval - egy hagyományosan művelt és egy talajkímélő módszerrel művelt szántóföldről vett mintákból. Az aggregátum stabilitás a legfontosabb talajtulajdonságok egyike. A megfelelően felépített aggregátum szerkezet alappillére az egészséges termőtalajnak és időbeli relatív állandósága, a környezeti hatásokkal szembeni ellenállósága kiemelten fontos a mezőgazdasági termelés szempontjából. Ismeretében következtethetünk a talaj erodálhatóságának mértékére és a talaj biológiai aktivitására is, ami szükségszerű a megfelelő anyagkörforgás fenntartásában és az alapvető tápanyagforgalom működtetésében. Vizsgálódásom célja kideríteni, hogy a hagyományos talajforgató földművelés valóban instabilabb szerkezetet eredményez-e a talajkímélő módszerekhez képest. Méréseimet a talaj különböző mélységű szintjeiből gyűjtött mintákon is elvégzem, hogy kiderítsem az eltérő szinteken kiváltott hatását a talajforgató földművelésnek.

2. Szakirodalmi áttekintés

Írásos dokumentumok a szántás megkérdőjelezésével kapcsolatban már a 19. században is voltak. Horsky (1873) állítása szerint a sekély fordítás és a vele együtt végzett mélyebb lazítás a két réteg keverése nélkül előnyösebb. Glanz (1922) tanulmányában a mélyszántás ellen hívta fel a figyelmet. Löhnis (1926) baktériumtemetőnek nevezi a mélyen szántott talajt és a feltalaj kizárólagos művelése mellett foglal állást. „Minden földművelő beavatkozás erőszak a talaj biológiai törvényei ellen. A kívánt morzsás szerkezet emberi tevékenység által nem elérhető, mi csak az előfeltételeket biztosíthatjuk, de a munka finom, precíz részét mindig a természeti erők végzik” (Krause 1928). Edward H. Faulkner 1943-ban megjelent „Plowman’s Folly” (A szántóvető ostobasága) című könyvében a szántás nélküli mezőgazdaság működését mutatja be.

Magyarországon 1925-ben a Köztelek című folyóiratban jelent meg Küzdényi Szilárd cikke, melyben így fogalmaz: „Mint az többször közreadtam, a hazánkban talajmunkálásra most általánosan használt fordítóékével tízféle kárt is okozunk a talaj termőerejében [...] át kell térnünk a talajt csupán lazító és kissé keverő, de azt soha nem fordító, tehát a felső termőréteget el nem rontó talajművelésre.” Cikkében Küzdényi már ekkor leírja, hogyan pusztítja a szántás a talaj életét, valamint az eke által kialakított tömör réteg képződésére is felhívja a figyelmet (Küzdényi 1925). A sekély földművelés hazai úttörője Manninger Gusztáv Adolf volt, aki a tárcsás és sekély kultivátoros művelés módszerét dolgozta ki. Mélyművelést csak ritkán, különösen indokolt esetben alkalmazott.

Az 1990-es évek óta nagy mértékben növekedett a talajkímélő földművelés iránti érdeklődés, ami a mai napig fokozódik. Egyértelművé vált, hogy a 20. századi népességrobbanást követő intenzív mezőgazdaság bár kezdetben nagyon sikeresnek bizonyult, hosszútávon nem fenntartható. Számos kutatás vette kezdetét, melyek célja a talaj működésének mélyebb megértése volt. A szakemberek több talajtulajdonság szempontjából vetették össze a hagyományos, forgatásos földművelést a talajkímélő módszerekkel. Egy Zalai-dombságban végzett kísérlet során jelentős javulás volt megfigyelhető vízerózió szempontjából, mely egyértelműen a sekély, 8-10 cm mélyen, tárcsával művelt földterület előnyei mellett szólt, a 25-30 cm mélyen szántott műveléssel szemben (Bádonyi et al. 2008). Egy másik külföldi tanulmány 34 %-os

csökkenésről számol be szerves anyag veszteség tekintetében, ahol 5 éve vezették be a szántás nélküli földművelést a hagyományos helyett (Wauden 2020). Egy Dióskálon végzett kutatás a kémelő talajművelés hatásait vizsgálta a földgiliszták számának tekintetében, akik az egészséges talaj elsőszámú jelzői. A sekélyen művelt talaj szignifikánsan több gilisztát tartalmazott, mint a mélyen művelt terület, valamint a giliszták mérete is nagyobb volt, amiből fokozott aktivitásra lehet következtetni (Madarász et al. 2006).

2.1. A talaj és az aggregátum szerkezet

A talaj definiálása apró eltéréseket mutat a különböző tudományok szempontjából tanulmányozó szakemberek között. Saját témánkat illetően, azaz a mezőgazdaság oldaláról közelítve fontos elmondanunk, hogy ez a földkérget borító, laza réteg a termesztett növényeink élőhelyeül szolgál, vízzel és a szükséges tápanyagokkal képes ellátni azokat. A benne zajló anyag- és energiaáramlások lehetővé teszik a növényvilág számára a Napból áramló energia hasznosítását.

Kialakulása összetett és időigényes folyamat. Kezdetben a geológiai alapkőzet számos külső hatás következtében fizikai átalakuláson megy keresztül. A rétegnyomás, a hőmérsékletingadozás, a szél és víz munkája során mállásnak indul. Ebben az új szerkezetű anyagban kémiai oldódás során megjelennek a kolloidméretű agyagásványok, így lesz víz- és ionmegkötő képességgel rendelkező rendszer. A biológiai mállás folyamatában kölcsönhatásba lépnek a szervetlen anyagok az élő szervezetekkel és ez az átalakulás teszi lehetővé a szervesanyag-felhalmozódását, a humuszanyagok megjelenését, mellyel a kőzetmálladék termékeny talajjá alakul át (Forró 1996).

Az egészséges talaj szerkezete kisebb-nagyobb egységekből, aggregátumokból tevődik össze. Több kisebb darab összekapcsolódásával nagyobb darabok képződhetnek, így morzsás szerkezetet adva a talajnak. Amennyiben méret alapján vizsgáljuk az aggregátumokat, akkor agronómiai talajszerkezetről beszélünk. Általánosan négy különböző szemcse méretet különböztetünk meg.

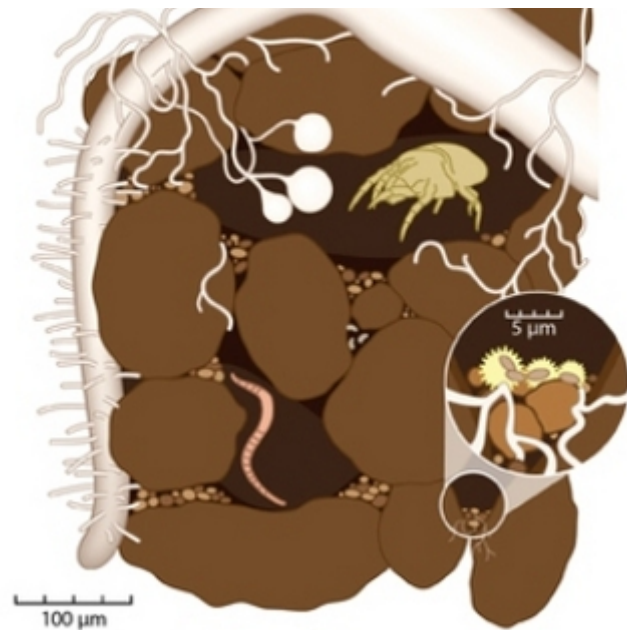
Az agyag flokkulátum részecskék 2 mikrométernél nem nagyobbak és agyagásványok molekuláris kapcsolatával képződnek. Az iszap frakció 2-20 mikrométer nagyságú részecskéi kolloid méretű anyagokkal kapcsolódnak (pl.: vas-oxid, alumínium-oxid) és a mikroorganizmusok tevékenysége során jönnek létre. Ezek rendszerbe kapcsolódásával képződnek a mikroaggregátumok, melyek mérettartománya 20-250 mikrométer. A mikroaggregátumok szerves-ásványi komplex egységek, a baktériumok közreműködésével tudnak létrejönni és gombafonalak, növényi gyökerek, különböző szerves anyagok és fizikai folyamatok (pl.: fagyás-olvadás) segítségével ezek is képesek összekapcsolódni, így létrehozva a makroaggregátumokat, melyek 250 mikrométernél nagyobb talajmorzsák.

Az termőtalaj egy háromfázisú rendszer, amelyben szilárd, folyékony és gáz halmazállapotú alkotóelemek is jelen vannak. Az aggregátumok hálózata képezi a szilárd részt, amelyek összekapcsolódott tagjai között található a pórustér, ami a víz és levegő számára bejárható tartomány. A talaj szilárd alkotóinak és a pórustérnek a legjobb aránya 50-50%. A pórustér három

mérettartományra osztható: kicsi (0,003 mm-nél kisebb), közepes (0,03-0,003mm-ig) és nagy (0,03mm-nél nagyobb) részekre. Ezek megfelelő aránya 1 : 1 : 1 (Manninger 1986) .

Az egészséges talaj nagyságrendileg ilyen fizikai tulajdonságokkal bír, aminek fenntartásában fontos szerepet vállal az aggregátum stabilitás. Ez a talajtulajdonság pedig a benne lévő élettel hozható szoros összefüggésbe.

1. ábra Az aggregátum szerkezet: ásványok, szerves anyag, gyökerek és parányilények összetett kapcsolata (Forrás: nature.com)



2.2.A talaj, mint élettér

A fizikai alkotók mellett az élő szervezetek egyaránt megtalálhatók a talajban. A szárazföldi több, mint 90 %-a található a felszín alatt és nagy hatással van annak működésére (Gabe 2018). Ha egy erdőben, azaz ember által háborítatlan területen megmérnénk az élőlények össztömegét 15-35 tonna közötti eredményt kapnánk. Amennyiben ugyanezt a kísérletet elvégeznénk egy hagyományosan művelt szántóföldön az eredmény csupán 2-4 tonna lenne (Tóth 2018). Ezek a szervezetek élettevékenységükkel nagyban hozzájárulnak a megfelelő anyagkörforgáshoz, az optimális vízgazdálkodáshoz és a jó szerkezet fenntartásához.

A talajlakó élőlények összessége az edafon. A földben is élnek állatok, növények és gombák, valamint mikroorganizmusok, amihez a baktériumok, cianobaktériumok és vírusok tartoznak. A felszín alatti állatvilág legapróbb képviselői egysejtű élőlények, ők képezik a mikrofaunát. Ide tartoznak például az ostoros egysejtűek és csillósok. A mezofauna csoportja már valamivel nagyobb és összetettebb élőlényekből áll. Fő képviselői a fonálférgek és ugróvillások. Még nagyobb, szabad szemmel könnyen látható állatok alkotják a makrofaunát. Ide soroljuk a televényférgeket, százlábúakat és rovarokat. A legnagyobb élőlények: földigiliszták, puhatestűek és földben élő gerinces emlősök a megafauna tagjai. A mikro-méretű növényvilághoz az algák tartoznak, a nagyobb, magasabb rendű csoporthoz pedig a növények felszín alatti szerveit: gumókat, hagymákat, gyökereket soroljuk. A gombákhoz tartoznak a sugárgombák, illetve a kalapos egyedek sűrű, földalatti gombafonal hálózata. Ezek az élőlények kivétel nélkül hozzátesznek a talajban működő folyamatokhoz. Egyesek többet, egyesek kevesebbet, néhányuk azonban nélkülözhetetlenek az egészséges talaj fenntartásában.

2.3. Földi giliszta

A földigiliszták az egészséges talaj indikátorai. Legfőbb szerepük a növényi anyagok felaprítása, még mielőtt a mikroorganizmusok elkezdenék a lebontást (Stefanovits et

al. 1999). Járataikkal javítják a talaj fizikai tulajdonságait: növelik a csapadék beszivárgásának mértékét, valamint levegővel való átjárhatóságát. Kedvező körülményeket teremtenek a talajflóra és -fauna számára, valamint elősegítik a talaj gyökérrel való átszövését is.

Táplálkozásuk során hatalmas talajmennyiséget mozgatnak át, ürülékük humuszban rendkívül gazdag anyag, melynek mértéke 40 tonna is lehet hektáronként, egy év leforgása alatt, megfelelő egyedszámú giliszta mellett (Tóth 2018). „Csodának kell minősíteni, hogy a termőtalaj egész tömege a giliszták bélcsatornáján hatolt át, mégpedig örökös ismétléssel. Az eke ugyan a mezőgazdasági kultúra legfontosabb találmánya, de mielőtt ezt alkalmazták, a talaj rendszeres művelését, keverését, ápolását a giliszták végezték. Kevés állat van, melynek oly fontos szerepe van a Föld történetében, mint eme alacsony rendű állatoknak” (Darwin 1840).

2.4. Növényi gyökerek és kapcsolatrendszerük

A növényi gyökérzetek jelenlétének szintén fontos szerepe van a talaj életében. Összmennyiségük nem bolygatott réteken, legelőkön akár 100 tonna is lehet egy hektárnyi területen (Daoda 2020). Sajnos gyakran láthatunk aratás után kopár, magára hagyott, élő gyökerektől mentes földeket. Ahol nincsenek zöld növények ott nem megy végbe a fotoszintézis, a Nap energiája nem tárolódik, a szén-dioxid nem kötődik meg és a talajban megszűnik a szénvegyületek körforgása. Ha viszont földeinken biztosítjuk a zöld borítottságot, akkor a növények szén-dioxidot vonnak ki a levegőből és víz felhasználásával egyszerű cukrokat készítenek. Ezek az élet építőkövei, amelyekből számtalan bonyolultabb vegyület épül fel és a növények egy részüket saját növekedésükhöz használják fel, másik részüket pedig a gyökércsúcsokba juttatják el, ahonnan a talajba szivárogtatják. Ezzel váladékkal a mikrobákat és a mikorrhiza gombákat táplálják, amiért cserébe megkapják a gyökereikhez szállított ásványi anyagokat (Gabe 2018). A később elpusztult növények gyökerei szintén táplálékforrás a mikrobák számára, így a gyökerek jelenléte nagyban fokozza a talaj biológiai aktivitását. Az így lebontott gyökerek helyén makropórusok maradnak a talaj szerkezetében, melyek javítják a talaj vízgazdálkodását és szellőzősségét.

A mikorrhiza gombák kulcsszerepet játszanak a talaj tápanyagforgalmában. Mondhatnánk ők a tápanyagok utcái és sugárútjai. Egyes gombák fonalai több ezer km hosszan is szétterjedhetnek a talajban, összefonódva a növényzet gyökereivel, így a hasznos gyökérfelületet megsokszorozva. A kutatók sokáig úgy vélték, hogy a növények random, passzív módon juttatják talajba az éltető váladékot, ám kiderült, hogy pontosan kiszámított precíz folyamatról van szó. Ennek működése újszerű a tudományban és nem teljesen tisztázott, de sejtelmek szerint a növények kémiai úton képesek jelezni, hogy milyen tápanyagra van szükségük és olyan anyagot küldenek a váladékon keresztül, mely a megfelelő mikrobákat fogja odavonzani (Gabe 2018).

Magukat a növényeket is összekapcsolja ez a hatalmas hálózat, melyben magas szintű kommunikáció zajlik a tagok között, általában az életben maradás legfontosabb kérdéseiről, azaz a tápanyagok megfelelő elosztásáról és a külső veszélytől való védekezésről

Az ilyen összekapcsolódott szuperorganizmus képes egységként működni és összetett szociális hálózatot fenntartani. Tápanyaghiány esetén a kommunikációnak köszönhetően az erősebb, egészségesebb példányok a gyengébben fejlődő egyedek felé tudják irányítani a szükséges táplálékot a mikrobák segítségével. A mikrobák fontos tápanyagokat tudnak átadni a növényeknek, viszont csak helyben képesek erre és önmaguktól nagyon lassan közlekednek. Sok baktériumfajta a vizet használja közlekedő közegként, viszont ez gyakran meg van szakítva aggregátumok és levegős zárványok által. Képesek azonban a hifa hálózatot közlekedésre használni, saját mozgásukat többszörösére gyorsítva általa. A több száz millió éves együttes fejlődés alatt tökéletesedett ez a kapcsolat és a baktériumok célirányosan, akadálytalanul utazhatnak a komplex úthálózaton (Lőrinczy 2024).

1996-ban Sara F. Wright kutatása nyomán ismerhette meg a világ a glomalint, ami a talajban nagy mennyiségben, szinte mindenütt előforduló fehérje. Ezt a bonyolult molekulát először az arbuszkuláris mikorrhiza gombák spóráiban és hifa fonalaiban fedezték fel miközben növényi gyökereket kolonizáltak (Wright et al. 1996). Később talaj aggregátumok felszínéről sikerült hozzá nagyon hasonló fehérjét izolálni (Wright and Upadhyaya 1998). A nem teljesen megértett működésű molekulákra azóta „glomalin vonatkozású talaj fehérje”-ként hivatkoznak (GRSP). A talajkutató szakemberekből nagy érdeklődést váltott ki a felfedezés és azóta számos kutatás történt, melyekből kiderült, hogy a talaj glomalin tartalma szoros összefüggésben van az aggregátum stabilitással, a nehézfémek megkötődésével és a növényeket érintő

stresszhatások csökkentésével (Holátka et al. 2021). A növény-gomba kapcsolatok hálózata külső veszélyforrás, például betegség terjedése vagy kártevők megjelenése esetén is képes a legjobb döntésre és megfelelő immunválaszt produkál esetleges támadás esetén. Nem nehéz elképzelni, hogy egy ekkora szerveződés mennyivel hatékonyabban tud fejlődni, védekezni, esetleges problémákat kezelni, mintha a résztvevők egyedül próbálkoznának felvenni a harcot az élet nehézségeivel.



2. ábra Mikorrhiza gombákkal átszőtt (balra) és magányos gyökérzet (jobbra).
(forrás: talajreform.hu)

2.5. Mikroorganizmusok

Egy gramm talajban akár 20-80 milliónyi baktérium is élhet (Manninger 1986). Ezek az élőlények rendelkeznek a képességgel, hogy fenntartsák a természetben lévő anyagok körforgását. A fotoszintézis révén előállított egyszerű cukrok bonyolultabb vegyületekké alakulnak, fehérjékkel és egyéb anyagokkal kapcsolódnak, így felépítve a növényi szervezetet. Ők sem élhetnek azonban örökké, egy, néhány vagy sok év után elpusztulnak és az őket alkotó anyagok elemekre esnek szét, hogy a következő generáció tagjai felhasználva ezeket felépíthessék önmagukat. Ezt a folyamatot, mikor a szerves kötésben lévő elemek ásványi formákká szabadulnak fel, mineralizációnak nevezzük és a talajban élő mikrobák végzik el. A nehezen bontható vegyületeket polimerizálják és nitrogén tartalmú anyagokkal kapcsolják össze, így keletkeznek nagy molekulájú, sötét színű, stabil vegyületek, a humuszanyagok. Kizárólag ők képesek ezekre feladatokra, ezért nagy probléma, hogyha nincsenek jelen kellő mennyiségben a talajban. Hiányuk esetében az előző kultúra szerves maradványai nem tudnak lebomlani és emiatt folyamatosan csökken földjeink tápanyagtartalma.

A mikrobák a növények gyökerei körül kolonizálnak, azokkal összekapcsolódva élnek. A gyökércsúcsokon keresztül földbe szivárogtatott éltető váladékaért cserébe tápanyagokat szolgáltatnak a gazdanövény számára. Emellett a fertőzések és betegségek ellen is védelmező szerepet töltenek be. Kiszorítják a kórokozókat a gyökérkörnyezetből, képesek növelni a növények rezisztenciáját és antibiotikumokat termelni.

A mikroorganizmusok a növények támogatása mellett a talajszerkezet felépíttetésére is jó hatással vannak. Általuk termelt nyálkaszerű, poliszaharid anyag összeragasztja a homok- és iszaprészeket, szilikátokat és szerves anyagokat, így alkotva kisebb-nagyobb aggregátumokat a talajban.

2.6. A talajélet és talajszerkezet kapcsolata

A beéredett talaj fogalma Manninger G. Adolf munkássága folyamán alakult ki. Az ilyen talaj szerkezetében és tápanyag készletében a növényzetre legkedvezőbb hatású. Levegőt, vizet és szilárd alkotóelemeket a legkedvezőbb arányban tartalmazza. Az ilyen jó minőségű termőtalaj létrejöttének alapfeltétele a megfelelő mennyiségű kolloid, szerves anyag és ásványi agyag jelenléte, valamint a mikroorganizmusok tevékenysége.

A tény, hogy kiváló szerkezetű, morzsalékos talaj létrehozására és fenntartására csak a mikrobák képesek, Sekera bizonyította egy kísérlettel. Egy talajmintát sterilizált, majd kettéválasztotta és termosztátban azonos hőmérsékleti és nedvességi viszonyok között tartotta. Az egyik mintához azonban 0,5% lucernalisztet, vagyis nem steril szerves anyagot adott. Az érlelés két-három hétig tartott. Ezután a mintákat mesterséges esőztetésnek tette ki, melynek hatására a steril, élettelen talajminta hamar szétfolyt, elkenődött, míg a mikrobákat tartalmazó minta szerkezetében stabil, morzsaszilárd talaj maradt.

Később Sekera baktériummérget csepegtetett az „élő” talajra és ugyanúgy mesterségesen esőztette. Ekkor ez a talajminta is szétmállott a sterilhez hasonlóan. Az ebből származó tanulság, hogy nem a szerves anyag, hanem a mikroorganizmusok biztosítják a talaj morzsalékos felépítettségét. A kísérleti eredmények alapján meghatározta a beéredettség fogalmát: „A talaj beéredettsége a talaj morzsalékos állapotának mikrobák által való élve felépítettsége.”

2.7. A talajforgatás és káros hatása

Ha talajról van szó, akkor nem lehet csupán területi elhelyezkedésükben gondolkodni. A talajok sajátos tulajdonságokkal bírnak függőleges irányú kiterjedésükben is. Talajszelvény vizsgálatkor ezeket a mélységi jellemzőket tanulmányozzuk. Az ásása során, ahogy egyre lejjebb haladunk láthatjuk, hogy a különböző szintekből különböző minőségű talaj kerül elő, mert a talaj képződése során elkülönült szintek alakultak ki. A föld felszínén található avar és egyéb összegyűlt szerves anyag alsó része már bomlásnak indult, ezt korhanyának nevezzük. Alatta van a kimosódási zóna. Itt történik az anyagkörforgás egyik fontos lépése, a szerves kötésben lévő elemek felszabadítása és ásványi formákká alakítása. Nem véletlen, hogy ebben a rétegben található a talajélet 90%-a (Tóth 2018). Alul található a felhalmozódási zóna, ahol a beszivárgó csapadék szállító munkája által a tápanyagok jelentős része felgyülemlik. A talajforgatás elméleti háttere, hogy a kimosódási zónában felgyülemlett tápanyagokat a felszínhez közelebb hozzuk, hogy a természeteni kívánt növények gyökerei könnyebben elérjék azokat. Gyulai Iván ökológus szerint ez a művelet nem csupán felesleges, de egyenesen pusztító hatású.

2.8. Fizikai tulajdonságok romlása

Technikai fejlődésünk lehetővé tette, hogy erős gépekkel gyorsabban, könnyebben, mélyebben szántsuk a talajt. Ezzel a munkával komoly megpróbáltatásnak tesszük ki földjeinket. A több tonnás gépek nyomóereje tömörödést okoznak, így megszüntetvén a szemcsék közti pórusokat, melyek a víz és levegő átjárhatóságát biztosítják. Az föld rendszeres forgatása során a talajszemcsék széttöredeznek, elveszítik morzsás szerkezetüket, porrá lesznek.

Az ilyen talaj képtelen magába szívni a nedvességet, így tárolni sem tudja azt. A csapadék elnyelődés helyett, a felszínen folytatja útját, magával sodorva földünk egy részét. A manapság gyakran előforduló aszályos viszonyok között rendkívül fontos lenne legalább annak a kevés csapadéknak a minél nagyobb mértékű hasznosulása.

Az elporosodott talaj a szél hatásának is ki van téve. Az apró porszemeket könnyedén kapja fel és szállítja messzire, így lassan de biztosan csökkentve a termőrétegünket.

Láthatjuk, hogy a föld fizikai tulajdonságának leromlása egyenesen vezet a mennyiségi fogyáshoz vízerózió és defláció által. A ésszerűtlen talajművelést duplán szenvedjük el. Szántóföldjeink nem csak egyre rosszabb állapotban vannak, hanem mennyiségük is csökken, a termőréteg folyamatosan vékonyodik. Nem beszélve a rengeteg energiáról, ami a gépek előállításához és működtetéséhez szükséges. Ezzel is növeljük a környezetterhelést és elszennyezzük természeti erőforrásainkat.

A sokmenetes, azonos mélységű és irányú szántás az eketalp-betegség okozója. Az eketalp az ekének az a része, mely függőleges irányban megtartja és haladását a föld adott mélységében biztosítja. Gyakori használatának következtében egy megkeményedett tömör réteg alakul, amibe a víz és levegő nem tud behatolni, így megakadályozván a különböző halmazállapotú anyagok megfelelő arányát. Ilyen eketalp réteg a talajszelvényben akár 2-3 szinten is ki tud alakulni, ami a növények gyökérzetének fejlődését is akadályozza (Bádonyi 2006). A tömörödött réteg a szintek közötti anyagáramlást is hátráltatja és a talaj képtelenné válik szerves egységként működni.

Shipitalo és Edwards (1998) Ohio állambeli vízgyűjtőterületen 4 évig vizsgálta kukorica monokultúrában a talajok vízgazdálkodását. Itt is szántás nélküli és hagyományosan művelt területek kerültek összehasonlításra. Az évi átlagos csapadékmennyiség 1062 mm volt, aminek hatására az első parcellán 2,2 mm vastag talaj folyt el. A szántott területen ez az érték 178,1 mm volt, ami 81-szeres különbséget jelent. Az adatokból számított talajvesztés az első esetben 7 kg/ha/év, míg a második esetben 5335 kg/ha/év. Az eredmény magáért beszél, szemmel láthatóan óriási különbség tud kialakulni a vízerózió mértékét illetően nem túl hosszú idő alatt is. Az első területen 75,9 cm/óra, a második területen 20,3 cm/óra volt az átlagos beszivárgási mélység. Ha a víz mélyebbre tud hatolni a talajban, akkor jelentősen csökken a víz talajt elszállító munkája, illetve szárazabb idő bekövetkeztével képes lesz hasznosítani a magába szívott mennyiséget. Érdemes megjegyeznünk a nagy felületeken hirtelen lerohanó víz okozta árvízveszély növekedését is. Ha folyók vízgyűjtő területén lévő termőfelületek ekkora különbségeket mutatnak vízelnyelés szempontjából, nem kell csodálkoznunk az egyre gyakoribb és hevesebb árvizek előfordulásán.

2.9. A talaj életének felforgatása

Az intenzív földművelés kegyetlen módon avatkozik be a talaj életébe. Az egészséges talaj jellemzője a nagy biodiverzitás és ezek az életek a működtetői alapvető folyamatoknak. Biztosítják az anyagkörforgást, megfelelő mértékben keverik a talajt és fenntartják morzsás szerkezetét. A szántás azonban elpusztítja vagy elkergeti ezeket a hasznos élőlényeket a földből. Az állandó bolygatás tönkreteszi élőhelyüket, lerombolja járataikat és a nedves, porhanyós közegből egy száraz, poros, élehetetlen teret kreál.

Zicsi András az MTA talajzoológiai kutatócsoport munkatársa már az 1950-es években vizsgálta a gilisztapopulációkat. Egy éves vizsgálódásai alapján megállapította, hogy a mélyműveléssel kezelt földterületen 50%-kal csökkent a giliszták száma, míg sekély művelésű területen ez az érték 20% volt (Zicsi 1960)

Birkás Márta öt éves kutatási adatok alapján, vályogtalajon figyelte meg a giliszták számának változását. A direktvetésű területen 26-39 db/m² gilisztát azonosítottak. Ehhez képest a hagyományosan művelt, szántott parcellán a gilisztapopuláció teljes eltűnését figyelték meg (Birkás et al. 2004).

A talaj rétegeinek felforgatásával a feljebbi, oxigéndús szinten élő mikrobák lejjebbi szintekre kerülnek, ahol az oxigén hiányában viszont elpusztulnak és számuk gyorsan csökkenni kezd. A mélyből a föld felszínére került organizmusok a közvetlen napfény égető hatásának vannak kitéve, ami ellen nem tudnak védekezni. Ezen hasznos baktériumok nélkül az anyagkörforgás nem biztosított. A termesztett növények hátramaradó része nem tud lebomlani, csökken a talaj szervesanyag-tartalma és az új növényeknek nem lesz megfelelő tápanyagforrása, ami a gyenge növekedést és az alacsony termésátlagot fogja eredményezni.

A szántás káros hatással van a földben élő gombavilágra is. A gombafonalak nagy kiterjedésű, komplex hálózatának feldarabolása miatt leáll az anyagáramlás a résztvevők között. Ennek a szimbiózisnak megszűnése jelentős hátrányt okoz a növények tápanyagigényének kielégítésében.

2.10. A talajforgatás következményei

Az ember minden felmerülő problémára kitalál valami megoldást. Ezek gyakran látványosan eredményesek és mi elégedetten figyeljük munkánk gyümölcsét, amíg észre nem vesszük milyen károkat okoztunk a természet rendszerének szövetében.

Az élet elűzésével a földből hiba merült fel a tápanyagforgalomban. Termesztett növényeink nem nőttek megfelelően és nem hozták a kívánt mennyiségű termést sem. Valahogyan pótolni kellett a növény számára a hiányzó tápanyagokat. Erre a feladatra lett hivatva a műtrágya.

A műtrágya a növények számára „legfontosabb” anyagokat nagy mennyiségben tartalmazó mesterséges készítmény. Ezek az anyagok elsősorban a robosztus növekedésért felelnek és ez rendszerint meg is valósul kellő mennyiségű műtrágya kijuttatásakor. A hatalmasra nőtt növények az egészségesség látszatát keltik, ám a valóság éppen az ellenkezője. A hirtelen fejlődés során a sejtek megnyúlnak, vízzel és levegővel telítődnek, ellenálló képességük csökken. Műtrágyák közel sem tartalmazzák a szükséges anyagok teljes spektrumát, amik az egészséges fejlődéshez kellenének. Továbbá hátráltatja a növény-gomba kapcsolatok működését is. Az ingyen tápanyag az elbizakodottság érzését keltik a növényekben, hogy nekik már nincs szükségük a gombákkal való kapcsolatrendszerre (Gabe 2018). Így nevelünk látszólag nagyon szép növényeket a felszínen és okozunk károkat a felszín alatt.

Gyenge immunrendszerű kultúráink támadhatóvá válnak különböző kórokozók által. Természetesen erre is van megoldásunk a rengeteg növényvédő szer alkalmazásával. Ezek a vegyszerek hatékonyan pusztítják a nem kívánatos élőlényeket, de káros hatással bírnak az élő szervezetek összességére. A szermaradványok nem bomlanak le, benne maradnak a növényben, annak termésében vagy éppen a talajban. Így mindannyian veszélyeztetve vagyunk a károsodás által, beleértve magát az embert is.

Dióhéjban ezek a műveletek vezettek oda, hogy termőföldjeink nagy része károsodást szenvedett el. Életünk alapja szerkezetlen, élettelen, terméketlen. Azonban szerencsésnek mondhatóak vagyunk, mert a talaj egy olyan természeti erőforrás, mely odafigyelés és ésszerű használat mellett képes meggyógyítani önmagát (Csete & Láng 2004). A talajképződéshez képest a leromlott minőségű

talaj nagy gyorsasággal képes megújulni és újra termővé válni. A kulcsfontosságú mikroorganizmusok megfelelő körülmények között elképesztő sebességgel tudnak szaporodni és helyreállítani az anyagkörforgást és szerkezetet alkotni a talajban. Az elkezdődő gyógyuló folyamatban rendre megjelenik a többi élőlény is saját ütemében és fokozódik az egészséges talaj alappillére, a biodiverzitás.

2.11. Az aggregátum stabilitás

Az aggregátum stabilitás a talaj szerkezeti tulajdonságainak változását jelöli az idő függvényében. Az aggregátumok számos külső hatásnak vannak kitéve, melyek képesek lehetnek az apró részecskék közti kapcsolatot megbontani, ebből adódóan a talaj felépítettségét rombolni. Ilyen kedvezőtlen külső hatás lehet egy heves esőzés, mely során a méretes esőcseppek nagy sebességgel való becsapódása szétveti a nem kellően stabil aggregátumokat. A mezőgazdasági talajmunkák hasonló veszéllyel fenyegetik a talajrészecskéket, melyek szétesése olyan problémákat von maga után, mint a vízelnyelő képesség romlása, a vízerózióval és deflációval szembeni ellenállás csökkenése vagy a talajt alkotó különböző halmazállapotú részek normális arányának megváltozása. A külső környezeti és emberi hatások típusa, intenzitása és gyakorisága mellett stabilitás nagyban függ a talaj sajátos, belső tulajdonságaitól, mint ásványi és szerves eredetű cementáló anyagok mennyisége, humusztartalom és a talajélet aktivitása (Kay 1997). Habár egy fizikai jellemzőről beszélünk, tanulmányok kimutatták a mikroorganizmusok fontos szerepét a talaj aggregátumok felépítésében (Linch & Bragg 1985).

Általánosságban elmondható, hogy a mikroaggregátumok szerves-ásványi anyag komplexek és viszonylag nehezen megbontható, stabil szerkezetek. A csapadék és földművelési munkálatok egyaránt kevésbé tesznek kárt benne. A makroaggregátumok stabilitása viszont jelentősen függ a talaj „élő és holt” szerves anyag tartalmától, ezek változásával párhuzamosan változik. A humusztartalom csökkenésével a stabilitás is csökken. A makroaggregátumok kialakításában a talajfauna nagyobb képviselői is részt vesznek. A gombák fonál hálózata egyaránt összetartó erőként működik. A

növények gyökérváladéka fokozza maga körül a biológiai aktivitást, mely élőlények CO₂ kibocsátása hozzájárul a karbonát képződéshez, így a kötőerő növeléséhez.

Mikroaggregátumok nélkül makroaggregátumok sem jöhetnek létre ezért elmondható, hogy a talajszerkezet felépítéséhez a mikrobáknak, a humusztartalomnak, a szerves anyagoknak, a növények gyökérzetének, a gombák hifa hálózatának és az edafon nagyobb képviselőinek összehangolt működésére van szükség.

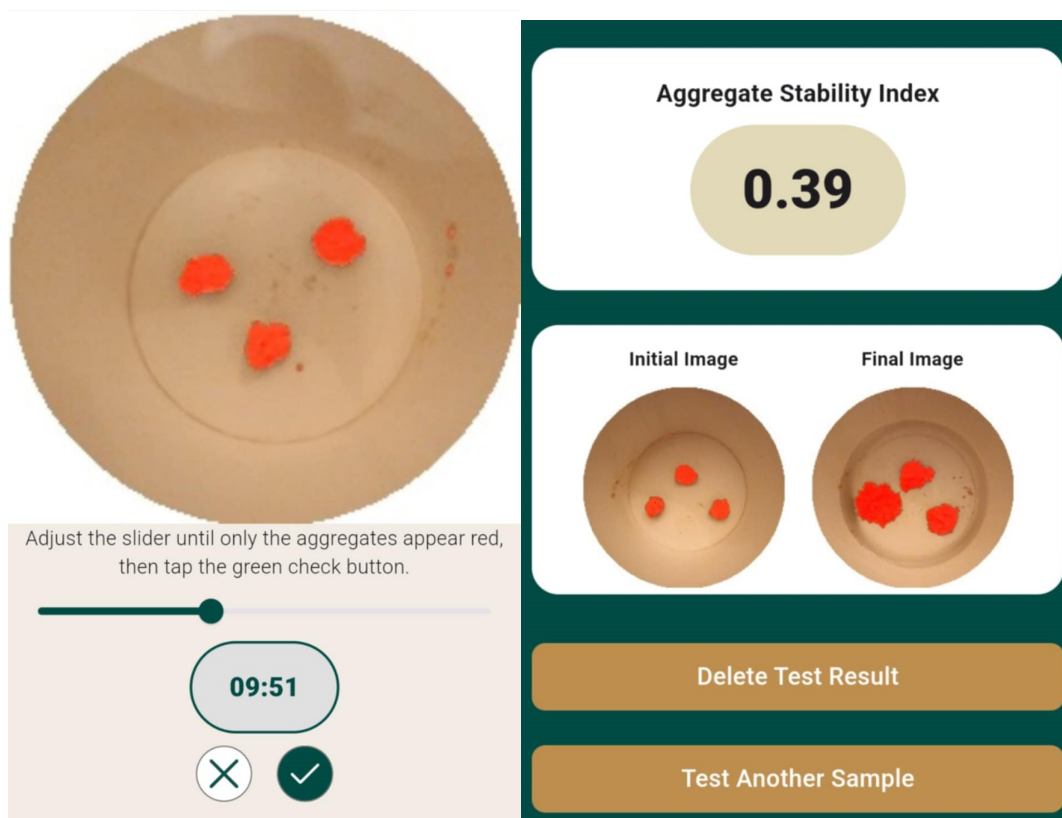
Saját vizsgálódásom keretében azt figyeltem meg, hogy a hagyományosan szántással való művelés milyen mértékű kárt okoz az aggregátumok stabilitásában és ehhez képest a talajkímélő módszer mennyire képes megóvni a talajszerkezetet.

3. Anyag és módszer

Az aggregátum stabilitási méréseket a Slakes nevezetű telefonos applikációval végeztem el. Fajardo és mtsai. (2016) egy könnyen, gyorsan elvégezhető módszert akartak létrehozni, ezért képfelismerő algoritmussal kezdték el a talajmintákat feldolgozni. Nagy mennyiségű és sokféle típusú mintákon kalibrálták az algoritmust, míg megszületett a Slakes applikáció (Vágó 2024). Android vagy iOS operációs rendszerekkel működő okos telefonokra ingyenesen letölthető bárki számára. A telefonon kívül átlátszó vagy fehér edénykére, vízre és legalább 24 órán át szárított talajmintákra van még szükség a mérés során. Az adott mintából 3 db 4-8 mm átmérőjű aggregátumot helyezünk az edénykébe, majd a telefont kamerájával a minták felé helyezzük 10-13 cm magasan (3. ábra). Célszerű szimmetrikus darabokat választani a minél precízebb mérés érdekében. Elindítjuk a stabilitási tesztet és ekkor a telefon automatikusan készít egy referenciaképet az aggregátumokról (4. ábra). Ezután óvatosan víz alá helyezzük a mintákat és hagyjuk 10 percig ázni, amikor is a telefon újabb képet fog készíteni. Az algoritmus a Gompertz függvény (Benjamin Gompertz, 1779-1865) alkalmazásával számítja ki azt a 0,1 és 1 közötti stabilitási értéket, melyet a minták víz alatti diszperziójából következtet (5. ábra).



3. ábra Aggregátum stabilitás mérésére beállított telefon



4. ábra Referencia kép

5. ábra Stabilitási index a két kép alapján

Mintáimat a HUN-REN Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Földrajztudományi Intézet segítségével szereztem a Balaton melletti kutatóterületről, ahol immár 21 éve folytatnak megfigyeléseket. A területen erodált barna erdőtalaj a jellemző, míg a terület lejtése 9 %. A négy parcellára osztott területen kettőn végeznek hagyományos talajforgató földművelést, a másik kettőn pedig talajkímélő módszerek használatosak. Mindkét típusnak mindkét területéről vettem mintákat a megbízhatóbb összehasonlítás miatt. Minden parcelláról két helyen gyűjtöttem, egyszer a lejtős terület felső részéről, egyszer pedig alulról. Mélységi mintákat is vettem 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm és 15-20 cm mélységekből. Az így kapott összesen 32 talajmintát vettem alá a Slakes applikációs méréseknek, minden mintát háromszor mértem meg és az értékek átlagát vettem alapul.

4. Eredmények

Az aggregátum stabilitás mért értékeit táblázatban ábrázoltam. A táblázatok bal szélső oszlopában a mélységet jelöltem centiméterben, ahonnan a mintákat szedtem. Az első sor a parcellákat jelöli, ahol a „C” betű a hagyományosan művelt területet jelöli, az „M” pedig a talajkímélő módszerrel művelt területre utal. Az „A”, illetve „F” betű a művelt területek alsó és felső tartományaira utal értelemszerűen. A C1F és a C2F mintái ugyan más területről lettek gyűjtve, de a talajtulajdonságok és a művelési módszer megegyeznek, csupán a több mintából való mérésből feltételezhető nagyobb pontosság elérése volt a céljuk. A táblázat utolsó sorában a vizsgált területek teljes mélységére számított átlagokat írtam. A táblázat belső cellatartományaiba kerültek a Slakes applikáció által háromszor mért értékek aggregátum stabilitási indexek átlaga.

6. ábra A hagyományosan művelt területek aggregátum stabilitási értékei

	C1F	C1A	C2F	C2A	átlag
0-5	0,33	0,29	0,29	0,34	0,31
5-10	0,33	0,31	0,32	0,38	0,33
10-15	0,42	0,35	0,37	0,44	0,39
15-20	0,30	0,36	0,41	0,30	0,34
0-20	0,35	0,33	0,35	0,36	0,35

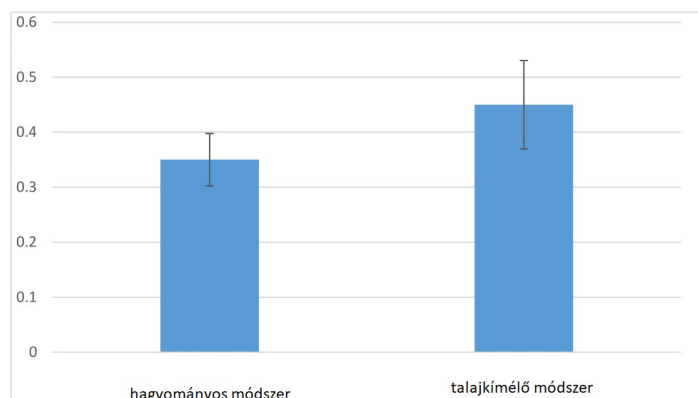
7. ábra A talajkímélő módszerrel művelt területek aggregátum stabilitási értékei

	M1F	M1A	M2F	M2A	átlag
0-5	0,54	0,55	0,44	0,54	0,52
5-10	0,58	0,56	0,45	0,40	0,50
10-15	0,44	0,38	0,36	0,37	0,39
15-20	0,39	0,38	0,42	0,34	0,38
0-20	0,49	0,47	0,42	0,41	0,45

5. Értékelés

Ha megnézzük a hagyományosan, szántással művelt és a talajkímélő módszerrel művelt területek teljes mélységre vonatkozó, összes adat átlagát, szóval az abszolút aggregátum stabilitási indexet, akkor láthatjuk, hogy az előbbire 0,35-ös értéket kaptunk, az utóbbira pedig 0,45 ez a mutató. Elmondható tehát, hogy a talajkímélő módszerrel művelt terület stabilabb aggregátumokat eredményezett. Mivel a stabilitási index maximum értéke 1, ezért ez az eljárás 10 %-kal mondható hatékonyabbnak a talajszerkezet megóvása szempontjából.

8. ábra Hagyományos és talajkímélő módszer abszolút aggregátum stabilitása



A lejtős területek alsó és felső részéről gyűjtött mintákat is összehasonlítottam. Ezúttal is a teljes 20 cm mélységű talajszelvény adataira vonatkozik az összehasonlítás. A hagyományosan művelt lejtős parcellák felső harmadából származó mintáinak átlaga 0,35, az alsó mintáknál ez az érték 0,345. Az eltérés igen csekély. A talajkímélő módszerrel művelt parcellák felső mintáinak átlaga 0,455, az alsóké pedig 0,44. Ebben a tekintetben a különbségek elenyészőek, mindössze 1 % körüli értéket adnak, ez azt mutatja, hogy a lejtésből adódó pozíciónak a kísérleti területen nem volt hatása az aggregátumok stabilitására. A lejtők felső,

erodáltabbnak vélt mintái és a lejtő alsó kis mértékben szedimentálódott mintái között különbséget nem tudtam kimutatni.

A következőkben a mélységi különbségekre fókuszálok, melynek könnyebb értelmezéséhez két részre osztottam a talajszelvényt. A feltalajként csoportosítom a 0-5 cm és 5-10 cm mélyről szedett, altalajként veszem figyelembe a 10-15 cm és 15-20 cm-es mélységből vett mintákat.

9. ábra A vizsgált talajszelvények alsó és felső rétegeinek aggregátum stabilitása

	C1F	C1A	C2F	C2A	átlag
0-10	0.33	0.30	0.30	0.36	0.32
10-20	0.36	0.36	0.39	0.37	0.37
	M1F	M1A	M2F	M2A	átlag
0-10	0.56	0.55	0.45	0.47	0.51
10-20	0.42	0.38	0.39	0.35	0.38

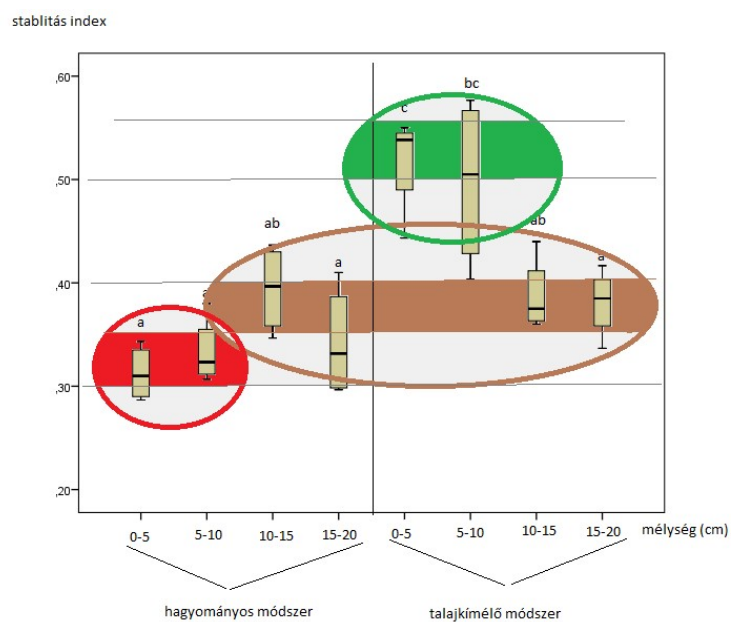
A táblázatból kiolvasható, hogy az altalaj (10-20 cm mélység) aggregátum stabilitás indexei alig mutatnak eltérést, mindössze 0.01, azaz 1 %. Szignifikáns különbség hiányában ezeket az értékeket azonosnak tekinthetjük, így megállapítható, hogy a szántott terület és a talajkímélő módszerrel művelt terület között nincs eltérés szerkezet stabilitást illetően ebben a mélységben.

A talaj felső (0-10 cm) rétegének tanulmányozásakor azonban szembeötlő az értékek közötti eltérés. Habár a szántott terület feltalajának stabilitási átlaga nem tér el kiemelkedően a mélyebb rétegek átlagától, azért elmondható, hogy a szerkezetileg legkevésbé stabil aggregátumokat az a terület produkálta. A talajkímélő módszer esetében kiemelkedő értéket láthatunk. A 0.5 feletti index szignifikánsan eltér az összes többitől, de leginkább az azonos mélységbeli, szántott terület adataitól. A feltalajban mért különbségek azért is kiemelten fontosak, mivel ez a réteg van elsősorban kitéve az erózióknak és deflációknak.

A szántott parcellákról vett mélységi minták között szignifikáns különbséget nem találunk, ami annak köszönhető, hogy a talaj kb. 30 cm mélységig van forgatva a szántás alkalmával, amely a többé-kevésbé homogén „művelt réteget” hoz létre. A

talajkímélő művelésű parcellák esetén azonban nincs forgatás, a szármaradványok a felszínen maradnak, ami részben védi a felszíni aggregátumokat, másrészt elősegíti azok képződését.

10. ábra A vizsgált talajszelvények aggregátum stabilitásának mélységi különbségei



6. Összehasonlítás

A mintáimat szolgáltató parcellákon számos szakember végzett különféle, a talajjal kapcsolatos vizsgálatokat. Egy korábbi kutatómunka során Madarász és munkatársai végeztek összehasonlítást a két különböző művelésű területet illetően (Madarász et al. 2021). Megfigyeléseikből kiderül, hogy a lejtős domboldalon végzett hagyományos földművelés esetében a lefolyás mértéke 38 %-kal volt nagyobb, mint a talajkímélő eljárással művelt területen. Ehhez az adathoz szorosan kapcsolódik a talajveszteség, mely az első esetben 2,44 t/ha/év volt, ami meghaladja a talajképződés üteméből számított, tolerálható évi 2 t/ha mennyiséget (Centeri 2002). A másik esetben ez az érték mindössze 0,09 t/ha, mely jelentősen kisebb és bőven az elfogadható veszteségen belül van. A domboldalról lefolyt vízzel és földdel párhuzamosan csökkent a talaj tápanyagtartalma is. A szerves szén, nitrogén, foszfor és kalcium tekintetében egyaránt magasabb tartalommal bírt a talajkímélő művelésű parcella. Nem utolsó sorban a giliszták száma is szignifikánsan nagyobb értéket mutatott és méretben is felülmúlták a szántott talaj egyedeit.

Úgy gondolom a talaj komplex rendszerében ezek a különbségek nem szimpla véletlenek, hanem egymásból következő, ok-okozati viszonyban lévő összefüggések. Saját méréseim eredményei és Madarász kutatócsoportjának megfigyelései egymást alátámasztó adatok. A hagyományos művelésű módszer súlyosan károsította a talaj felső rétegének szerkezetét, az összehuht föld pórustér aránya nagy mértékben lecsökkent, így a csapadék elenyésző részét volt képes csak magába szívni. Ez számottevően megnövelte a lefolyás mértékét, ami talajveszteséghez és a tápanyag koncentráció csökkenéséhez vezetett. A giliszták mennyisége is arra utal, hogy az aggregátum stabilitás valamennyi talajtulajdonságra hatással van közvetett vagy közvetlen módon és a megfelelő szerkezet hiányában a termőföld minősége romlik és mennyisége is fogyatkozik.

7. Következtetés

Az eredmények alapján arra következtethetünk, hogy a talajkímélő földművelés kevésbé roncsolja az aggregátum szerkezeteket, azok stabilitása nagyobb. Különösen igaz ez az állítás a talaj felső 10 cm-es vastagságában. Ez különösen fontos számunkra a növénytermesztés szempontjából, hiszen a szántás egyik oka a mélyebb rétegekben lévő jobb minőségű talaj felcserélése a felszíni, kimosódott talajjal, hogy a gyökök számára könnyebben elérhetővé váljon a tápanyagok. A szántott talaj pont ebben a felső rétegben okozott jelentős károsodást. A stabilabb szerkezetű talaj egészségesebb és termékenyebb termőközegre utal és ezt sok idő, munka és energia spórolással sikerült elérni a talajkímélő módszerrel. Nem beszélve a felhasznált gázolaj környezetterhelő „mellékhatásáról” és az eszközök további kártékony hatásáról, mint például a tömörödés vagy a biológiai aktivitás csökkenése.

A talaj stabil szerkezete elengedhetetlen feltétele a jól működő és fenntartható mezőgazdasági termelésnek. Ha szétesik a talaj felborul az egyensúly a szilárd, folyékony, légnemű alkotók között. A pórustér hálózat megszűnik, a levegő és vele együtt az oxigén is kiszorul a termőrétegből, ami nélkül létfontosságú folyamatokat elvégző kisebb-nagyobb élőlények elpusztulnak. Nélkülük a szerkezet nem tud stabilizálódni, az anyagkörforgás nem képes megvalósulni és a növények tápanyagfelvétele sokszorosan hátrányos helyzetbe kerül. Az összeesett talaj az értékes vizet sem képes magába szívni, hogy a szárazabb időkben felhasználhassa azt. Helyette elfolyik a felszínen az értékes víz, magával sodorva az értékes földet.

Úgy gondolom tökéletes módszer nem létezik. A talajok sokfélesége, a domborzat és környezeti körülmények számtalan fajtája, a terület bolygón belüli elhelyezkedése és az ebből következő éghajlati tényezők különböző hatása miatt a mezőgazdasági területek más és más típusú foglalkozást igényelnek. Léteznek a fenntartható gazdálkodás ideológiájának kikerülhetetlen elvei, de ezeknek a gyakorlatban való ésszerű használata jelentősen függ az egyes területek környezeti hatásainak összességétől. Ebből kifolyólag a hatékony és fenntartható gazdaság működtetéséhez fontos a természettel való együtt érzés és gondolkodás, valamint kísérletezés alapján leszűrhető tapasztalatok megszerzése és gyakorlása.

Magyarország területének 48,5%-án folyik szántóföldi mezőgazdálkodás, melynek több mint egy harmada erodálódott valamilyen mértékig. 8,5% súlyosan, 13,6% közepesen, 13,2% enyhén erodálódott hazánk termőtalajaiból és az összes mezőgazdasági, valamint erdőgazdálkodási területnek 59,6%-a veszélyeztetett a talaj degradáció által (Stefanovits 1992). Az intenzív földművelés nagymértékű talajtömörödéshez, súlyos talajerózióhoz és a biodiverzitás csökkenéséhez vezetett. Az országban a teljes mezőgazdasági ágazat csupán 10%-a alkalmaz talajkímélő módszert. Láthattuk, hogy ezzel az eljárással hatékonyan csökkenthetjük a talaj degradálhatóságának mértékét, mely az egész ökoszisztémára jótékony hatással lenne. Úgy érzem az utóbbi évtizedek tudományos kutatásai pontosan bemutatják, hogy egy kis szemléletváltással mennyit tehetünk talajaink megóvása érdekében. Ideje lenne alátámasztott elméleteinket a gyakorlatban is kamatoztatni.

8. Összefoglalás

Szakdolgozatomban felhívtam a figyelmet a globális léptékű talaj degradációs folyamatokra, mely robbanásszerűen kezdett növekedni az ipari forradalom során megjelent új gépek használatával. Számos kutatási eredmény árulkodik arról, hogy az intenzív mezőgazdaság a hatékony termelés mellett súlyosan károsítja a talaj termőképességét. Röviden összefoglaltam a talaj kialakulásának folyamatát, mikro- és makroaggregátumokból felépülő szerkezetét, majd részletesen bemutattam élővilágának sokszínűségét és azok nélkülözhetetlen szerepét az egészséges talaj fenntartásában. A parányi mikrobáktól a gyűrűs férgek át, a kisebb testű emlősökig, ezek az állatok mind fontos tevékenységet végeznek a felszín alatt, mint például a talaj keverése, az anyagkörforgás működtetése vagy a szerkezeti egységek összetartása. A talajélethez tartoznak a növények gyökerei és a gombák fonalainak hálózata is, melyek a mikroorganizmusokkal együttműködve komplex rendszereket alkotnak. A rendszeren belül precíz tápanyagelosztás működik, szükség esetén segítik a rászoruló résztvevőket és kórokozó vagy betegség támadása esetén képesek közös erővel védekezni. Dolgozatomban külön értekeztem a mikroorganizmusok pótolhatatlan szerepéről az aggregátum szerkezet fenntartásában, ami nélkül nem létezhet egészséges talaj. A témában megjelent szakirodalmakra hivatkozva bemutattam, hogy az intenzív mezőgazdaság hogyan ronsolja a talaj fizikai jellemzőit és biológiai aktivitását egyaránt. A leírtakat egy saját vizsgálódással is alátámasztottam, melynek keretében aggregátum stabilitást mértem a SLAKES nevezetű telefonos applikációval. A SLAKES egy ingyenesen letölthető szoftver, mely bármely Android vagy iOS operációs rendszerrel működő okostelefon futtatható. A kísérlet során hagyományosan, szántással művelt és talajkímélő módszerrel művelt területek aggregátumainak stabilitását mértem 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm és 15-20 cm mélységi szintekről vett talajmintákon, így lehetőségem volt a két módszer hatásait összehasonlítani a különböző talajszinteken.

Eredményeim igazolták, hogy a hagyományos talajművelés instabilabb aggregátumokat eredményezett, különösen a talajszelvény felső szintjeiben. Ugyanazon a területen végzett talaj degradációs kísérlettel összevetve eredményimet

megerősítést nyert, hogy az aggregátum stabilitás és a talaj erodálhatóságának mértéke szoros összefüggésben van.

A szakirodalomra és saját vizsgálódásom eredményeire támaszkodva végső következtetésként megállapítottam, hogy a talajkímélő módszerek hatékonyan óvják meg a talaj szerkezetét és annak élővilágát, amik kulcsfontosságú tényezők a talaj termőképességének megőrzésében.

Irodalomjegyzék

- Bádony K., Madarász B., Kertész Á. & Csepinszky B. (2008) : Talajművelési módok és a talajerózi kapcsolatának zalai mintaterületen. Földrajzi értesítő (57(2) : 147-167 p.
- Bádonyi K. (2006) : A hagyományos és a kímélő talajművelés hatása a talajerózióra és az élővilágra. Tájökológiai lapok, 4(1) : 2-13 p.
- C. Wauden, R. Nicoloso, E. Barros, R. Grave (2020) : Early adoption of no-till mitigates soil organic carbon and nitrogen losses due to land use change. Soil and tillage research, volume 204, 21p.
- Centeri Cs. (2002) : Az általános talajvesztesség becslési egyenlet (USLE) K tényezőjének vizsgálata. Doktori értekezés. SZIE, Gödöllő, 162 p
- Csete L., Láng I.(2004) : Agroökoszisztémák, regionalitás és biodiverzitás. "Agro-21" Füzetek. Agroökológia – Agroökoszisztémák környezeti összefüggései és szabályozásának lehetőségei, 186-204 p.
- Dekemati I. (2020) : A klíma-szenzitív és a klíma-védő művelés megfelelése különböző talajokon. Doktori értekezés, Szent István Egyetem, Gödöllő, 229p
- Edward H. F. (1945) : Ploughman's folly. Michael Joseph Ltd. London.
- Fajardo, M., McBratney, A. B., Field, D. J., & Minasny, B. (2016) : Soil slaking assessment using image recognition. Soil & Tillage Research,163, 119–129 p.
- Forró E. (1996) : Talajtani ismeretek a rendszerszemléletű környezeti nevelésben. Iskolakultúra, 10(2): 9-10.
- Fortuna, A. (2012) : The soil biota. Natura Education knowledge, 264 p.
- G. Brown (2018) : Porból élet. T.bálint Kiadó, Törökbálint, 171 p.
- Holátko J., Brtnicky M., Datta R., Jansa J. (2021) : Truths, myths and the future of this elusive soil glycoprotein. Soil biology and biochemistry. Volume 153, 1-3 p.
- Kay, B.D., (1997) : Soil structure and organic carbon: a review. In: Soil processes and the carbon cycle. Boca Raton, FL., 197 p.
- Linch, J. M., & Bragg, E. (1985): Microorganisms and soil aggregate stability. Advances in soil science,2, 137 p.
- Löhnis F. (1926) : Nitrogen availability of green manures. Soil Science 22(4): 290 p.
- Madarász B., Bádonyi K., Benke Sz., Kertész Á., Csepinszky B. (2004) : Különböző talajművelési módok hatása az élővilágra. Tájökológiai lapok, 22(1), 7-8 p.
- Madarász B., Jakab G., Szalai Z., Juhos K., Kotroczó 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, 13p.

Manninger G. A. (1986) : A talaj sekély művelése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 133p.

Stefanovits P. (1999) : Talajtan. Mezőgazdasági kiadó. Budapest, 470 p.

Stefanovits, P., Várallyay, Gy. (1992) : State and Management of Soil Erosion in Hungary. Soil Erosion and Remediation Workshop, US - Central and Eastern European Agro-Environmental Program, Budapest,

Tóth Zs. M. (2018) : Mérgezett Föld. Filmdzsungel Stúdió, Budapest

Vágó S. (2024) : A talajkímélő és talajmegújító mezőgazdaság hatása a talaj fizikai tulajdonságaira, különösen az aggregátumstabilitásra. Szakdolgozat, Eötvös Lóránt Tudomány Egyetem, Budapest, 33 p.

Wright, S.F. & Upadhyaya, A. (1996) : Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungi. Soil Science, 161 p.

Internetes források ismeretlen szerzőtől

<https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/the-soil-biota-84078125/> (2024.10.)

<https://www.agroinform.hu/szantofold/amit-a-talajolto-bakteriumokrol-erdemes-tudni-72175-002> (2024.10.)

<https://agrarium7.hu/cikkek/1898-mikroorganizmusok-a-talaj-biologiai-aktivitasanak-orzi> (2024.10.)

<https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.4141/s04-003> (2024.10.)

<https://agraragazat.hu/hir/agrar-tapanyag-gazdalkodas-gombak-talaj-mezogazdasag/> (2024.10)

<https://agraragazat.hu/hir/talajelet-biologiai-egyensuly-3/> (2024.10)

NYILATKOZAT

Sütő Zsombor Soma (hallgató Neptun azonosítója: E95DSL) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom¹.

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

Kelt: Budapest, 2024. év november hó 4. nap



belső konzulens

