

SZAKDOLGOZAT

Deák Bence

2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Georgikon Campus

Kertészettudományi Intézet

Kertészmérnök alapképzési szak

**Mikro- és makroaggregátum-stabilitás értékek alakulása
monokultúrában és vetésforgóban**

Belső konzulens: Dr. Tóth Zoltán
egyetemi docens

**Belső konzulens
intézete/tanszéke:** Növénytermesztési-
tudományok Intézet,
Agronómia Tanszék

Külső konzulens: Dr. Dunai Attila
talajtani szakmérnök

Készítette: **Deák Bence**

Készthely

2023

Tartalom

1. BEVEZETÉS	4
1.1. CÉLKITŰZÉS	4
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	6
2.1. A TALAJ JELENTŐSÉGE ÉS FUNKCIÓI	6
2.2. A TALAJSZERKEZET ÉS ANNAK KIALAKULÁSA	7
2.3. A TALAJSZERKEZET STABILITÁSA	8
2.4. A SZERKEZETI STABILITÁST BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK	9
Külső tényezők:.....	9
Belső tényezők:.....	10
2.5. A STABILITÁS VIZSGÁLATI MÓDSZEREI	11
2.6. MEAN WEIGHT DIAMETER (MWD) MINT STABILITÁSI MUTATÓ	12
3. A KÍSÉRLET ANYAGA ÉS MÓDSZERE	14
3.1. KÍSÉRLETI TERÜLETEK	14
3.2. AGGREGÁTUM-STABILITÁS VIZSGÁLATA	16
3.2.1 WSA (Water-stable aggregates, azaz vízálló aggregátumok).....	17
3.2.2 Frakcionált nedves szitálás.....	18
3.3. STATISZTIKAI ÉRTÉKELÉS MÓDSZEREI	19
4. EREDMÉNYEK.....	20
4.1. AGGREGÁTUM-STABILITÁS EREDMÉNYEK WSA KÉSZÜLÉKEN VÉGZETT ELJÁRÁSNÁL.....	20
4.1.1 IOSDV kísérlet eredményei	20
4.1.1.1 Mérések gyors nedvesítéses módszerrel.....	20
4.1.1.2 Mérések lassú nedvesítéses módszerrel	24
4.1.2 Monokultúra kísérlet eredményei	29
4.1.2.1 Mérések gyors nedvesítéses módszerrel.....	29
4.1.2.2 Mérések lassú nedvesítéses módszerrel	32
4.2. AGGREGÁTUM-STABILITÁS EREDMÉNYEK FRAKCIONÁLT NEDVES SZITÁLÁSOS ELJÁRÁSNÁL.....	35
4.2.1 Frakciók	35
4.2.1.1 IOSDV kísérlet eredményei.....	35
4.2.1.2 Monokultúra kísérlet eredményei.....	36
4.2.2 MWD (Mean Weight Diameter).....	37
4.2.2.1 IOSDV kísérlet eredményei.....	37
4.2.2.2 Monokultúra kísérlet eredményei.....	40
5. KÖVETKEZTETÉSEK	43
6. ÖSSZEFOGLALÁS	46
7. IRODALOMJEGYZÉK	48
8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	52

1. Bevezetés

Földünk népessége az elmúlt 70 évben majdnem megnégyesződött. Jelenleg több mint 8 milliárd fő lakja bolygónkat, akik számára a növénytermesztésnek, mint iparágnak kell megfelelő mennyiségű egészséges élelmiszert, illetve élelmiszer-alapanyagot előállítania. Ehhez nélkülözhetetlen a megfelelő minőségű termőföld! Ebből egyértelműen következik, hogy termőtalajaink állagát óvnunk kell, és mindenképpen meg kell akadályozzuk leromlásukat. A dolgozatom címében szereplő aggregátum-stabilitás pedig egy olyan tényező, amely nagyban meghatározza egy adott talaj termékenységét, mert a talajszerkezet kialakulásának és ezzel együtt a növények fejlődésének egyik alapfeltétele a stabil aggregátumok jelenléte. Egy jó talajszerkezet emellett megvédi talajainkat az eróziós hatásoktól is. Ez a szoros összefüggés a talajok minősége, illetve termékenysége és a szerkezeti-stabilitása között régóta arra ösztönzi a kutatókat, hogy foglalkozzanak a kérdéskörrel.

Személy szerint azért választottam a címben szereplő tárgykört, mert több éve a MATE Növénytermesztési-tudományok Intézet talajtermékenységi laboratóriumában dolgozom a keszthelyi Georgikon Campuson és foglalkozom különböző tartamkísérletek fenntartásával, illetve talaj-, és növényminták feldolgozásával és laboratóriumi vizsgálatával. Ebből kifolyólag napi szinten kapcsolatban állok szántóföldi növényekkel és általuk a talajjal is. Úgy gondoltam, hogy ebben az irányban szeretném mélyíteni ismereteimet és bővíteni tudásom, illetve célom volt, hogy egy a jelenkor számára aktuális problémával foglalkozzak, és sajnos talajaink szerkezetének leromlása egyre gyakoribb napjainkban (CHAN & HEENAN, 1999).

1.1. Célkitűzés

Korábbi kísérletek alapján már bizonyított, hogy kukorica állományok alatt csökken a talajaggregátumok stabilitása monokultúrás termesztés esetén (RAIMBAULT & VYN, 1991). *Tóth és Kismányoky (2001)* is megállapították, hogy a kukorica monokultúrában ugyan fenntartható, de nívója a vetésforgóhoz képest jóval alacsonyabb és ezt alátámasztották az általuk mért szemtermés adatok közötti különbségek is (TÓTH & KISMÁNYOKY, 2001).

Munkám során két kísérleti területet vizsgáltam és hasonlítottam össze aggregátum-stabilitás szempontjából, az 1969-ben Keszthelyen beállított Kukorica monokultúra kísérletet és az 1983-ban ugyanitt beállított Nemzetközi szerves- és nitrogéntrágyázási kísérletet (későbbiekben IOSDV). A kísérletekről az Anyag és módszer fejezetben írok részletesen.

Vizsgálataim céljaként az alábbi kérdésekre kerestem a választ:

- Hatással vannak-e a különböző szervesanyag kiegészítések, illetve a különböző nitrogén adagok az aggregátum-stabilitásra?
- Bizonyítható-e az aggregátumok stabilitásának csökkenése monokultúrában egy vetésforgóhoz viszonyítva?
- Milyen mértékben tér el a két kísérlet talaja aggregátum-stabilitás szempontjából?

A stabilitás értékeket többféle mérési módszerrel határoztam meg mindegyik kísérleti területről és a kapott adatok elemzése alapján egyrészt választ adhattam a felsorolt kérdésekre, másfelől tapasztalatot szerezhettem az eltérő vizsgálati módszerek előnyeiről, relevanciájáról.

2. Irodalmi áttekintés

Az alábbiakban szeretném bemutatni különböző hazai és külföldi források alapján a dolgozatomhoz kapcsolódó fontosabb fogalmakat, a talajok jelentőségét, a talajok szerkezeti stabilitását és annak összefüggéseit más talajfizikai paraméterekkel. Külön kitérek a szerkezeti-stabilitás vizsgálati módszereire.

2.1. A talaj jelentősége és funkciói

A talaj a bolygónk legkülső szilárd burka, mely rendelkezik azzal a sajátossággal, hogy megfelelő időben és volumenben el tudja látni a rajta lévő növényeket tápanyaggal és vízzel, ezzel megteremtve az elsődleges biomasza megtermelésének lehetőségét. Valamint termelőeszközként a növénytermesztés alapjául szolgál (BIDLÓ, et al., 2011).

Várallyay (2010) szerint a talaj, mint természeti erőforrás az alábbi szerepeket tölti be:

- Több természeti erőforrás (mint pl. a légkör, a felszíni és felszín alatti vízkészletek) hatásának integrátora, átalakítója és reaktora.
- Életteret nyújt a talajban lévő élettevékenységeknek, a rajta élő természetes növényflórának és termesztett kultúráinknak.
- Az elsődleges biomasza létrejöttének helyszíne és a bioszféra tápanyagforrása, illetve hő, víz és növényi tápanyagok raktározója.
- A talajt érő természetes vagy emberi tevékenység általi stresszhatások pufferáló közege.
- A természet óriási szűrőrendszere.
- A bioszféra gén-rezervoárja és a biodiverzitás kihagyhatatlan eleme.
- Történelmi örökségeink hordozója (VÁRALLYAY, 2010).

A felsorolásból látszik, hogy mindennapi életünk sok szegmensében szerepet játszik a talaj valamilyen közvetlen vagy közvetett formában, viszont egy feltételesen megújuló természeti erőforrásról beszélünk, ami azt jelenti, hogy képes a megújulásra bizonyos stresszhatások okozta károsodás után, viszont ennek a regenerálódásnak meghatározott és nélkülözhetetlen feltételei vannak (GREENLAND & SZABOLCS, 1993). Ehhez kapcsolódik *Várallyay (2010)*

gondolata, mely szerint talajainkat a megfelelő módon használva nem változik meg irreverzibilis módon azok minősége és ahhoz, hogy funkciójukat és termékenységüket fenntarthassuk tudatosan kell bánnunk velük. Például ésszerű földhasználatot kell folytassunk, megfelelő agrotechnikát kell alkalmazzunk és talajjavítási tevékenységeket is kell végezzünk (VÁRALLYAY, 2010).

2.2. A talajszerkezet és annak kialakulása

A talajszerkezet a talajminőség értékelésének egyik alapvető mutatója. A jó talajszerkezet hatékonyan szabályozhatja annak tápanyag-körforgását, a mikrobiális közösség szerkezetét és a föld feletti növények sokféleségét (LEEWS, et al., 2022). A talaj szerkezete meghatározza, hogy kultúrnövényeink gyökere milyen mélységbe jut el, hogy milyen a talaj levegő-, és vízháztartása, illetve a fauna tevékenységének mértékét (PAGLIAI, et al., 2004).

Talajok szerkezetén a szemcsék, illetve szemcsecsoportok térbeli elhelyezkedését értjük. A növénytermesztés számára a jó szerkezet elemi fontosságú. Az, hogy az ásványi részecskéket összetapasztó kötőanyag minősége milyen, a talajt borító növényzet és a talajhasználat módja is meghatározza. Az így kialakult szemcsék előbb morzsákká, majd azok rögökké tapadhatnak össze (LŐRINCZ, et al., 1978). A talaj szerkezetének kialakulása során a kolloidrészecskék elsődleges halmazokat alkotnak, melyeket koagulumoknak hívunk. Ezek a koagulumok a talaj más vázrészeivel összetapadva alkotják a másodlagos halmazokat, melyeket másnéven mikroaggregátumoknak nevezünk. A mikroaggregátumok összeállásával jöhetnek létre a makroaggregátumok (ANTOS, et al., 2006). *Schmidt (2011)* is hasonlóan fogalmaz, szerinte a talajszerkezet kialakulásának során az ásványi részecskék összetapadását követően nagyobb méretű másodlagos és harmadlagos halmazok, aggregátumok jönnek létre (SCHMIDT, 2011). *Nimmo (2013)* szerint az aggregátumokat elsődleges talajrészecskék csoportosulásának tekinthetjük, melyeken belül az alkotórészek nagyobb erővel kötődnek egymáshoz, mint az őket körül vevő egyéb talajrészecskékhez (NIMMO, 2013).

Egy talaj növénytermesztésre való alkalmasságát meghatározza a szerkezetének állapota és minősége, illetve a művelőeszközökkel és vízzel szembeni ellenállóképessége, ezt nevezzük agronómiai talajszerkezetnek (VÁRALLYAY, 1993). Az agronómiai szerkezet a

szerkezeti elemeket méretük alapján sorolja különböző osztályokba és az osztályok egymáshoz viszonyított arányát adja meg. A 0,25 mm-nél kisebb frakciót pornak, a 0,25 és 10 mm közé eső frakciót morzsának, míg a 10 mm-t meghaladó frakciót rögnek hívjuk (LŐRINCZ, et al., 1978). Egy talajban legkedvezőbbnek az 1–3 mm közötti morzsákat tekinthetjük. Valamint kedvező szerkezetűnek nevezhetjük azokat a talajokat, amelyekben az 1 mm-nél nagyobb morzsák aránya a nagyobb, míg a rossz vagy leromlott szerkezetű talajoknál a porfrakció mennyisége nagy és sok rögöt is tartalmazhatnak (STEFANOVITS, et al., 2010). Ideális eset az, ha a morzsafrakció részaránya eléri vagy akár meg is haladja a 80 %-ot (ANTOS, et al., 2006). *Tóth (2001)* szerint egy jó szerkezetű talaj jóval ellenállóbb a különféle talajpusztító tényezőkkel szemben (TÓTH, 2001).

A talajszerkezet számszerűsítésére több lehetőséget is javasolnak a kutatók, de a módszerek nagy többsége a különböző méretű aggregátumok mennyiségének és stabilitásának mérésén alapszik, ilyen például a *Six és mtsai. (2000)* által ajánlott egységes aggregátum-stabilitási mutató (SIX, et al., 2000).

2.3. A talajszerkezet stabilitása

A talaj szerkezeti elemei feladataikat akkor tudják ellátni, ha stabilitásuk megfelelő mértékű, azaz az aggregátumokra ható különböző romboló erőket szétesés nélkül képesek elviselni, ezt nevezzük aggregátum-stabilitásnak (KEMPER & ROSENAU, 1986). Kulcsfontosságú ismernünk a talajok ezen tulajdonságát, mert szoros összefüggésben áll a talajtermékenység fenntartásával, illetve annak növelésével, valamint a talajok védelmével (DUNAI & TÓTH, 2015).

A talajok aggregátum-stabilitása különösen nagy jelentőségű a mezőgazdaság által hasznosított területeken, hiszen a jobb aggregátum-stabilitás jobb talajszerkezetet eredményez és ez a talajok termékenységének növekedésében kézzelfoghatóan megnyilvánul (PENG, et al., 2004).

A talaj jellemezhető szerkezetének ellenállóképességével a víz romboló hatásával szemben, egy talajmorzsa vízállósága annál nagyobbak tekinthető, minél nagyobb vízbehatást képes elviselni anélkül, hogy széthullana. Ilyen jó morzsavízállóság esetén a művelés során kialakított

kedvező porozitásviszonyok az egész tenyészidőszak alatt megmaradhatnak (ANTOS, et al., 2006).

2.4. A szerkezeti stabilitást befolyásoló tényezők

Az aggregátum-stabilitást sok tényező befolyásolja, ezeket a tényezőket két nagy csoportba gyűjthetjük, belső és külső tényezők csoportjába (AMÉZKETA, 1999).

Külső tényezők:

Meghatározó szereppel rendelkeznek a **klimatikus viszonyok**. Hatása lehet pozitív és negatív irányú is, mindez pedig a hőmérséklettől, illetve a nedvességtartalomtól egyaránt függ. A stabilitás értékére befolyással van még a terület domborzati elhelyezkedése és lejtőszöge egyaránt. (BRYAN, et al., 1989).

Befolyásoló tényezőként sorolhatjuk fel a különböző **művelési módokat**. Egy hagyományos (szántást alkalmazó) művelés csökkenti a stabilitást egy a szántást mellőző (no-till) rendszerhez képest (SIX, et al., 1999). A művelési módok hatását vizsgálták *Andruschkewitsch és munkatársai (2014)* egy 18 és két 23 éves kísérletben. Vizsgálataik során a redukált és no-till rendszerek esetén magasabb makroaggregátum-stabilitási mutatókat mértek, mint a hagyományos művelés esetében (ANDRUSCHKEWITSCH, et al., 2014).

A **műtrágyázás** is kiemelt hatással van az aggregátum-stabilitási értékekre, de a hatás széles spektrumon változik a műtrágya formájától és mennyiségétől függően. (TISDALE, et al., 1993).

Vizsgálatok alapján a **szervesanyag-visszapótlás** általában növelni képes a stabilitás értékeket a kezeletlen területekéhez képest. A hatás mértéke viszont nagyban függ a kijuttatott szerves anyag mennyiségétől és minőségétől (CHIVENGE, et al., 2011).

Megemlíthetjük még a különböző **mulcsok** stabilitásnövelő hatását is. Itt a hatás nem közvetlen, mert megállapították, hogy az erózió csökkenésén (LAYTON, et al., 1993) és a szerves-széntartalom növelésén alapul (DUICKER & LAL, 1999).

Belső tényezők:

Barral és társai (1998) szerint az egyik legfőbb tényező a talajok **szervesanyag-tartalma** (BARRAL, et al., 1998). *Chenu (2000)* szerint a szerves anyag mennyiségének növekedésével a stabilitás nő, valamint azt is megfogalmazta, hogy kisebb agyagtartalommal rendelkező talajok esetében erősebb a hatása. A szervesanyag stabilitás növelő hatására két fő magyarázat van, először is a mennyiségének növekedésével megnő a hidrofobicitás, ennek következménye, hogy a vízzel szembeni ellenállóképesség nő, másodsorban pedig a növekvő szervesanyag-mennyiség lehetővé teszi több kémia kötés kialakulását az aggregátumok között, ami szintén stabilitásnövelő hatással bír (CHENU, et al., 2000).

Egy másik fontos tényező a talajok **kationcserélő kapacitása**, mely értékének növekedésével általánosságban az aggregátum-stabilitás is nő (TISDALL, 1996). Elmondható, hogy az adszorbeált kétértékű ionok egyértékű ionokra való lecserélése stabilitás csökkenést von maga után. A Ca^{2+} - és a Mg^{2+} - ionok mennyiségének növekedése javítja a szerkezetet és stabilitást, de a Mg^{2+} - koncentráció túlzott megnövekedése agyagszététeshez vezethet, ami viszont csökkenti a stabilitás értékét. A hatás eredménye a talajban levő agyagásványoktól és az elektrolit-koncentrációtól függ (ZHANG & NORTON, 2002).

Amezketá (1999) a különböző **agyagásványok** hatásáról is beszámol. A kationcserélő kapacitás és a fajlagos felület nagysága alapján az 1:1 típusú agyagásványok, mint például a kaolinit, kevésbé járulnak hozzá az aggregátum-stabilitás növeléséhez, mint a nagyobb fajlagos felületű 2:1 típusú agyagásványok, így például a szmektitok (AMÉZKETA, 1999).

Fontos tényező a talajban lévő **vas-alumínium-oxidok** jelenléte is (IGWE, et al., 2009). A több vegyértékű Al-, és Fe-ionok kation-híd kialakításával szintén talajszerkezetet javító hatással bírnak (AMÉZKETA, 1999).

Az aggregátumok stabilitását növelni képes a magasabb **pH** és a magasabb **mésztartalom**, ekkor több makroaggregátum képződik (BOIX-FAYOS, et al., 2001). Megemlítenéd még, hogy *Haynes és Naidu (1998)* szerint a mésztrágyázás következtében megemelkedett pH mikrobiális aktivitás növekedést okoz, mely hatására a stabilitás szintén nő (HAYNES & NAIDU, 1998).

Kay (1998) a **fizikai féleséget** is meghatározó tényezőként kezeli. Kisebb agyagtartalmú talajok esetén főként a szerves anyag mennyisége tud szerkezetjavító hatással bírni, míg magasabb

agyagtartalom mellett az agyag frakció mennyisége és annak típusa a meghatározó (KAY, 1998).

A **porozitási viszonyokat** is ide soroljuk, bár a porozitás közvetett módon hat a stabilitásra. Az a szerves széntartalom, amely kis átmérőjű pórusokban található meg védve van a dekompozíciós folyamatoktól, míg a nagyobb makropórusokban jelenlévő oxigén a szervesanyagok oxidációs folyamatait elősegíti (THOMSEN, et al., 1999).

Meg kell említenünk a **mikroorganizmusok** szerepét is. Általánosan elfogadott, hogy a makroaggregátumok kialakulására a talajlakó gombák aktivitása van inkább hatással, míg a mikroaggregátumok kialakulására a baktériumok (SCHUTTER & DICK, 2002). A mikroorganizmusok által megtermelt kötőanyagok jelentős mértékben képesek növelni a stabilitást. A mikroszervezetek mellett a talajban élő makroszervezetek hatása sem elhanyagolható. A földigiliszták az aggregátumok stabilitását különböző fiziokémiai és biológiai folyamatokon keresztül képesek növelni (BROWN, et al., 2000).

Hatással van a termesztett **növény faja** is az aggregátum-stabilitásra. Például a kukorica vagy lucerna maradványok magasabb fenoltartalmuk által stabilitásnövelő hatásúak (MARTENS, 2000). Pillangósnövények esetén szintén magasabb stabilitás értékek mutatkoznak a mikrobiális biomassza nagyobb mennyiségének következtében (CHAN & HEENAN, 1996).

Az aggregátum-stabilitásra az előbb tárgyalt külső és belső tényezők összessége van hatással, míg a talajok több talajfizikai jellemzőjére maga az aggregátum-stabilitás hat. Példának vehetjük a talajok ellenállóképességét különböző eróziós hatásokkal szemben (BAST, et al., 2014) vagy a vízbeszivárgást (LE BISSONNAIS, et al., 2007) is.

2.5. A stabilitás vizsgálati módszerei

Számos módszer létezik a talajok aggregátum-stabilitásának meghatározására. Ezek közül az egyik legegyszerűbb a Sekera-féle kvalitatív becslés, melynél 7 cm átmérőjű Petri-csészébe helyezünk körülbelül 10-15 db 1-3 mm átmérőjű légszáraz aggregátumot és ráöntünk 10 ml desztilláltvizet. Ezt követően 10 percet állni hagyjuk, majd 8-10 óvatos körkörös mozdulattal megmozgatjuk a Petri-csészét, ezután vizuálisan vizsgáljuk és osztályozzuk a meghatározott

méretű és mennyiségű talajaggregátumok eliszapolódásának mértékét (STEFANOVITS, et al., 2010).

Azt, hogy milyen módszert választunk a vizsgálandó terület elhelyezkedése, környezete alapján dönthetjük el (BAST, et al., 2015). Ahol a körülmények szárazabbak és inkább a szél deflációs hatásának vannak kitéve a talajok, ott a száraz aggregátum-stabilitás meghatározásának módszerei használatosak (BROERSMA, et al., 1997). Ahol a csapadék és a felszíni elfolyások okozta erózió domináns, ott a nedves stabilitás meghatározásának módszerei elterjedtek (NIMMO, 2013).

A száraz szitálás elvégzésekor a légszáraz talajmintát több különböző lyukbőségű szitából álló szitasoron szitáljuk át és az egyes szitákon fennmaradt frakciók tömegét mérjük, majd viszonyítjuk az egész minta tömegéhez, így egy tömegszázalékos összetételt kapunk. (STEFANOVITS, et al., 2010).

Az első gépesített nedves szitálási módszer *Yoder (1936)* nevéhez köthető, aki ekkor több különböző szitával végezte a mérést és az ezekből álló szitaoszlopot egy motor segítségével mozgatta a vízzel teli tartályban (YODER, 1936). Ezen módszer volt az alapja több későbbi kutató által kifejlesztett eljárásnak is.

Ma már tudjuk, hogy a külső környezeti hatások sokkal nagyobb hatással vannak a makroaggregátumokra, mint a mikroaggregátumokra (BARBERA, et al., 2012), így vizsgálni is azokat célszerűbb. *Kemper és Koch (1966)* egy olyan módszert hozott létre, mellyel az 1 és 2 mm közé eső frakciót felhasználva, 250 mikronos szitákkal határozható meg az aggregátum-stabilitás (KEMPER & KOCH, 1966). Ez a módszer máig használatos, mert relatív kevés idő alatt sok minta vizsgálható vele.

2.6. Mean Weight Diameter (MWD) mint stabilitási mutató

Egy talaj aggregátum-stabilitását sokszor egy tetszőlegesen kiválasztott frakción keresztül mutatják be, így az nem jellemzi a teljes talajt.

A teljes talajszerkezetre kiterjedő mérőszám a Közepes mért átmérő (KMÁ), melyet van Bavel vezetett be és az összes frakciót egy számértékben képes kifejezni. Sokszor a talajművelési módok hatását hasonlítják össze vele (KEMPER & ROSENAU, 1986).

$$KM\acute{A} = \frac{\sum_i^n x_i \times S_{int}}{W}$$

Ahol,

$KM\acute{A}$ = közepes mért átmérő mm-ben,

X_i = azonos ideig végzett nedves szitálás után kapott, aggregátum méretű homok frakció tömegével korrigált frakció tömegek az egyes szitákon,

S_{int} = a kapott frakciót átengedő és felfogó szita pórusméretének átlaga,

W = az aggregátum méretű homok frakció tömeggel korrigált kiindulási talajminta tömege.

3. A kísérlet anyaga és módszere

Vizsgálataimat Keszthelyen a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Georgikon Campusának kísérleti területein végeztem Dr. Dunai Attila irányításával.

3.1. Kísérleti területek

Nemzetközi szerves- és nitrogéntrágyázási kísérlet (Internationale Organische Stickstoff-dauerdüngungsversuch, továbbiakban IOSDV)

A kísérlet Magyarországon 1983-ban lett beállítva. Elrendezését tekintve kéttényezős, sávos elrendezésű, három ismétléssel. A vetésforgó növényi sorrendje: kukorica, őszi búza, őszi árpa. A parcellák mérete bruttó 48 m². A tényezők egyike a növekvő N műtrágya adag, a másik pedig a kiegészítő szerves trágyázás. A kísérlet minden parcellája egységesen 100 kg ha⁻¹ P₂O₅ és K₂O hatóanyagtartalmú alaptrágyázást kap (a nitrogén kontroll parcellákon is). A nitrogén adag növényenként eltér, de öt azonos mértékben növekvő mennyiség, kukorica esetében 0-70-140-210-280 kg ha⁻¹, őszi búza esetében 0-50-100-150-200 kg ha⁻¹, míg őszi árpa esetében 0-40-80-120-160 kg ha⁻¹.

A kísérlet három kezelést foglal magában szerves-trágya kiegészítés szempontjából.

- Egy kezelésben csak NPK-műtrágya kijuttatás történik (ez a szervesanyag-kiegészítés nélküli kontroll),
- a második kezelésben a műtrágya mellé 3 évente kukorica előtt istállótrágya kiegészítés is társul 35 t ha⁻¹ mennyiségben,
- a harmadikban pedig a műtrágyázáson túl a szármaradványokat is alászántják, itt 3 évente az őszi árpa tarlójába olajretek növény vetése is történik zöldtrágya-növénynek.

Műtrágyaként Pétisót (27% N), szuperfoszfátot (19 % P₂O₅) és kálisót (60% K₂O) használnak. A parcellák száma összesen: 3 szerves-trágya kiegészítés x 5 nitrogén adag x 3 ismétlés x 3 növény = 135.

[illegible]

Kukorica monokultúra

IV	a1			a2			a3			a4		
	b1	b2	b3	b2	b3	b1	b3	b1	b2	b1	b3	b2
III	a4			a3			a1			a2		
	b1	b2	b3	b2	b3	b1	b3	b1	b2	b1	b3	b2
II	a2			a1			a4			a3		
	b1	b2	b3	b2	b3	b1	b3	b1	b2	b1	b3	b2
I	a3			a4			a2			a1		
	b1	b2	b3	b2	b3	b1	b3	b1	b2	b1	b3	b2

2. ábra: Kukorica monokultúra kísérlet elrendezése (a1-4: műtrágya adagok, b1-3: N-kijuttatás változatai)

A klimatikus viszonyokat az alábbi táblázat szemlélteti:

1. Táblázat: A vizsgálat időtartamának csapadék és középhőmérséklet viszonyai

Hónapok	Csapadék (mm)			Középhőmérséklet (°C)		
	1901-2000	2021	2022	1901-2000	2021	2022
Január	34,5	22,6	8,9	-1,1	2,1	1,5
Február	35,0	19,0	17,6	1,4	2,8	5,0
Március	38,5	8,5	32,4	5,5	5,9	5,4
Április	52,0	27,5	60,6	10,9	9,1	10,0
Május	69,0	92,5	38,2	15,8	14	17,3
Június	79,0	3,0	140,6	19,0	22,1	21,7
Július	76,0	69,2	41,0	20,9	23,2	22,4
Augusztus	72,0	66,8	78,4	20,3	20,1	22,5
Szeptember	61,0	23,9	103,4	16,3	16,8	16
Október	56,0	32,9	7,6	10,6	9,6	12,8
November	61,0	52,2	56,9	5,2	5,9	7,0
December	49,0	40,1	54,2	1,3	2,9	2,6
Összesen	683	458,2	639,8	-	-	-
Átlag	-	-	-	10,8	11,2	12,0

Az évi átlagos csapadék mennyiség a 100 éves átlag alapján 683 mm, az évi középhőmérséklet 10,8 °C.

A táblázatból leolvasható, hogy 2021 és 2022 csapadékmennyisége is alulmaradt a 100 éves átlaghoz képest, 2021-ben több, mint 220 mm-el kevesebb csapadék hullott. 2022 csapadékösszege majdnem elérte a 100 éves átlagot, illetve itt külön megemlíteném június hónapot, amikor a június havi 100 éves átlag majdnem duplája hullott.

Mindkét vizsgált év középhőmérséklete magasabb volt a 100 éves átlagnál. 2021-ben április, május, augusztus és október hónapok, 2022-ben március, április és szeptember hónapok középhőmérséklete volt alacsonyabb az előbb felsorolt hónapok 100 éves átlagánál.

3.2. Aggregátum-stabilitás vizsgálata

Talajmintákat mindkét kísérleti terület meghatározott parcelláiról egyazon napokon vettem a művelt rétegből (0-20 cm), kézi ásó segítségével, egy-egy parcelláról két pontból egyesítettem a mintát. Az IOSDV kísérlet kukorica jelzőnövényű parcelláit mintáztam, minden kezelésből vettem mintát. A monokultúra kísérletből 'a4' műtrágya mennyiség és 'b3' kijuttatási

időpontot kivéve minden parcelláról vettem mintát. A 3 mintavételezés a növények kelés utáni, virágzáskori és betakarításkori állapotában történt: 2022. május 03.-án, július 17.-én, illetve október 10.-én. Előre felcímkézett zacskókba gyűjtöttem a talajokat, majd ezeket üvegházba szállítottam, ott műanyag edényekbe kiterítettem és az üvegfelület alatt száradni hagytam. A légszáraz talajmintákból a nagyon nagy darabokat kézzel eltávolítottam, majd Retsch AS200 Digit típusú szitarázógépen 5 mm-es lyukbőségű szitát használva elkülönítettem az 5 mm-nél kisebb frakciót. Ezen frakció egy részét félretettem a frakcionált nedves szitáláshoz, a másik részéből pedig egy 1 mm és egy 2 mm lyukátmérőjű szita segítségével elkülönítettem az 1-2 mm közé eső frakciót, a szitálást 3 percig 70 fordulat/perc sebességgel végeztem.

Nedves szitálásos stabilitás meghatározási módszereket alkalmaztam, mivel hazánkban a víz romboló hatása a jellemző. Az aggregátum-stabilitást két módszerrel vizsgáltam. A fentebb részletezett módon elkülönített 5 mm-nél kisebb mérettartományt tartalmazó frakciót használtam a frakcionált nedves szitáláshoz, az 1-2 mm közé eső részt pedig a holland Eijkelkamp cég WSA készülékén végzett vizsgálathoz.

3.2.1 WSA (Water-stable aggregates, azaz vízálló aggregátumok)

A WSA készülék (a Kemper-Koch eljárás alapján készült) 8 db 250 mikronos lyukméretű szitával rendelkezik, melyekbe maximum 6-8 gramm talajminta mérhető be. A sziták a mintákkal együtt, vertikális mozgással merülnek bele a sziták alatt lévő vizes fázisba. A készülék lökethossza 13 mm, a percenkénti merítésszám 34.

A vizsgálat folyamata: 3,98-4,02 g talajmintát mértem ki analitikai mérlegen és ezeket maradéktalanul a szitákra öntöttem. A készüléket 5 percig járatam, majd kivártam az 1 perc lecsöpögési időt és 100 ml-es, ismert tömegű főzőpoharakba mostam át a mintákat ioncserélt vízzel maradéktalanul. Ezután következett a minták kiszárítása 105°C-on, majd a tömegállandóságig szárított mintákat analitikai mérlegen lemértem. A visszamért értékekből, ha levonjuk az edények üres tömegét, akkor kapjuk meg a stabil aggregátum frakció és a megegyező méretű, de nem aggregátum anyagok (homok) együttes tömegét.

A visszamérés után 0,1 M Na-pirofoszfát oldatot öntöttem a főzőpoharakban lévő mintákra, majd minimum négy órára állni hagytam, ezzel roncsolva el az aggregátumokat. Az így keletkezett elegyet maradéktalanul visszamostam a szitákba és ismét 5 percig működtettem a készüléket. A szitákon így fennmaradt frakciót ismét a főzőpoharakba mostam, majd újra tömegállandóságig szárítottam. Analitikai mérlegen ismét lemértem az edényeket. Az így kapott értékekből kivonva a főzőpoharak üres tömegét, megkaptam a 250 mikronos szitákon fennmaradt nem aggregátum típusú anyagok tömegét („homokkorrekció”).

A fent leírt módszer során a légszáraz talajminta közvetlenül a sziták alatt lévő vizes fázisból, hirtelen vette fel a vizet, ekkor a hirtelen nedvesedés hatására a bezárt levegő belülről „szétrobbantotta” az aggregátumokat. A vizsgálatot elvégeztem lassú nedvesítéses eljárással is, mellyel pontosabb eredmények kaphatók. A lassú nedvesítés során a mintákat hűthető laboratóriumi inkubátorban 20 °C-on előnedvesítettem ioncserélt vízzel szűrőpapír segítségével. Ezen módszer használata során az aggregátumok szépen lassan telítődnek vízzel, ezáltal itt nem áll fenn a „szétrobbanás” lehetősége, így magasabb stabilitási értékek mérhetők.

A méréseket háromszori ismétléssel végeztem, illetve a lassú nedvesítéses eljárásnál csiszolatos üvegedénybe ismert tömegű nedvesített mintát tettem, majd ezt kiszárítva a nedvesítés mértékét is megkaptam.

A stabil aggregátum frakció az alábbi képlettel számítható (VILLAR, et al., 2004) :

$$\text{Stabil aggregátum [\%]} = \frac{\text{stabil frakció [g]} - \text{homok frakció [g]}}{\text{bemért talaj [g]} - \text{homok frakció [g]}} \times 100$$

3.2.2 Frakcionált nedves szitálás

Ehhez a vizsgálati módszerhez ismét a Retsch AS200 Digit típusú laboratóriumi szitarázó készüléket használtam. Itt folyamatos vízáram mellett 1,5 bar nyomáson a mintákat 22 mm/h intenzitású csapadéknak megfelelő hatásnak tettem ki, itt a 2 mm-es, 1 mm-es, 0,25 mm-es és 0,053 mm-es lyukméretű szitákat használtam, így a mintából 5 frakciót kaptam: egy >2 mm, egy 2-1 mm, egy 0,25-1 mm, egy 0,053-0,25 mm és egy <0,053 mm frakciót. A légszáraz talajmintából 49,95-50,05 g-ot kimértem és ráöntöttem a szitasorozatra, majd 2 percig

végeztem a szitálást 50-es frekvenciára állítva. A szitákon fennmaradt aggregátum frakciókat előre lemért főzőpoharakba mostam, majd hagytam ülepedni. A legkisebb frakciót (agyag) egy-egy 5 literes üvegedénybe gyűjtöttem, majd ülepedés után, a letisztult folyadékot leszívtam, az 5 literes üvegben maradt elegyet egy előre lemért főzőpohárba mostam, egy napot újra ülepítettem, majd újra leszívtam a folyadékot róla. A mintákat szárítószekrényben 105°C-on tömegállandóságig szárítottam.

Az első 4 frakció esetében körülbelül egy nap ülepedést követően szívtam le a folyadékot és 105°C-on szárítottam, majd lemértem, így megkaptam a stabil frakció mennyiségét. Ezután a főzőpohárba szükség szerinti mennyiségű, 0,1 M Na-pirofoszfátot öntöttem, a mintákkal óvatosan elkevertem, majd minimum 4 órát állni hagytam. Ezt követően a mintákat maradék nélkül visszamostam a szitákra, majd addig mostam, amíg a szitán csak a megfelelő mikron feletti frakció maradt fenn. A fennmaradt részt főzőpoharakba mostam át és hagytam ülepedni. A megfelelően letisztult mintákról ismét leszívtam a folyadékot, majd ismét 105 °C-on tömegállandóságig szárítottam. A kiszáradt főzőpoharak tömegét visszamértem, így megkaptam az ún. „homok-korrektció”-t. A stabil frakciókat gramm/100 gramm mértékegységre számítottam.

Az Eijkelkamp készüléken végzett mérés esetében a parcellaismétlések mellett belső ismétlések is voltak (ez parcellánként 3 db volt), míg a Retsch készülékkel való méréseknél csak parcellaismétléseket használtam a munka- és időigényes vizsgálati módszer miatt.

A konkrét stabilitási értékek meghatározása mellett egy szerkezeti stabilitás index (MWD, Mean Weight Diameter) számítását is elvégeztem.

3.3. Statisztikai értékelés módszerei

A kapott adatokat excel-táblákba gyűjtöttem, itt mintánként láthatók az adatok. Az eredmények SPSS 15.0 szoftverrel, két- és háromtényezős varianciaanalízis segítségével kerültek kiértékelésre. Az eredményeket $\alpha=5\%$ szinten, 95%-os valószínűség mellett értelmeztem.

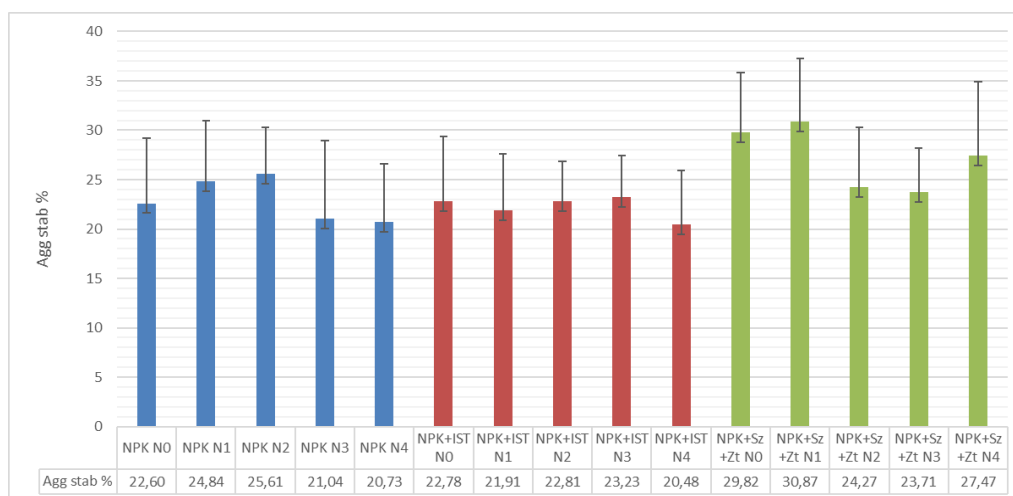
4. Eredmények

4.1. Aggregátum-stabilitás eredmények WSA készüléken végzett eljárásnál

4.1.1 IOSDV kísérlet eredményei

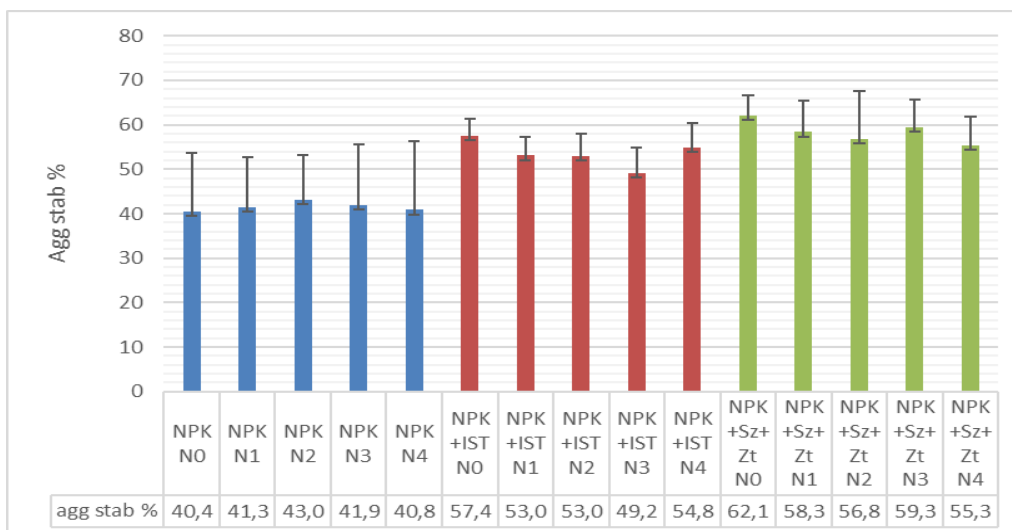
Az alábbiakban a kizárólag NPK-műtrágya kezelés jelölése *NPK*, a műtrágya istállótrágyával kiegészítve kezelés jelölése *NPK+IST*, a műtrágya száralászántással és zöldtrágyával kiegészítve kezelés jelölése *NPK+Sz+Zt* lesz.

4.1.1.1 Mérések gyors nedvesítéses módszerrel



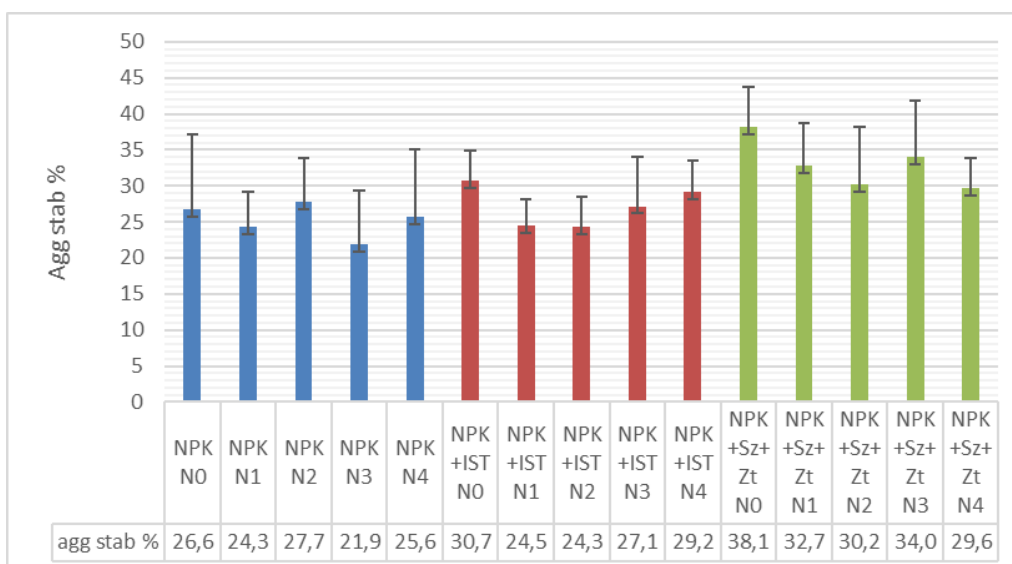
3. ábra: Gyors nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása szervesztrágyázási változatok és nitrogén kezelések szerint, 2022. május

Az 3. ábrán látható a gyors nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása szervesztrágyázási változatok és nitrogén kezelések szerint 2022. májusában. Megfigyelhető, hogy az *NPK+Sz+Zt* alkalmazása abszolútértékben magasabb stabilitási értékeket eredményezett, mint az *NPK* vagy az *NPK+IST* alkalmazása. A két szervesanyag kiegészítés közül egyértelműen az *NPK+Sz+Zt* adott magasabb stabilitási értékeket. *NPK* kezelés esetén N0-tól N2 nitrogén adagig növekedés, N3-tól csökkenés volt tapasztalható. Az is leolvasható, hogy egyik szervesztrágya változatnál sem a nitrogén kezelés nélküli eset adta a legalacsonyabb stabilitási értékeket.



4. ábra: Gyors nedvesítési módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek szervesztrágyázási változatok és nitrogén kezelések szerint, 2022. július

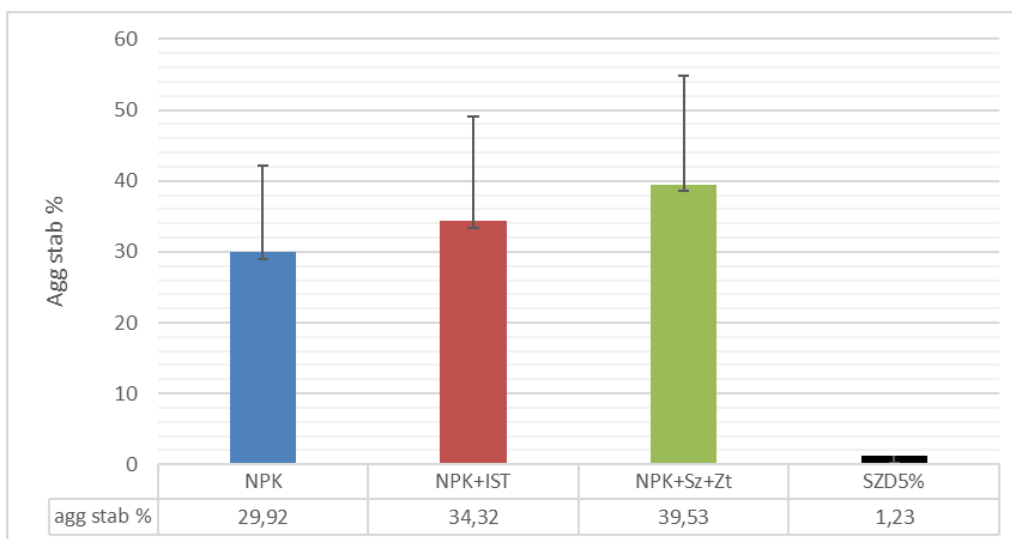
A 4. ábrán látható a gyors nedvesítési módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása szervesztrágyázási változatok és nitrogén kezelések szerint 2022. júliusában. Májushoz képest minden esetben jóval magasabb értékeket kaptunk. Leolvasható, hogy mindkét szervesanyag kiegészítési változat nagy mértékben emelte a stabilitási értékeket *NPK*-hoz képest. *NPK+IST* és *NPK+Sz+Zt* esetében a növekvő N-mennyiségek nem okoztak növekvő stabilitási értékeket, sőt mindkét esetben a nitrogén kezelés nélküliek értéke volt a legmagasabb. *NPK* változatnál N0-tól N3-ig a nitrogén adag növelése a stabilitást is növelte.



5. ábra: Gyors nedvesítési módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek szervesztrágyázási változatok és nitrogén kezelések szerint, 2022. október

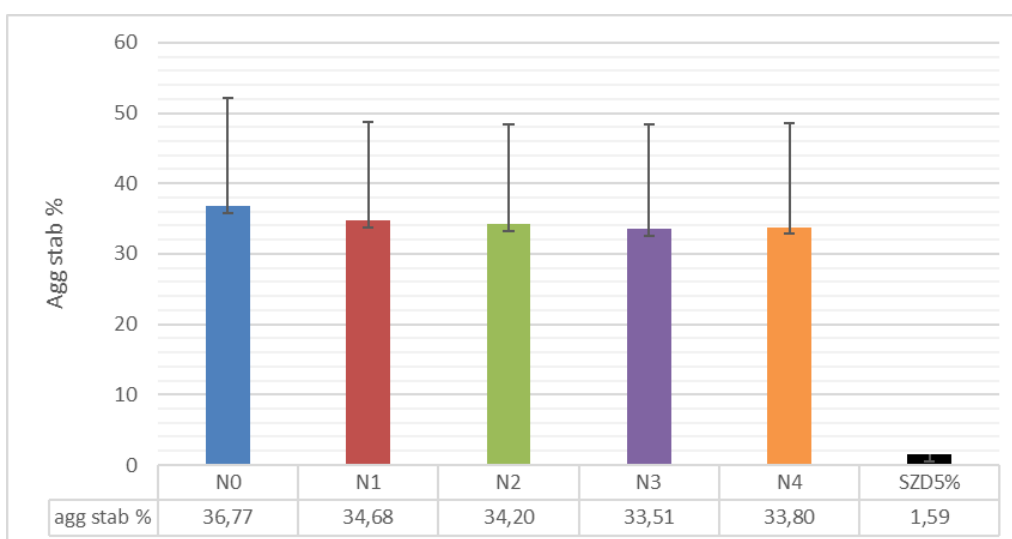
A 2022. októberi gyors nedvesítési módszerrel mért stabilitás értékek alakulását szervesztrágyázási változatok és nitrogén kezelések szerint az 5. ábrán szemléltettem. Látható,

hogy az *NPK+Sz+Zt* ebben az esetben is magasabb értékeket produkált abszolút értékben *NPK*-hoz képest. Mindkét szervesztrágya kiegészítéses változatnál a nitrogén kezelés nélküli esetben legmagasabb a stabilitás, de *NPK+IST* esetén a nitrogén adagok növelése növelte az aggregátum stabilitást is (N1-től N4-ig).



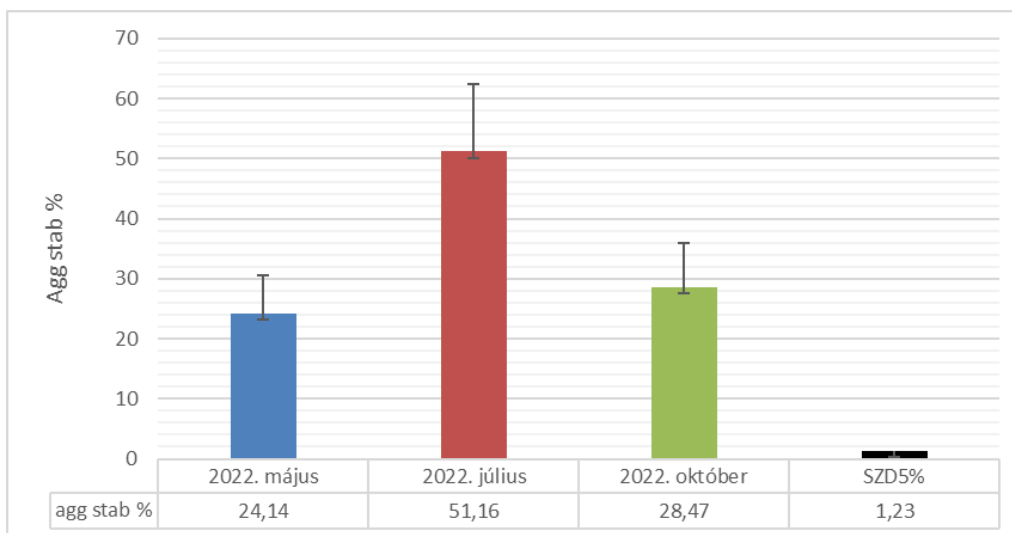
6. ábra: Gyors nedvesítési módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása szervesztrágyázási változatok szerint, a nitrogén kezelések átlagában, 2022

A 6. ábrán látható a gyors nedvesítési módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása szervesztrágyázási változatok szerint a nitrogén kezelések átlagában 2022-ben. Egyértelműen látszik a stabilitásnövelő hatás mindkét szervesztrágya-kiegészítés esetén. Az *NPK+Sz+Zt* esetén ez több, mint 30 %-os növekedés *NPK*-hoz képest, de az *NPK+IST* alkalmazása is 15 %-al növelte a stabilitást. A különbségek statisztikailag igazolhatóak voltak.



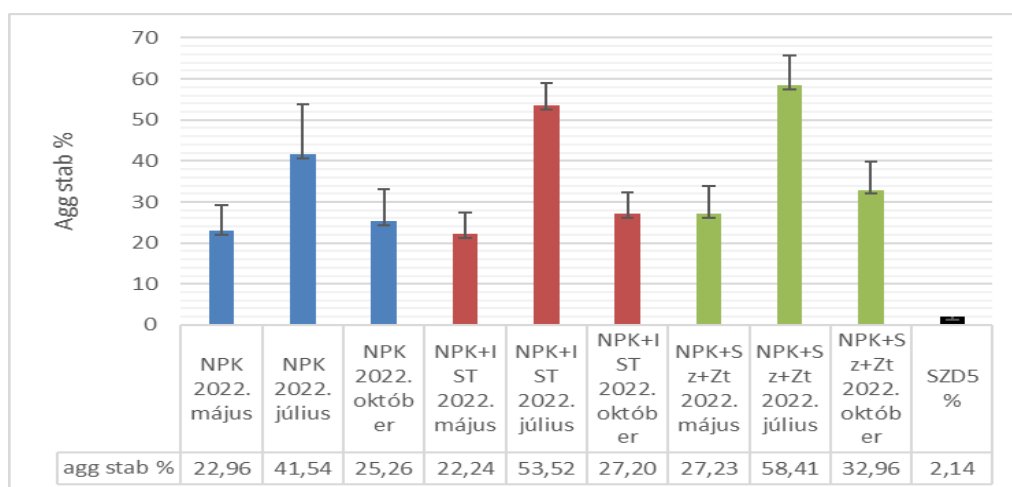
7. ábra: Gyors nedvesítési módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása nitrogén kezelések szerint, a szervesztrágya-kiegészítések átlagában, 2022

A 7. ábrán látható a gyors nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása nitrogén kezelések szerint a szervesztrágya-kiegészítések átlagában 2022-ben. A nitrogén kezeléseket vizsgálva jól látszik, hogy a növekvő N-adagokkal csökken az aggregátum-stabilitás N3 nitrogén adagig, ami azt is jelenti, hogy a nitrogén kezelés nélküli esetben volt a legmagasabb a stabilitási érték. A különbségek statisztikailag itt is igazolhatóak voltak.



8. ábra: Gyors nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása mintavételi időpontok szerint, a szervesztrágya-kiegészítések és nitrogén kezelések átlagában, 2022

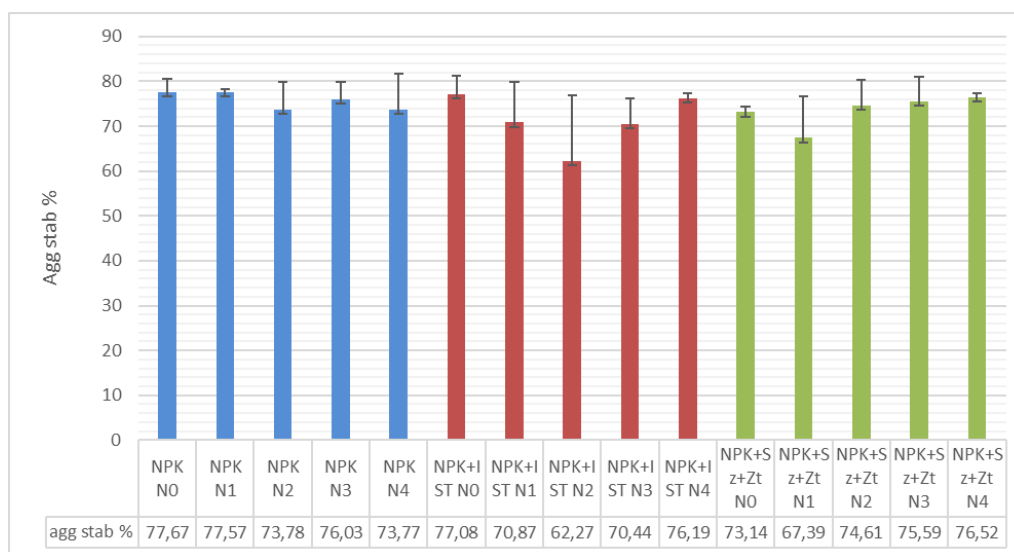
A 8. ábra szemlélteti a gyors nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulását mintavételi időpontok szerint a szervesztrágya-kiegészítések és nitrogén kezelések átlagában. Jól látható és szignifikáns különbségek mutathatók ki a 3 mintavételi időpont aggregátum-stabilitási értékei között. A júliusi minták mért adatai a májusiak több, mint kétszeresei. Az októberi és májusi stabilitási értékek közel hasonlóak.



9. ábra: Gyors nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása szervesztrágyázási-változatok és mintavételi időpontok szerint, a nitrogén kezelések átlagában, 2022

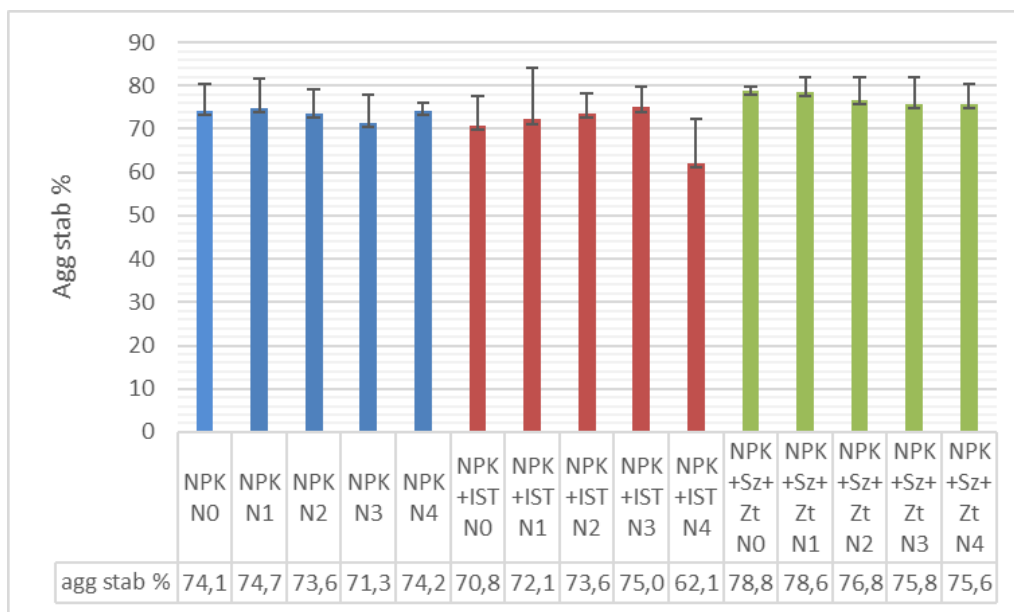
A 9. ábra jól mutatja a gyors nedvesítési módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulását szervesztrágyázási-változatok és mintavételi időpontok szerint, a nitrogén kezelések átlagában 2022-ben. Minden szervesztrágya-kiegészítési változatban hasonlóak a tendenciák, júliusban minden esetben jóval magasabb stabilitási értékeket mutattunk ki májushoz és októberhez képest, illetve *NPK*-hoz képest az *NPK+IST* és az *NPK+Sz+Zt* is aggregátum-stabilitás növekedést okozott. A különbségek szignifikánsak voltak.

4.1.1.2 Mérések lassú nedvesítési módszerrel



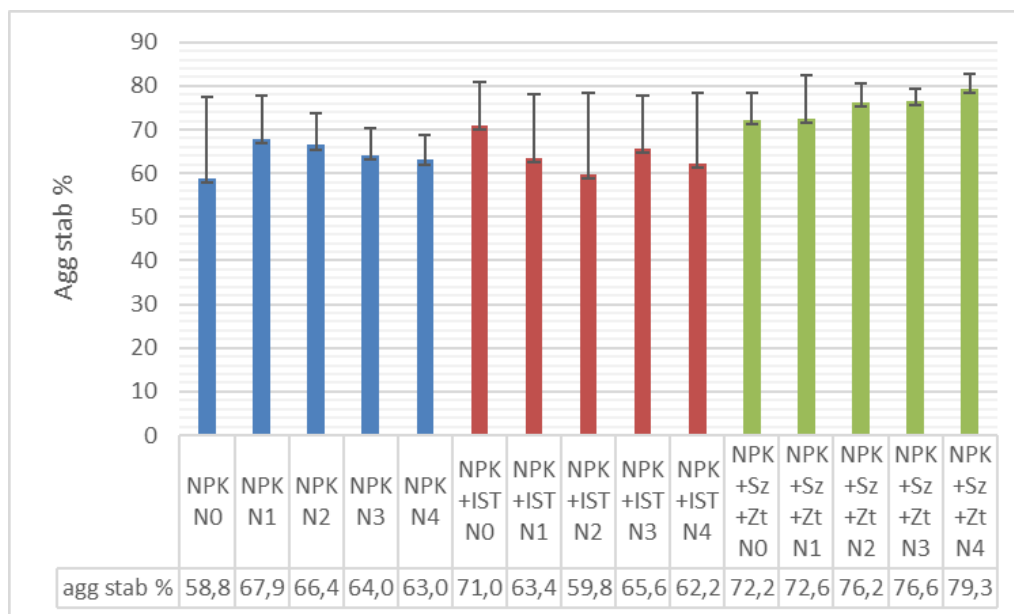
10. ábra: Lassú nedvesítési módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása szervesztrágyázási változatok és nitrogén kezelések szerint, 2022. május

A 10. ábrán látható a lassú nedvesítési módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása szervesztrágyázási változatok és nitrogén kezelések szerint 2022. májusában. Legmagasabb értéket a kizárólag műtrágyázott *NPK* N0 esetében mértünk. Az *NPK+IST* N4 és az *NPK+Sz+Zt* N2 és N4 kezeléseket kivéve mindkét szervesztrágya kiegészítés stabilitási értékei alacsonyabbak voltak *NPK*-énál.



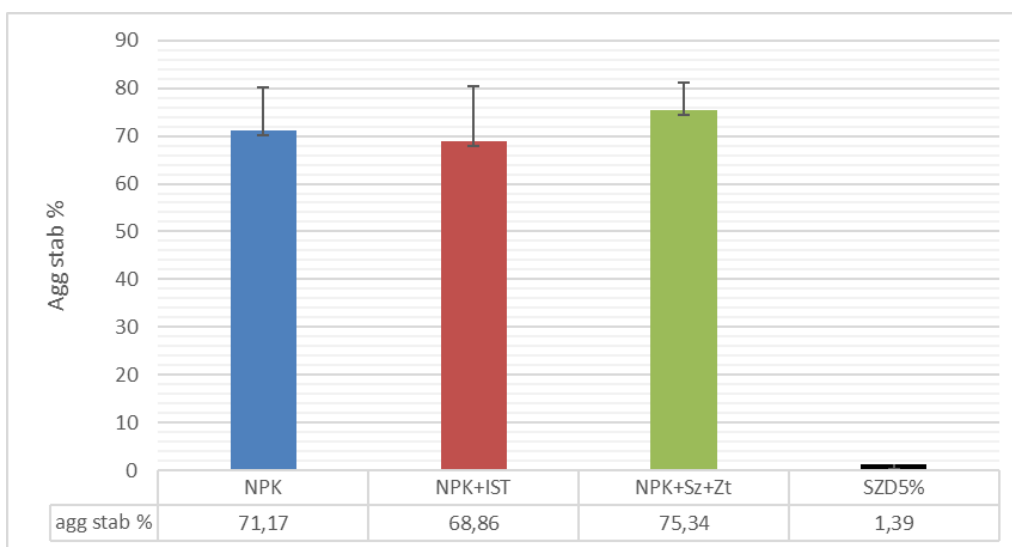
11. ábra: Lassú nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása szerveztrágyázási változatok és nitrogén kezelések szerint, 2022. július

A 11. ábra szemlélteti a lassú nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulását szerveztrágyázási változatok és nitrogén kezelések szerint 2022. júliusában. Jól láthatóan az *NPK+Sz+Zt* értékei abszolút értékben magasabbak az *NPK* és *NPK+IST* értékeinél is. Az istállótrágya kiegészítés esetében N0-tól N3-ig a stabilitás értékek növekedtek, míg *NPK+Sz+Zt* esetén minden növekvő nitrogén adaggal csökkent a stabilitás.



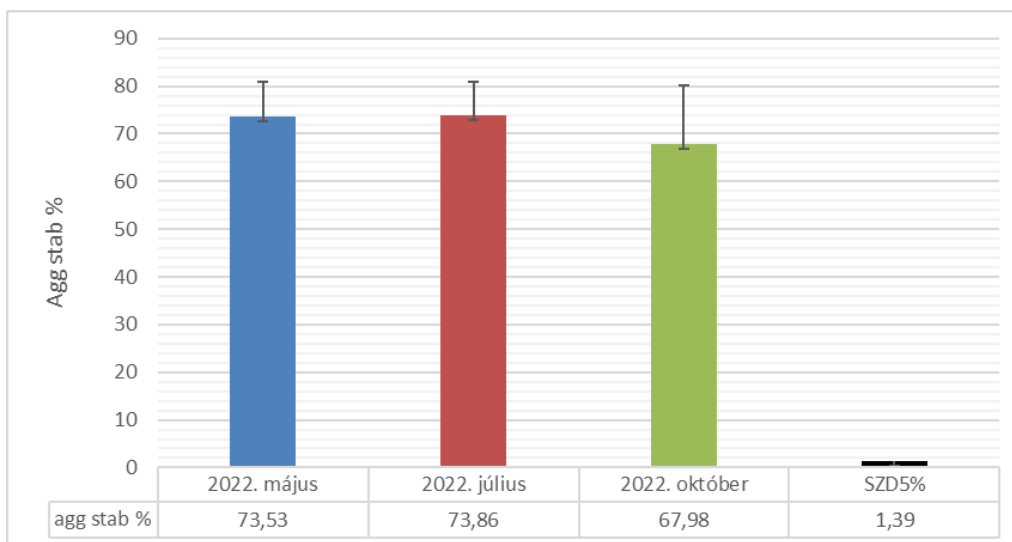
12. ábra: Lassú nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása szerveztrágyázási változatok és nitrogén kezelések szerint, 2022. október

A 12. ábra mutatja a lassú nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulását szerves trágyázási változatok és nitrogén kezelések szerint 2022. októberében. Ennél a mintavételi időpontnál az *NPK* N0 adta a legalacsonyabb stabilitási értéket. *NPK+Sz+Zt* értékei júliushoz hasonlóan abszolút értékben magasabbak voltak az *NPK* és *NPK+IST* eseténél is. *NPK* kezelés esetén a legalacsonyabb N-adag irányából a legmagasabb irányába (N1-N4) csökkent a stabilitás. *NPK+Sz+Zt* esetén a növekvő nitrogén adagok növekvő stabilitási értékeket okoztak.



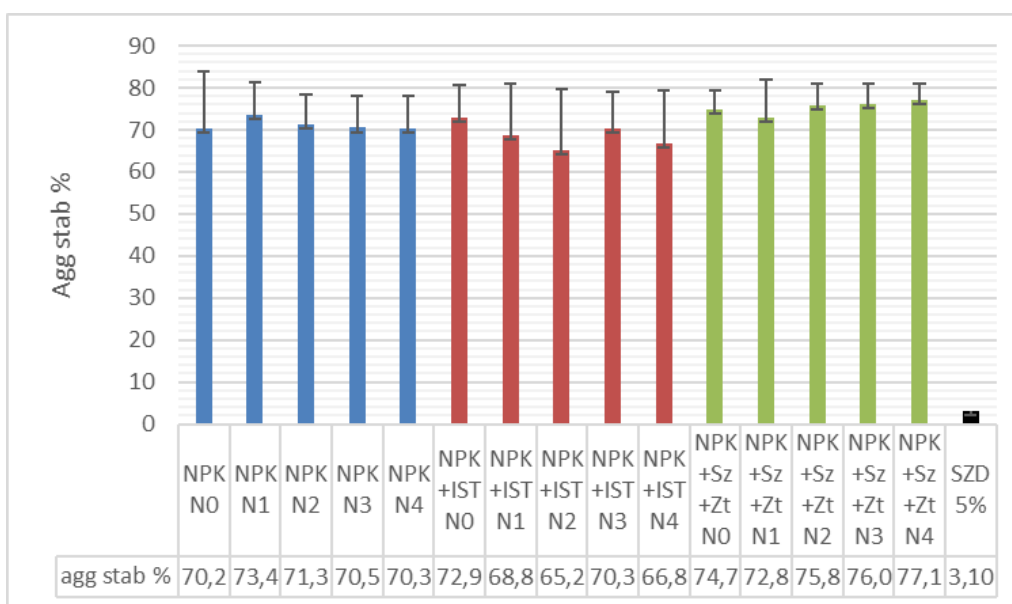
13. ábra: Lassú nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása szerves trágyázási változatok szerint, a nitrogén kezelések és mintavételi időpontok átlagában, 2022

A 13. ábra megmutatja a lassú nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulását szerves trágyázási változatok szerint a nitrogén kezelések és mintavételi időpontok átlagában 2022-es évben. Leolvasható, hogy az *NPK+Sz+Zt* kezelés növelte *NPK* kezeléshez képest az aggregátum-stabilitást, míg az istállótrágyázás (*NPK+IST*) csökkentette azt. A különbségek statisztikailag igazolhatóak voltak.



14. ábra: Lassú nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása mintavételi időpontok szerint, a szervestrágya-kiegészítések átlagában, 2022

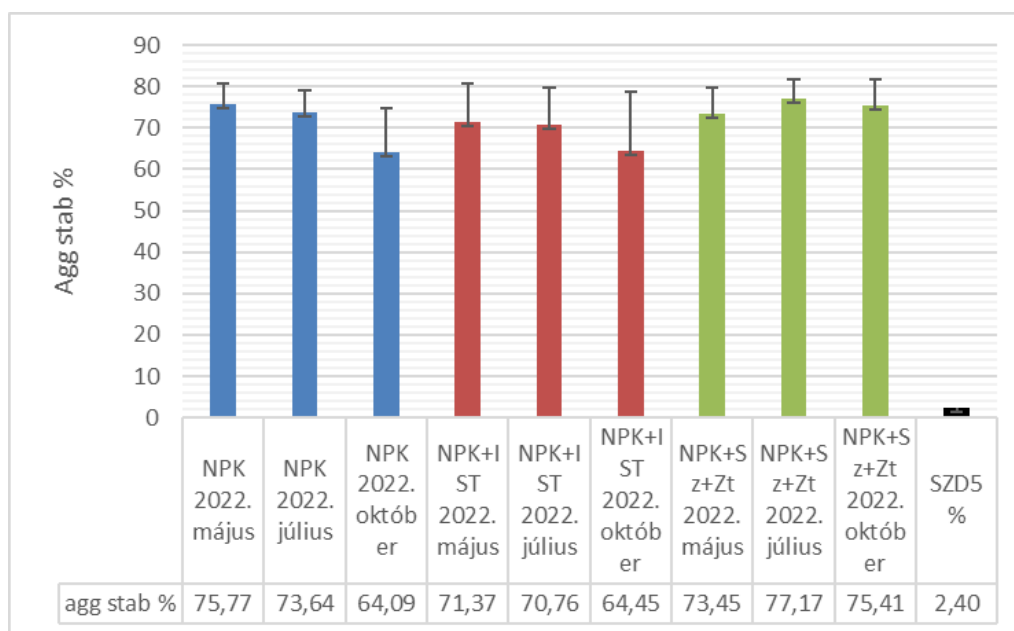
A 14. ábrán látható a lassú nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása mintavételi időpontok szerint a szervestrágya-kiegészítések átlagában 2022-ben. Legmagasabb értékeket júliusban, legalacsonyabbakat októberben mértünk. A különbségek statisztikailag igazolhatóak voltak.



15. ábra: Lassú nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása szervestrágyázási változatok és nitrogén kezelések szerint, a mintavételi időpontok átlagában, 2022

A 15. ábrán mutatom be a 2022-es év lassú nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékeinek alakulását szervestrágyázási változatok és nitrogén kezelések szerint, a mintavételi időpontok átlagában. Jól látszik az NPK+Sz+Zt kezelés stabilitási értékein, hogy abszolút értékben NPK és NPK+IST kezelésnél is magasabbak. NPK esetén a növekvő nitrogén

adag (N1-N4) csökkentette a stabilitási értékeket, míg *NPK+Sz+Zt* esetén a növekvő adagok növelték. A különbségek szignifikánsak voltak.

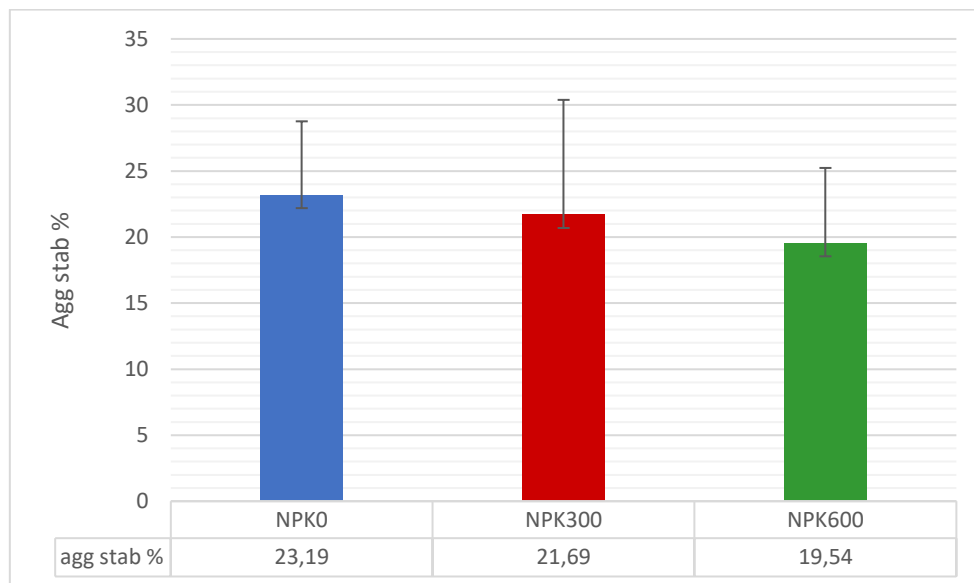


16. ábra: Lassú nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása szervesztrágyázási-változatok és mintavételi időpontok szerint, a nitrogén kezelések átlagában, 2022

A 16. ábrán látható a lassú nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása szervesztrágyázási-változatok és mintavételi időpontok szerint, a nitrogén kezelések átlagában 2022-ben. *NPK* és *NPK+IST* esetén időrendi sorrendben csökkentek a mért stabilitás értékek, *NPK+Sz+Zt* esetén júliusban voltak a legmagasabb mért értékek. Szervesztrágyázási-változatokat vizsgálva a legmagasabb stabilitás az *NPK+Sz+Zt* júliusi és októberi mintavételekor volt. A különbségek statisztikailag igazolhatóak voltak.

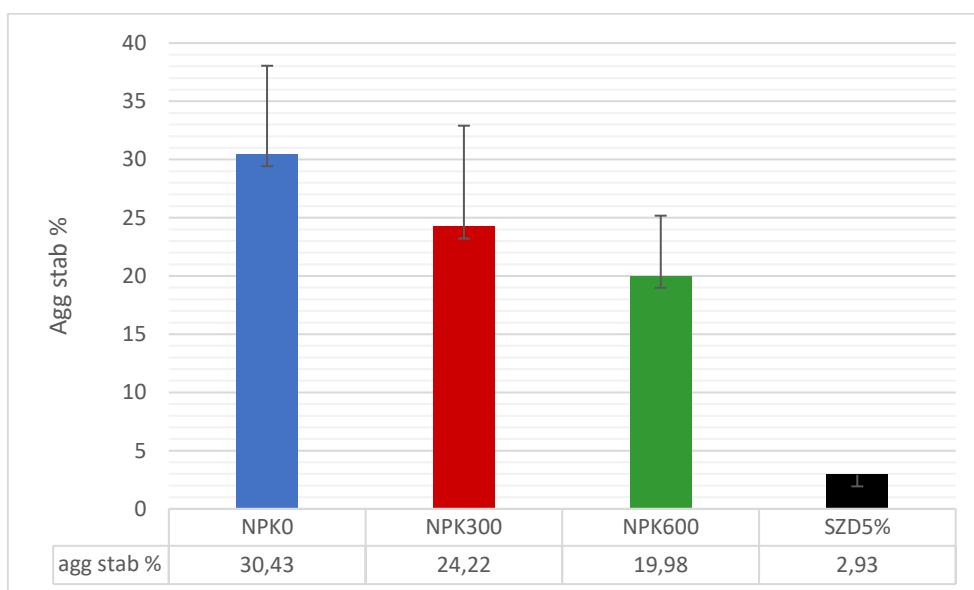
4.1.2 Monokultúra kísérlet eredményei

4.1.2.1 Mérések gyors nedvesítéses módszerrel



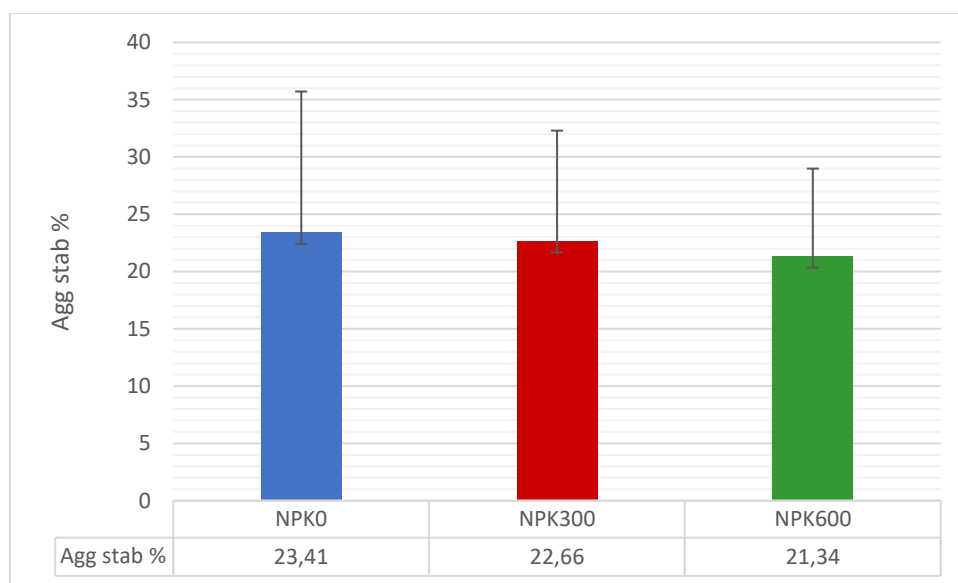
17. ábra: Gyors nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása NPK kezelések szerint, a kijuttatás idejének átlagában, 2022. május

A 17. ábra szemlélteti a gyors nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulását NPK kezelések szerint, a kijuttatás idejének átlagában 2022. májusában. Abszolút értékben NPK0 kezelés mind az NPK300, mind az NPK600 kezelés esetén magasabb stabilitási értékeket eredményezett. A különbségek nem szignifikánsak, bár csökkenő trend megfigyelhető az adatokból.



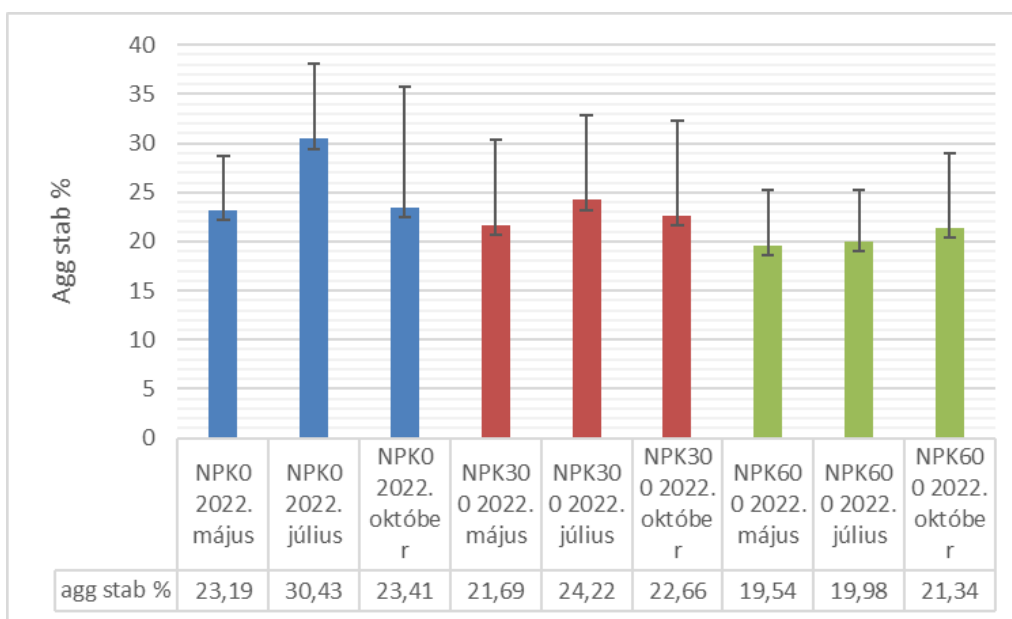
18. ábra: Gyors nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása NPK kezelések szerint, a kijuttatás idejének átlagában, 2022. július

A 18. ábrán láthatjuk a gyors nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulását NPK kezelések szerint, a kijuttatás idejének átlagában 2022. júliusában. Májushoz képest magasabb értékeket mértünk minden esetben. Jól látszik a növekvő műtrágya mennyiségekkel párhuzamosan csökkenő aggregátum-stabilitás, ráadásul a vizsgálat statisztikailag igazolható is. A májusi mérésekkel összehasonlítva látszik az ábrából az egyes kezelések közötti különbségek növekedése is.



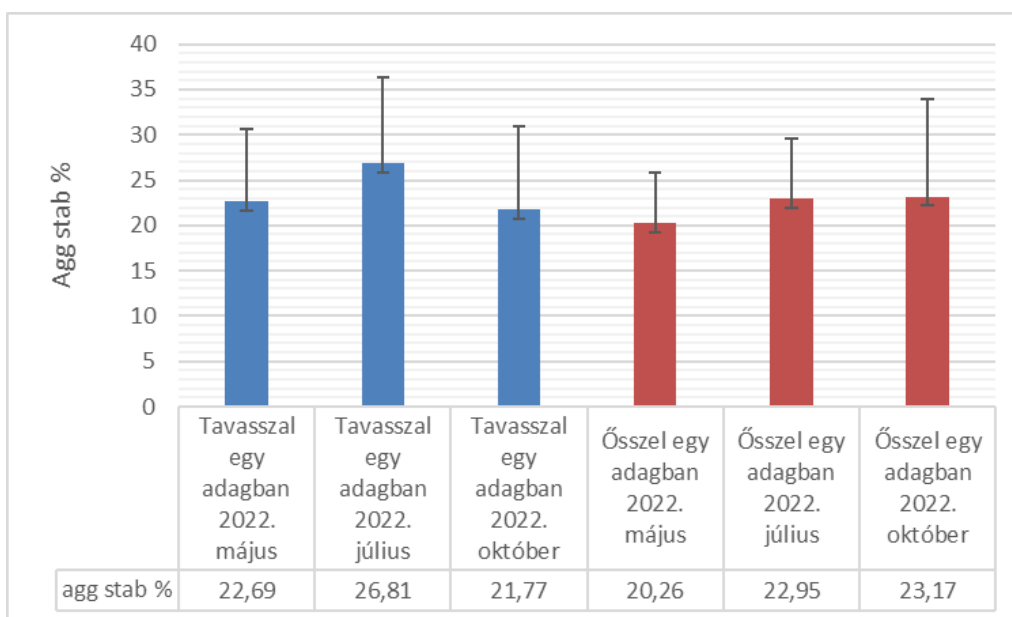
19. ábra: Gyors nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása NPK kezelések szerint, a kijuttatás idejének átlagában, 2022. október

A 19. ábra szemlélteti a gyors nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulását NPK kezelések szerint, a kijuttatás idejének átlagában 2022. októberében. Megfigyelhető, hogy május és július hónapokhoz hasonlóan a növekvő műtrágya adagok csökkentették a stabilitás értékeit, a csökkenés mértéke inkább a májusihoz hasonló. Az előző hónapokhoz hasonlóan ebben az esetben is NPK0 kezelésnél legmagasabbak az aggregátum-stabilitási értékek.



20. ábra: Gyors nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása NPK-kezelések és mintavételi időpontok szerint, a kijuttatási időpontok átlagában, 2022

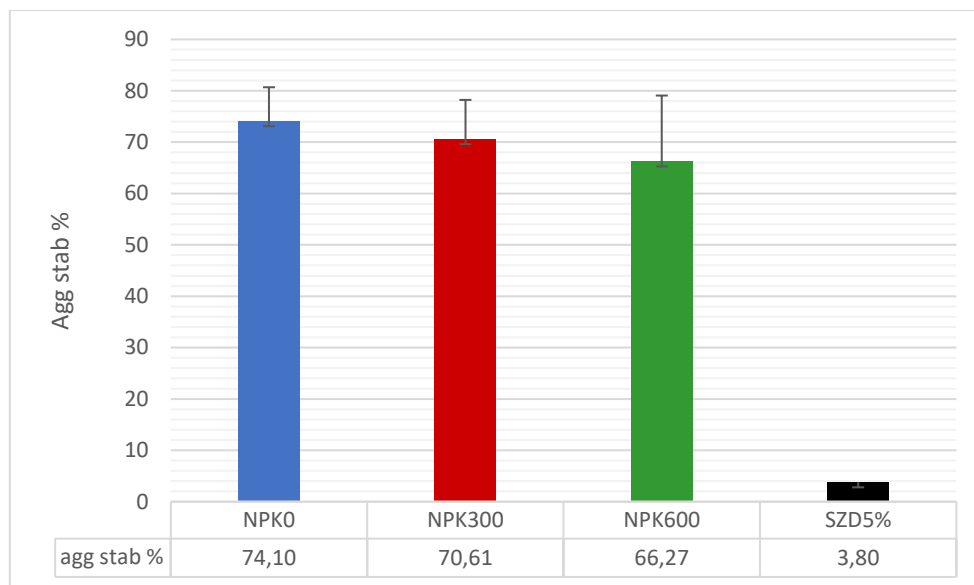
A 20. ábra mutatja be a gyors nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitási értékek alakulását NPK-kezelések és mintavételi időpontok szerint, a kijuttatási időpontok átlagában 2022-ben. Jól látható, hogy NPK0 mindhárom mintavételi időpontjában abszolút értékben magasabb értékeket mértünk, mint NPK300 és NPK600 esetén. NPK0 és NPK300 esetében a júliusi minták értékei a legmagasabbak, NPK600 esetében a mintavételek időrendjével párhuzamosan nőttek a mért értékek.



21. ábra: Gyors nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása kijuttatási időpontok és mintavételi időpontok szerint, az NPK-kezelések átlagában, 2022

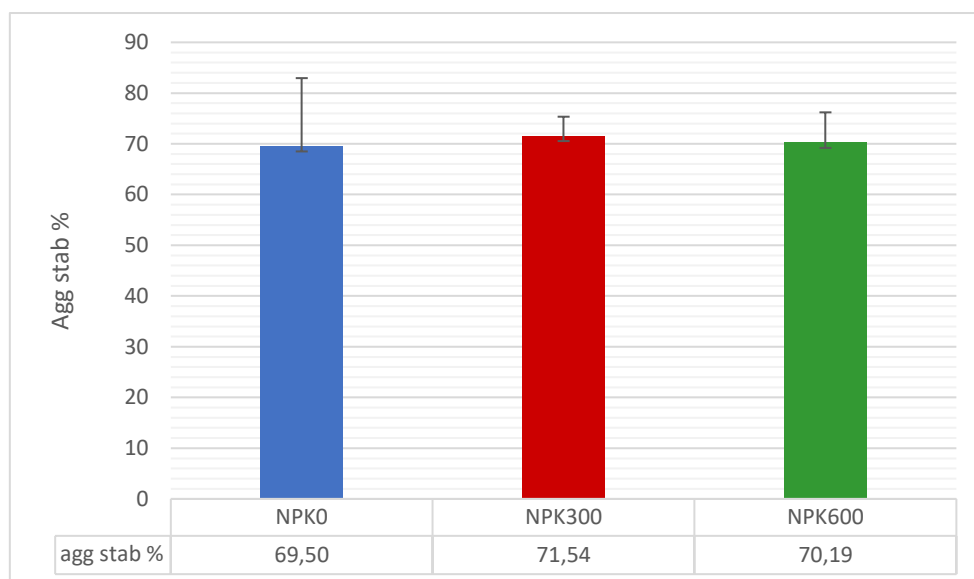
A 21. ábra szemlélteti a gyors nedvesítési módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulását kijuttatási időpontok és mintavételi időpontok szerint, az NPK-kezelések átlagában 2022-ben. Leolvasható, hogy tavasszal egy adagban való kijuttatás mellett a júliusi stabilitás értékek a legmagasabbak, míg az ősszel egy adagban való kijuttatás esetén az októberi értékek a legnagyobbak.

4.1.2.2 Mérések lassú nedvesítési módszerrel



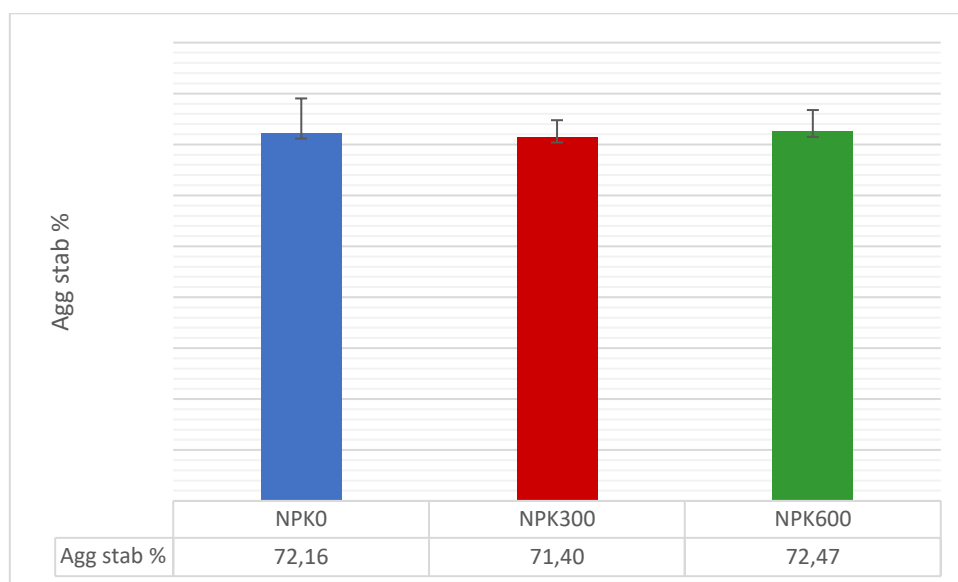
22. ábra: Lassú nedvesítési módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása NPK kezelések szerint, a kijuttatás idejének átlagában, 2022. május

A 22. ábrán látható a lassú nedvesítési módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása NPK kezelések szerint, a kijuttatás idejének átlagában 2022. májusában. A gyors nedvesítési módszerhez hasonlóan ebben az esetben is az NPK0 stabilitási értékei a legmagasabbak abszolút értékben. A csökkenés mértéke nagyobb az azonos időszakban gyors nedvesítéssel vizsgált minták esetében mérteknél. A vizsgálat statisztikailag igazolható volt.



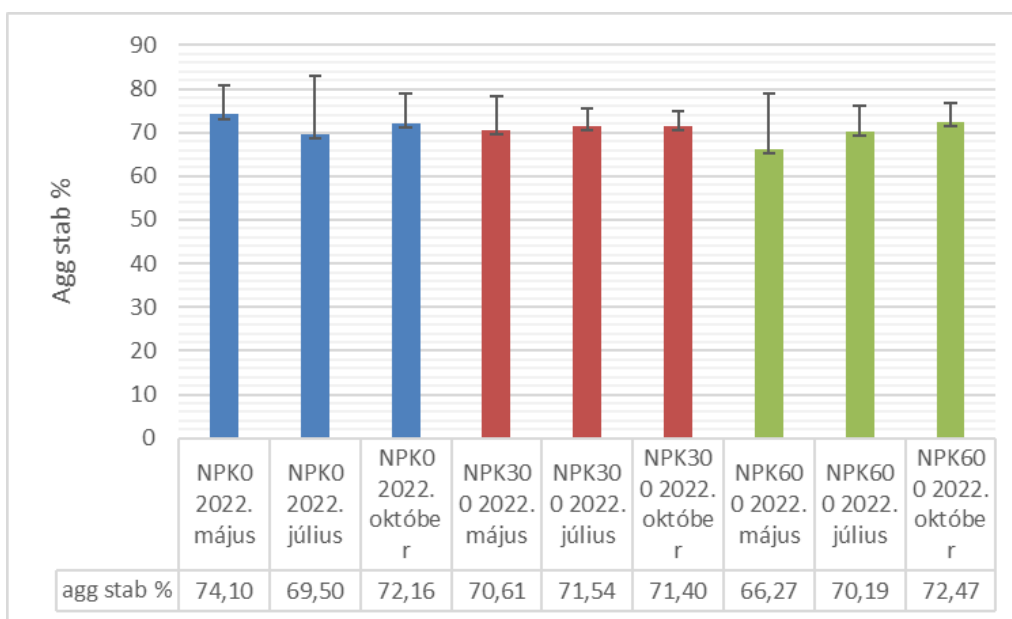
23. ábra: Lassú nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása NPK kezelések szerint, a kijuttatás idejének átlagában, 2022. július

A 23. ábráról leolvashatók a lassú nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulásai NPK kezelések szerint, a kijuttatás idejének átlagában 2022. júliusában. A trendekben változást láthatunk az előzőekhez képest, mivel itt a műtrágyaadagok növekedése kismértékben növelni tudta a stabilitás értékeket. A vizsgálat statisztikailag nem igazolható.



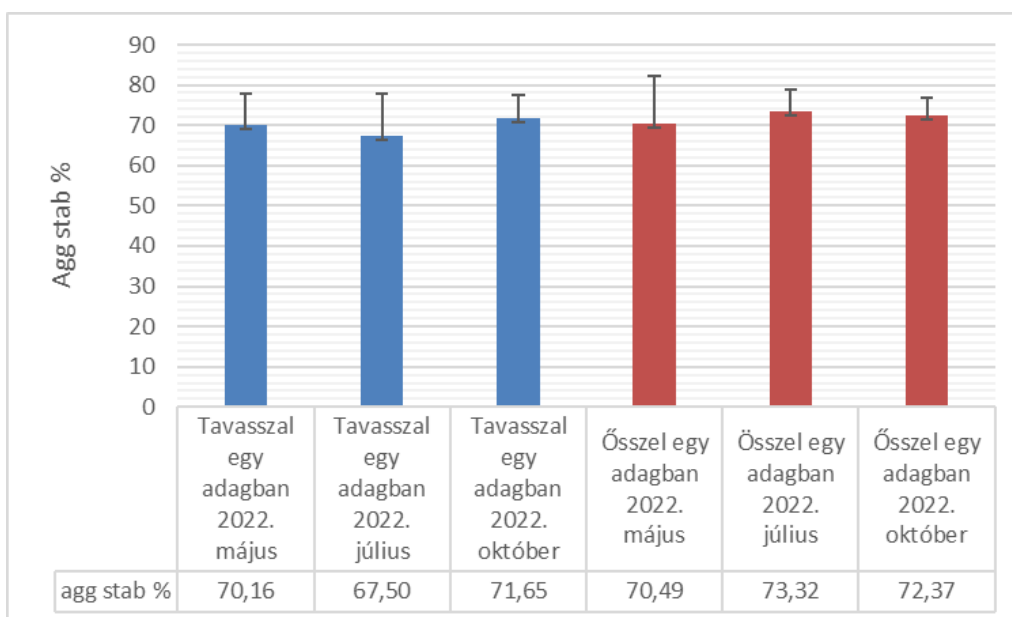
24. ábra: Lassú nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása NPK kezelések szerint, a kijuttatás idejének átlagában, 2022. október

A 24. ábrán látható a lassú nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása NPK kezelések szerint, a kijuttatás idejének átlagában 2022. októberében. A növekvő műtrágya adagok lényegi változást már nem eredményeztek a stabilitás értékekben. A vizsgálat nem volt szignifikáns.



25. ábra: Lassú nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitás értékek alakulása NPK-kezelések és a mintavételi időpontok szerint, a kijuttatási időpontok átlagában, 2022

A 25. ábrával mutatom be a lassú nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitási értékek alakulását NPK-kezelések és mintavételi időpontok szerint, a kijuttatási időpontok átlagában 2022-ben. Abszolút értéken nézve legmagasabb stabilitást 2022. májusában mértünk NPK0 esetén. Egyedül NPK600 estén mutat a stabilitás növekvő tendenciát a mintavételek időrendjével párhuzamosan. A májusi értékek az NPK-adagok növelésével csökkentek, a júliusiak növekedtek.



26. ábra: Lassú nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitási értékek alakulása kijuttatási időpontok és mintavételi időpontok szerint, az NPK-kezelések átlagában, 2022

A 26. ábrán látható a lassú nedvesítéses módszerrel mért aggregátum-stabilitási értékek alakulása kijuttatási időpontok és mintavételi időpontok szerint, az NPK kezelések átlagában 2022-ben. Egyértelműen látszik az őszi egy adagban való kijuttatás pozitív hatása az aggregátum-stabilitásra, hiszen minden mintavételi időpontnál őszi kijuttatás mellett mértünk magasabb értékeket. Legmagasabb stabilitást 2022. júliusában az őszi egy adagban történő kijuttatás alkalmazása mellett mértünk.

4.2. Aggregátum-stabilitás eredmények frakcionált nedves szitálásos eljárásnál

4.2.1 Frakciók

4.2.1.1 IOSDV kísérlet eredményei

2. Táblázat: Frakcionált nedves szitálás eredményei szervesztrágyázási-változatok és nitrogén kezelések szerint, 2022. július

	>2 mm	1-2 mm	0,25-1 mm	0,053-0,25 mm	<0,053 mm
NPK N0	1,400	2,553	7,967	14,413	11,340
NPK N1	0,820	2,133	8,180	14,127	18,307
NPK N2	1,113	1,800	8,193	14,113	18,847
NPK N3	1,227	1,800	9,060	14,813	17,660
NPK N4	1,187	1,847	10,407	15,147	17,193
NPK+IST N0	4,213	2,320	10,780	12,947	15,520
NPK+IST N1	1,433	2,453	7,973	12,980	14,627
NPK+IST N2	1,173	2,400	9,140	13,913	13,593
NPK+IST N3	1,247	1,687	10,473	13,420	15,387
NPK+IST N4	1,080	1,847	10,833	12,960	19,087
NPK+Sz+Zt N0	3,387	3,293	11,660	13,140	13,213
NPK+Sz+Zt N1	1,080	3,033	11,653	13,607	13,547
NPK+Sz+Zt N2	1,633	2,547	12,120	16,473	13,673
NPK+Sz+Zt N3	1,860	2,447	13,587	16,467	14,073
NPK+Sz+Zt N4	1,267	2,400	13,453	17,440	13,480

A 2. táblázatban láthatóak a 2022. júliusában az IOSDV-kísérlet mintáiból elvégzett, frakcionált nedves szitálás eredményei szervesztrágyázási-változatok és nitrogén kezelések szerint. A táblázatból szembetűnő a szervesztrágya-kiegészítések makroaggregátum-frakciókban megfigyelhető stabilitásnövelő hatása, míg a mikroaggregátumok esetében leginkább

átrendeződés figyelhető meg az egyes frakciók között. A nitrogénadagok hatásának vizsgálata esetében már jól látható a magasabb adagok stabilitásra gyakorolt, változó mértékű csökkentő hatása. A mikroaggregátumok esetében a trend már nem ennyire egyértelmű, a kétféle szervesztrágya kiegészítés eltérően viselkedik. A magasabb N-adagok a 0,053-0,25 mm-es frakcióban az istállótrágya-kiegészítéses változatnál csökkentik, míg a szárleszántás+zöldtrágya változatnál növelik a stabilitást; a <0,053 mm frakció esetében a trendek ezzel ellentétesen alakulnak.

4.2.1.2 Monokultúra kísérlet eredményei

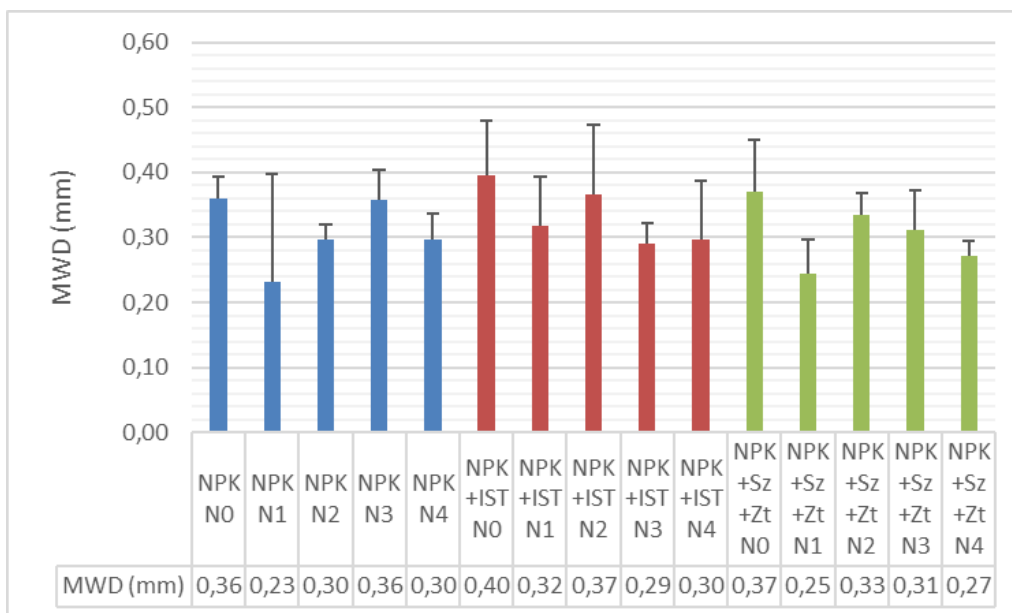
3. Táblázat: Frakcionált nedves szitálás eredményei NPK-kezelések és kijuttatási időpontok szerint, 2022. július

	>2 mm	1-2 mm	0,25-1 mm	0,053-0,25 mm	<0,053 mm
NPK0	1,21	1,463	8,555	18,775	15,928
NPK300, N tavasszal egy adagban kijuttatva	0,710	1,190	11,430	16,690	16,245
NPK300, N ősszel egy adagban kijuttatva	0,480	1,175	9,035	17,090	16,015
NPK600, N tavasszal egy adagban kijuttatva	0,715	1,145	7,235	15,135	17,115
NPK600, N ősszel egy adagban kijuttatva	0,695	1,070	6,640	15,710	18,185

A 3. táblázatban a Monokultúra kísérletből származó 2022. júliusi mintákon végzett frakcionált nedves szitálás eredményeit mutatom be NPK-kezelések és kijuttatási időpontok szerint vizsgálva. A táblázatból kitűnik a növekvő NPK-adagok makroaggregátum-frakciókra gyakorolt stabilitáscsökkentő hatása, ez alól kivétel a 0,25-1 mm-es frakció NPK300 kg-os értéke. A mikroaggregátumok esetében a két vizsgált frakció eltérően viselkedik, a 0,053-0,25 mm-es frakció stabilitás értékei a makroaggregátum frakciókhoz hasonlóan csökkennek, ezzel szemben a <0,053 mm frakció esetében kismértékű növekedés figyelhető meg. A kijuttatási időpont érdemben nem befolyásolta jelentősen a stabilitás értékeket, a változatok között csak kisebb mértékű különbségek figyelhetők meg.

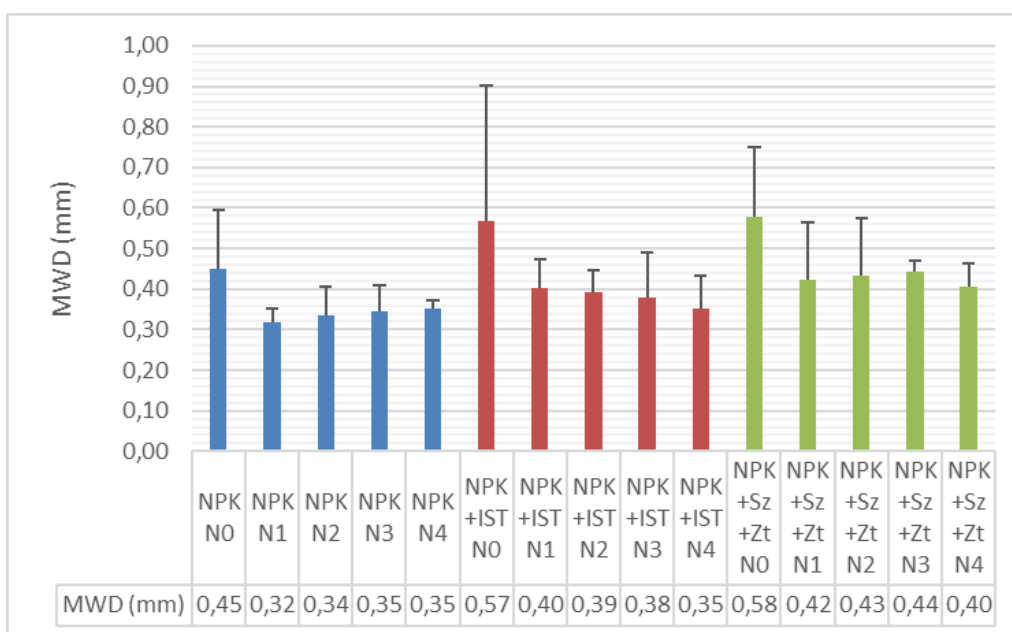
4.2.2 MWD (Mean Weight Diameter)

4.2.2.1 IOSDV kísérlet eredményei



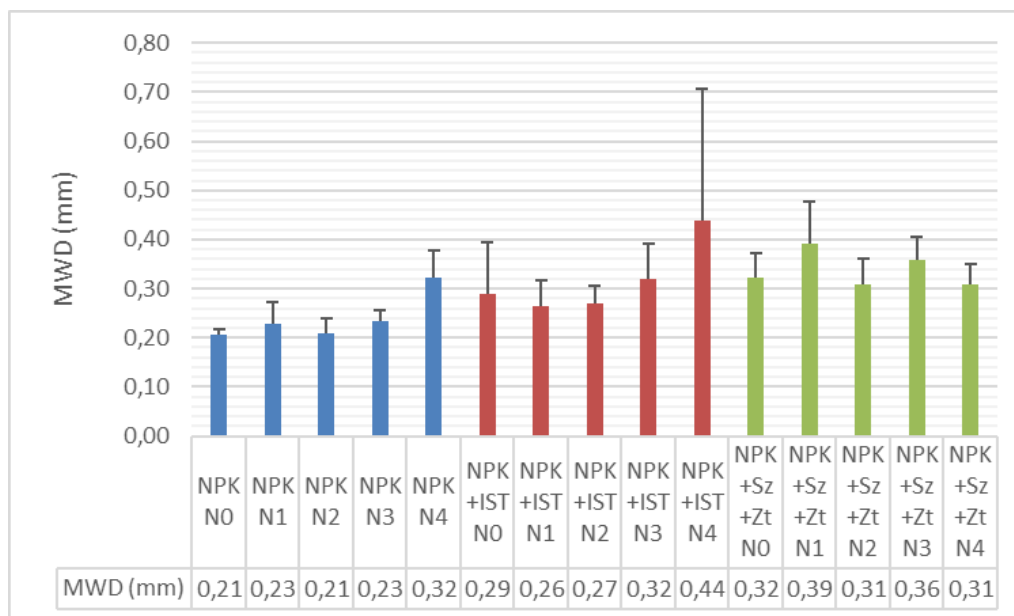
27. ábra: MWD-értékek alakulása szerves trágyázási változatok és nitrogén kezelések szerint, 2022. május

A 27. ábra mutatja az MWD-értékek alakulását a szerves trágyázási változatok és nitrogén kezelések szerint 2022. májusában. Leolvasható, hogy az istállótrágya kiegészítés N3 nitrogén kezelés kivételével magasabb értékeket eredményezett NPK-nál és NPK+Sz+Zt-nél is. Megfigyelhető még, hogy mindhárom szerves trágyázási-változat N0 nitrogén-műtrágya nélküli kezelésében volt a legmagasabb MWD-érték, valamint a legalacsonyabb kijuttatott nitrogén-adag minden esetben jóval csökkentette MWD-értékét.



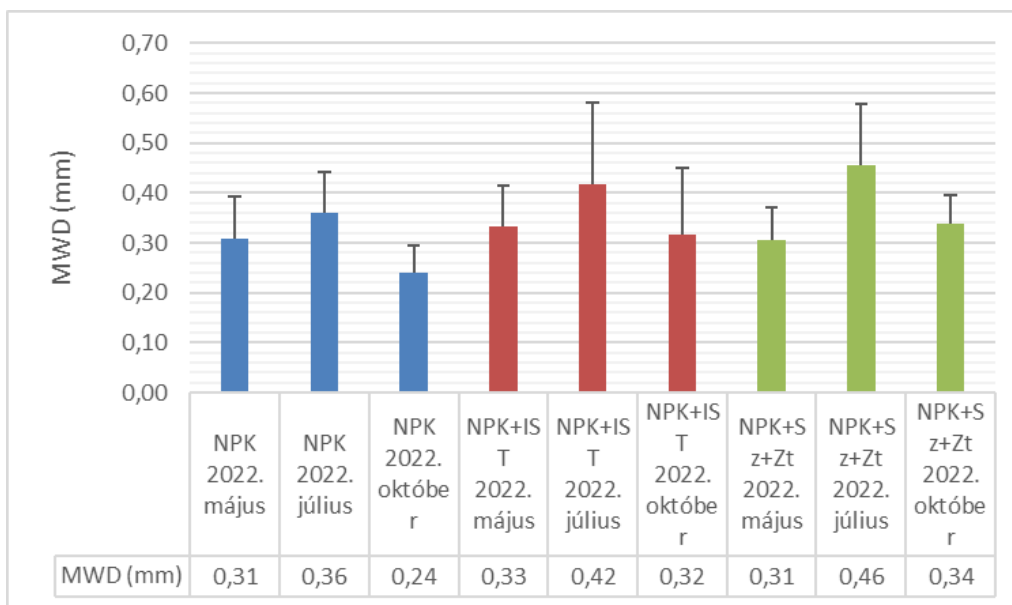
28. ábra: MWD-értékek alakulása szerves trágyázási változatok és nitrogén kezelések szerint, 2022. július

A 28. ábráról leolvashatók az MWD-értékek alakulásai a szervesztrágyázási változatok és nitrogén kezelések szerint 2022. júliusában. Minden szervesztrágyázási-változat esetében az N0, azaz nitrogén-műtrágya nélküli kezelés stabilitás értéke volt a legmagasabb. *NPK* esetén N1-től N4-ig növekvő nitrogén adagok növekvő MWD-értékeket eredményeztek, a növekvő adagok *NPK+IST* esetén csökkentették ennek értékeit. Mindkét szervesanyag-kiegészítés növelte *NPK*-hoz képest az MWD-értékét.



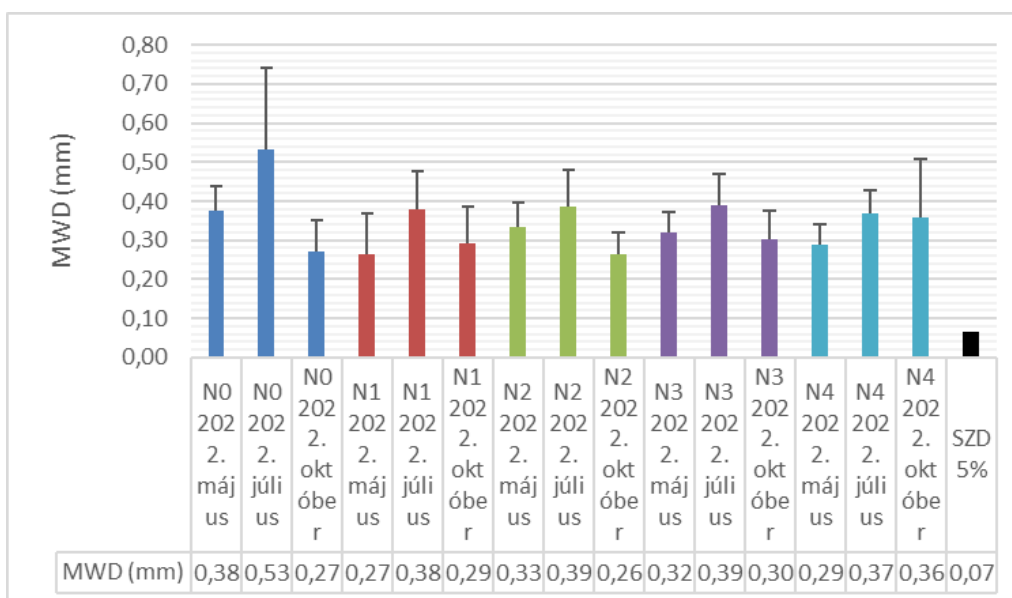
29. ábra: MWD-értékek alakulása szervesztrágyázási változatok és nitrogén kezelések szerint, 2022. október

A 29. ábrán ábrázoltam az MWD-értékek alakulását szervesztrágyázási változatok és nitrogén kezelések szerint 2022. októberében. Jól látható a szervesztrágya-kiegészítések MWD-érték növelő hatása, *NPK+IST* esetén kisebb, *NPK+Sz+Zt* esetén nagyobb a növekedés a kontroll *NPK*-hoz képest. *NPK* esetén N2 kezelés kivételével a növekvő nitrogén adag növekvő MWD-értékeket okozott. *NPK+IST* esetében a nitrogén kezelés nélküli N0 magasabb értékű volt, mint N1, de N1-től N4-ig a nitrogén mennyiség növelése az MWD növekedését eredményezte.



30. ábra: MWD-értékek alakulása szervesztrágyázási változatok és mintavételi időpontok szerint, a nitrogén kezelések átlagában, 2022

A 30. ábrán látható az MWD-értékek alakulása szervesztrágyázási változatok és mintavételi időpontok szerint, a nitrogén kezelések átlagában 2022-ben. Mindhárom szervesztrágyázási változatnál júliusban voltak a legmagasabb értékek. Mindkét szervesanyag-kiegészítés MWD-érték növelő hatását leolvashatjuk a diagramról, júliusi minták esetén *NPK*-hoz képest *NPK+Sz+Zt* 27 %-os növekedést eredményezett.

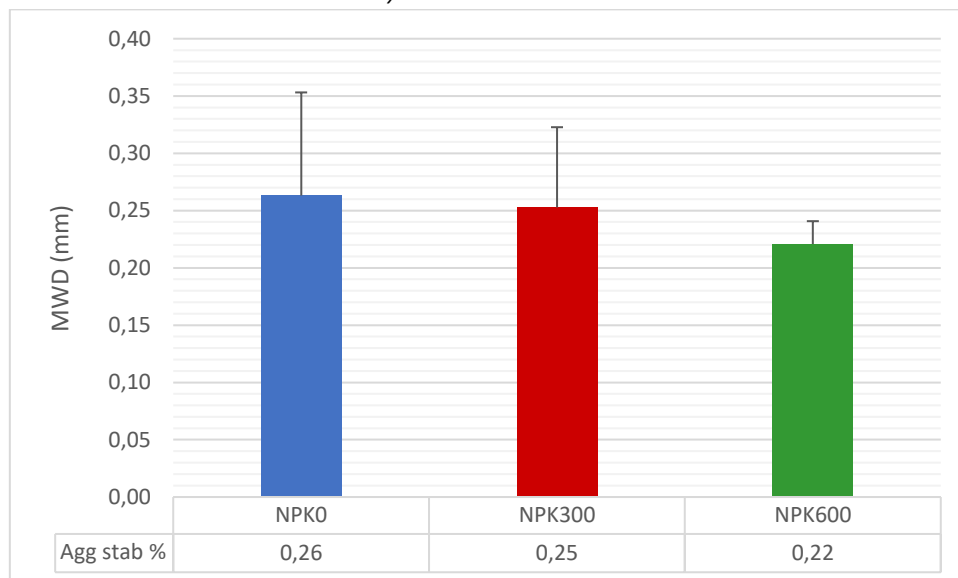


31. ábra: MWD-értékek alakulása nitrogén kezelések és mintavételi időpontok szerint, a szervesztrágyázási változatok átlagában, 2022

A 31. ábra szemlélteti az MWD-értékek alakulását nitrogén kezelések és mintavételi időpontok szerint, a szervesztrágyázási változatok átlagában 2022-ben. Az összes nitrogén kezelés esetén

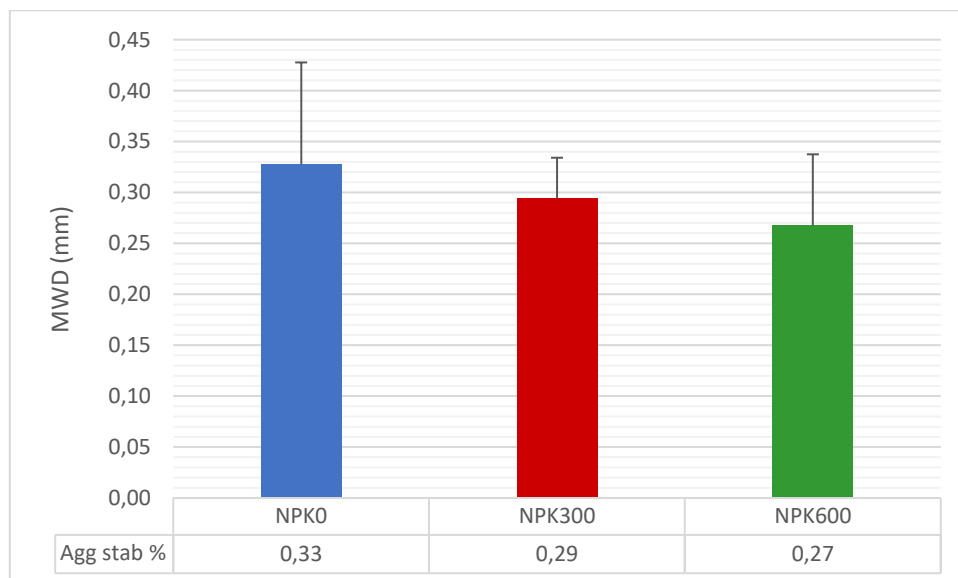
a júliusi stabilitás értékek a legmagasabbak, kimagasló az N0 kezelésnél mért érték, mely 39 %-al magasabb a többi kezelésben mért stabilitásnál. N0 kezelés májusi és júliusi stabilitás értékei is magasabbak a többi nitrogén kezelés azonos hónapokban mért értékeinél.

4.2.2.2 Monokultúra kísérlet eredményei



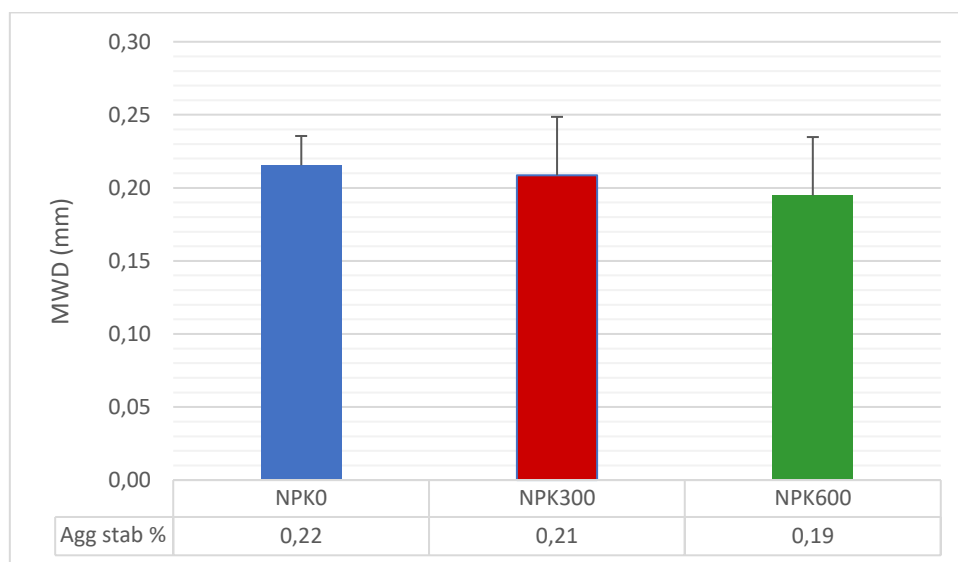
32. ábra: MWD-értékek alakulása NPK kezelések szerint, a kijuttatás idejének átlagában, 2022. május

A 2022. májusi MWD-értékek alakulását NPK kezelések szerint, a kijuttatás idejének átlagában a 32. ábrán mutattam be. Leolvasható, hogy az NPK adagok növelése stabilitás csökkentő hatást eredményezett. A csökkenés mértéke növekszik az adag növelésével. A vizsgálat nem volt szignifikáns.



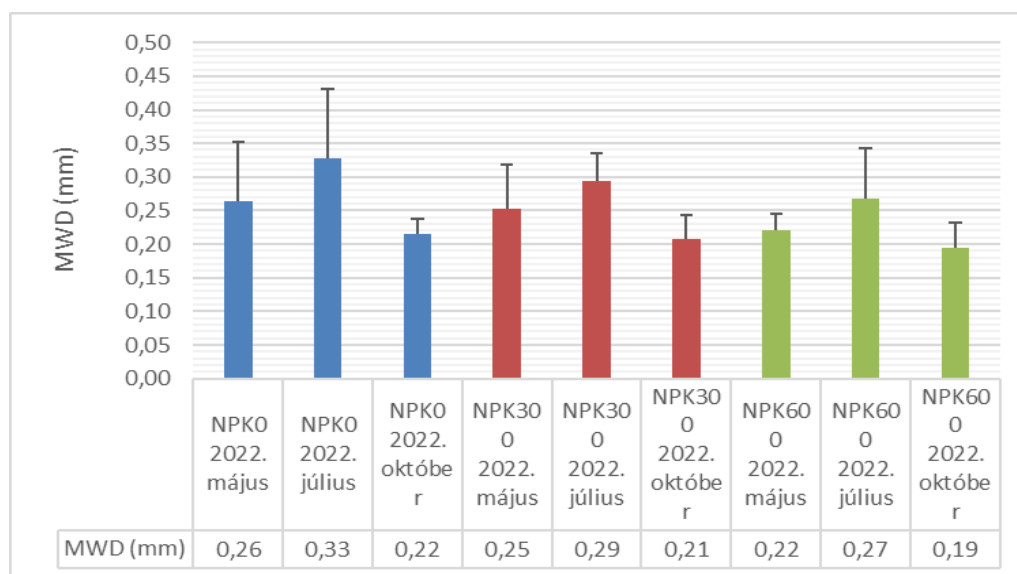
33. ábra: MWD-értékek alakulása NPK kezelések szerint, a kijuttatás idejének átlagában, 2022. július

A 33. ábra mutatja az MWD-értékek alakulását NPK kezelések szerint, a kijuttatás idejének átlagában 2022. júliusában. Abszolút értékben mindenhol magasabb értékeket mutat a diagram májushoz képest. Itt is megfigyelhető a műtrágya adag növelésének MWD csökkentő hatása, ugyanakkor csökkenés mértéke a májusban mértéknél jelentősebb. A vizsgálat nem bizonyult szignifikánsnak.



34. ábra: MWD-értékek alakulása NPK kezelések szerint, a kijuttatás idejének átlagában, 2022. október

A 34. ábra szemlélteti az MWD-értékek alakulását NPK kezelések szerint 2022. októberében. A növekvő műtrágya adagok aggregátum-stabilitás csökkentő hatása itt is jól megfigyelhető. Az értékek itt a legalacsonyabbak, a csökkenés mértéke a májusban mértékhez hasonló.



35. ábra: MWD-értékek alakulása NPK-kezelések és mintavételi időpontok szerint, a kijuttatási időpontok átlagában, 2022

A 35. ábrán látható az MWD-értékek alakulása NPK-kezelések és mintavételi időpontok szerint, a kijuttatási időpontok átlagában 2022-ben. Jól látható minden NPK-kezelésnél a júliusi MWD-értékek fölénye. NPK300 és NPK600 MWD-értékeinél NPK0 értékei minden mintavételi időpontban magasabbak voltak. Legalacsonyabb MWD-t októberben mértünk NPK600 esetén.

5. Következtetések

Az 1-2 mm-es aggregátum frakció stabilitásának vizsgálatára alkalmas Eijkelkamp WSA készülékkel végzett gyors nedvesítéses vizsgálatok eredményei alapján a szerves trágya-kiegészítések összességében növelték az aggregátumok stabilitását a csak műtrágyázott változatokkal összehasonlítva. Ez a magasabb szervesanyag-tartalommal és a nagyobb mikrobiális aktivitással jól magyarázható. Ugyanakkor a kiegészítésre használt szerves anyagok típusa meghatározó a stabilitás növelése szempontjából, hiszen a szárlesztántás+zöldtrágyás változatok jelentősebb mértékben voltak képesek növelni a stabilitást, mint az istállótrágyázott változatok. Ennek oka a szerves anyagok kémiai összetételében keresendő. Megfigyelhető a nitrogén-adagok stabilitás csökkentő hatása is, ez a használt N-műtrágya (Pétisó) kémiai tulajdonságaival jól magyarázható (NH_4^+ -ionok peptizáló hatása). Nagyon fontos a mintavételi időpont szerepe: a nyári mintáknak a megelőző és követő mintavételekhez képest megfigyelhető jelentősen magasabb stabilitása a mikrobiális aktivitással magyarázható.

A lassú nedvesítéses mérések esetében az istállótrágya kiegészítés szignifikánsan csökkentette a stabilitás értékeit a szerves trágya-kiegészítés nélküli változatokhoz képest. A csökkenés főleg a tavaszi és az őszi időszakban, és elsősorban a magasabb N-adagok esetében figyelhető meg, azaz a csökkenésben főleg a nitrogén (illetve a nitrogén és az istállótrágyából származó szerves anyagok közötti kölcsönhatás) játszik jelentősebb szerepet, míg a csökkenést a nyáron időszakosan megnövekvő mikrobiális aktivitás némileg képes ellensúlyozni, bár magasabb N-adagok mellett már ez a hatás sem jelentős. A szárlesztántás+zöldtrágyás változatok lassú nedvesítés mellett is magasabb stabilitás értékeit eredményeztek, mint a csak műtrágyázott változatok, ez jelentősen stabilabb (hosszabb élettartamú) szerves anyagok jelenlétére utal. Hasonlóan a stabil szervesanyagok jelenlétét, illetve azok szerepét igazolja a stabilitás időbeli vizsgálata is, hiszen a nyári időszakban a gyors nedvesítéssel ellentétben ebben az esetben nem látható értékbeli kiugrás.

A monokultúrás vizsgálatok esetében a mért értékek gyors nedvesítés esetén jelentősen alacsonyabbak az IOSDV kísérletben mért eredményeknél. Ez az eltérő szervesanyag-minőséggel jól magyarázható. Az értékek időbeli vizsgálatánál megállapítható, hogy a műtrágya adagoknak jelentős szerepe van a stabilitás alakulásában; a nyári időszak stabilitás

értékeinek növekedése az NPK0 kezelésben a legnagyobb, és ez az NPK adagok növekedésével fokozatosan csökken. Lassú nedvesítés esetén a mért értékek hasonlóan alakulnak az IOSDV-kísérlet értékeihez, ez is a szervesanyag-stabilitás meghatározó szerepére utal.

4. táblázat: MWD értéktartományok alapján készített stabilitás-osztályozás az ISO 10930:2012 szabvány alapján

MWD	Stabilitás	Felszíni kéregződés	Eróziós kockázat
< 0,4 mm	nagy mértékben instabil	szisztémikus	állandó magas kockázat minden domborzati körülmény között
0,4 – 0,8 mm	instabil	nagyon gyakori	gyakori kockázat minden esetben
0,8 – 1,3 mm	mérsékelten stabil	gyakori	változó kockázat a klimatikus és topográfiai paramétereiktől függően
1,3 – 2,0 mm	stabil	alkalmankénti	limitált kockázat
> 2,0 mm	nagyon stabil	nagyon ritka	nagyon alacsony kockázat

Az MWD-értékek értékeléséhez a nemzetközi szabványban (ISO10930:2012) található táblázat nyújt segítséget. Jól látható, hogy az IOSDV kísérlet esetében szinte minden mért érték a legrosszabb, nagy mértékben instabil kategóriába tartozik. Ez a kísérletben alkalmazott folyamatos szántás fenntarthatatlanságát igazolja: a stabilitás még folyamatos szervesanyag-bevitel mellett sem növelhető jelentősen, ez pedig a szerkezet folyamatos romlását okozza, ami hosszú távon termékenység csökkenéshez vezet. Monokultúrák vizsgálatok alapján hasonlóan alacsony MWD-értékek voltak mérhetőek, ez is igazolja a folyamatos szántás nem fenntartható voltát.

Végkövetkeztetésként megállapítható, hogy az 1-2 mm-es frakciót vizsgálva a vetésforgó és szervesanyag-utánpótlás alkalmazása képes hosszú távon is növelni a stabilitást, ennek mértéke azonban függ az alkalmazott szervesanyag fajtájától és a kijuttatott nitrogén

műtrágya mennyiségétől is. A frakcionált vizsgálatokból kapott MWD-értékek alapján azonban megállapítható, hogy a folyamatos szántás a szervesanyag-kiegészítések ellenére is jelentősen csökkenti a stabilitást, ami hosszú távon a szerkezet leromlásához és termékenység csökkenéshez vezet. A monokultúrák vizsgálatok eredményeinek a vetésforgó kísérlet eredményeivel történő összehasonlításából kitűnik, hogy az értékek alacsonyabbak a monokultúra esetében, ami az eltérő szervesanyag-összetétellel magyarázható. Ennek okán a kukorica monokultúra alkalmazása a talaj aggregátum-stabilitásának megőrzése, illetve javítása szempontjából szervesanyag-kiegészítés nélkül nem javasolható.

6. Összefoglalás

Földünk népessége az elmúlt 70 évben majdnem megnégyesződött. Jelenleg több mint 8 milliárd fő lakja bolygónkat, akik számára a növénytermesztésnek, mint iparágnak kell megfelelő mennyiségű egészséges élelmiszert, illetve élelmiszer-alapanyagot előállítania. Ehhez nélkülözhetetlen a megfelelő minőségű termőföld! Ebből egyértelműen következik, hogy termőtalajaink állagát óvnunk kell, és mindenképpen meg kell akadályozzuk leromlásukat. A dolgozatom címében szereplő aggregátum-stabilitás pedig egy olyan tényező, amely nagyban meghatározza egy adott talaj termékenységét, mert a talajszerkezet kialakulásának és ezzel együtt a növények fejlődésének egyik alapfeltétele a stabil aggregátumok jelenléte. Egy jó talajszerkezet emellett megvédi talajainkat az eróziós hatásoktól is.

Munkám során két kísérleti területet vizsgáltam és hasonlítottam össze aggregátum-stabilitás szempontjából, az 1969-ben Keszthelyen beállított Kukorica monokultúra kísérletet és az 1983-ban ugyanitt beállított Nemzetközi szerves- és nitrogéntrágyázási kísérletet.

Vizsgálataim céljaként az alábbi kérdésekre kerestem a választ:

- Hatással vannak-e a különböző szervesanyag kiegészítések, illetve a különböző nitrogén adagok az aggregátum-stabilitásra?
- Bizonyítható-e az aggregátumok stabilitásának csökkenése monokultúrában egy vetésforgóhoz viszonyítva?
- Milyen mértékben tér el a két kísérlet talaja aggregátum-stabilitás szempontjából?

Vizsgálataim során nedves szitálásos stabilitás meghatározási módszereket alkalmaztam, mivel hazánkban a víz romboló hatása a jellemző. Az aggregátum-stabilitás értékeket két módszerrel határoztam meg. Az 1-2 mm közé eső mintafrakciókat a holland Eijkelkamp cég WSA készülékén vizsgáltam gyors és lassú nedvesítéssel eljárással, ebben az esetben belső ismétléseket is használtam, melyek száma mintánként három volt. A frakcionált nedves szitálást Retsch AS200 Digit típusú laboratóriumi szitarázó készülék segítségével végeztem. A kapott adatokat excel-táblákba gyűjtöttem, itt mintánként láthatók az adatok. Az eredmények SPSS 15.0 szoftverrel, két- és háromtényezős varianciaanalízis segítségével kerültek kiértékelésre. Az eredményeket $\alpha=5\%$ szinten, 95%-os valószínűség mellett értelmeztem.

Végkövetkeztetésként megállapítható, hogy az 1-2 mm-es frakciót vizsgálva a vetésforgó és szervesanyag-utánpótlás alkalmazása képes hosszú távon is növelni a stabilitást, ennek mértéke azonban függ az alkalmazott szervesanyag fajtájától és a kijuttatott nitrogén műtrágya mennyiségétől is. A frakcionált vizsgálatokból kapott MWD-értékek alapján azonban megállapítható, hogy a folyamatos szántás a szervesanyag-kiegészítések ellenére is jelentősen csökkenti a stabilitást, ami hosszú távon a szerkezet leromlásához és termékenység csökkenéshez vezet. A monokultúras vizsgálatok eredményeinek a vetésforgó kísérlet eredményeivel történő összehasonlításából kitűnik, hogy az értékek alacsonyabbak a monokultúra esetében, ami az eltérő szervesanyag-összetétellel magyarázható. Ennek okán a kukorica monokultúra alkalmazása a talaj aggregátum-stabilitásának megőrzése, illetve javítása szempontjából szervesanyag-kiegészítés nélkül nem javasolható.

7. Irodalomjegyzék

- 1) AMÉZKETA, E., 1999. Soil Aggregate Stability: A Review. *Journal of Sustainable Agriculture* 14., pp. 83-151.
- 2) ANDRUSCHKEWITSCH, R., KOCH, H.-J. & LUDWIG, B., 2014. Effect of long-term tillage treatments on the temporal dynamics of water-stable aggregates and on macro-aggregate turnover at three German sites. *Geoderma* 217-218, pp. 57-64.
- 3) ANTOS, G. és mtsai., 2006. *Földművelés és földhasználat*. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
- 4) BARBERA, V. és mtsai., 2012. Long-term cropping systems and tillage management effects on soil organic carbon stock and steady state level of C sequestration rates in a semiarid environment. *Land Degradation & Development* 23, pp. 82-91.
- 5) BARRAL, M. T., ARIAS, M. & GUERIF, J., 1998. Effects of iron and organic matter on the porosity and structural stability of soil aggregates. *Soil and Tillage Research* 46., pp. 261-272.
- 6) BAST, A. B. és mtsai., 2015. A simplified and rapid technique to determine an aggregate stability coefficient in coarse grained soils. *Catena* 127., pp. 170-176.
- 7) BAST, A. és mtsai., 2014. The use of mycorrhiza for eco-engineering measures in steep alpine environments: effects on soil aggregate formation and fine-root development. *Earth Surface Processes and Landforms* 39., pp. 1753-1763.
- 8) BIDLÓ, A. és mtsai., 2011. *Környezetmérnöki Tudástár*. 2 szerk. Veszprém: Pannon Egyetem - Környezetmérnöki Intézet.
- 9) BOIX-FAYOS, C., CALVO-CASES, A., IMESON, A. C. & SORIANO-SOTO, M. D., 2001. Influence of soil properties on the aggregation of some Mediterranean soils and the use of aggregate size and stability as land degradation indicators. *Catena* 44., pp. 47-67.
- 10) BROERSMA, K., ROBERTSON, J. A. & CHANASYK, D. S., 1997. The effects of diverse cropping systems on aggregation of a Luvisolic soil in the Peace River region. *Canadian Journal of Soil Science* 77., pp. 323-329.
- 11) BROWN, G. G., BAROIS, I. & LAVELLE, P., 2000. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. *European Journal of Soil Biology* 36., pp. 177-198.
- 12) BRYAN, R. B., GOVERS, G. & POESEN, J., 1989. The concept of soil erodibility and some problems of assessment and application. *Catena* 16., pp. 393-412..
- 13) CHAN, K. Y. & HEENAN, D. P., 1996. The influence of crop rotation on soil structure and soil physical properties under conventional tillage. *Soil and Tillage Research* 37., pp. 113-125.
- 14) CHAN, K. Y. & HEENAN, D. P., 1999. Lime-induced loss of soil organic carbon and effect on aggregate stability. *Soil Science Society of America Journal* 63., pp. 1841-1844..
- 15) CHENU, C., LE BISSONNAIS, Y. & ARROUAYS, D., 2000. Organic matter influence on clay wettability and soil aggregate stability. *Soil Science Society of America Journal* 64., pp. 1479-1486.

- 16) CHIVENGU, P., VANLAUWE, B., GENTILE, R. & SIX, J., 2011. Organic resource quality influences short-term aggregate dynamics and soil organic carbon and nitrogen accumulation. *Soil Biology and Biochemistry* 43., pp. 657-666..
- 17) DUIKER, S. W. & LAL, R., 1999. Crop residue and tillage effects on carbon sequestration in a Luvisol in central Ohio. *Soil and Tillage Research* 52., pp. 73-81..
- 18) DUNAI, A. & TÓTH, Z., 2015. Szerves- és műtrágyázás tartamhatása a talajaggregátumok. *Agrokémia és Talajtan*, pp. 29-52.
- 19) GREENLAND, D. J. & SZABOLCS, I., 1993. *Soil Resilience and Sustainable Land Use*. Wallingford, UK: CAB International.
- 20) HAYNES, R. J. & NAIDU, R., 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 51., pp. 123-137.
- 21) HOFMAN, G. & DE LEENHEER, L., 1975. Influence of soil prewetting on aggregate instability. *Pedologie*, 25, pp. 190-198.
- 22) HUISZ, A., 2012. *A talajszerkezet és szervesanyag-megoszlás változásainak jellemzése új módszerekkel művelési tartamkísérletben*, Debreceni Egyetem: ismeretlen szerző
- 23) IGWE, C. A., ZAREI, M. & STAHR, K., 2009. Colloidal stability in some tropical soils of southeastern Nigeria as affected by iron and aluminium oxides. *Catena* 77., pp. 232-237.
- 24) ISO10930:2012, 2012. *ISO 10930:2012. Soil quality – Measurement of the stability of soil aggregates subjected to the action of water*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- 25) KAY, B. D., 1998. Soil Structure and Organic Carbon: A Review. In: *Soil Processes and the Carbon Cycle*. hely nélkül.:CRC Press, pp. 169-197.
- 26) KEMPER, W. D. & KOCH, E. J., 1966. *Aggregate stability of soils from western portions of the United States and Canada: Measurement procedure, correlations with soil constituents*. 1355 szerk. hely nélkül.:Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture.
- 27) KEMPER, W. D. & ROSENAU, R. C., 1986. Aggregate stability and size distribution. In: K. Arnold, szerk. *Methods of Soil Analysis: Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. 2 szerk. hely nélkül.:ismeretlen szerző
- 28) LAYTON, J. B., SKIDMORE, E. L. & THOMPSON, C. A., 1993. Winter-associated changes in dry-soil aggregation as influenced by management. *Soil Science Society of America Journal* 57., pp. 1568-1572..
- 29) LE BISSONNAIS, Y. és mtsai., 2007. Erodibility of Mediterranean vineyard soils: relevant aggregate stability methods and significant soil variables. *European Journal of Soil Science* 58., pp. 188-195.
- 30) LEEWIS, M. C. és mtsai., 2022. The influence of soil development on the depth distribution and structure of soil microbial communities. *Soil Biology and Biochemistry* 174..
- 31) LŐRINCZ, J., SIPOS, G. & SIPOS, S., 1978. *Földműveléstan*. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó.

- 32) MARTENS, D. A., 2000. Plant residue biochemistry regulates soil carbon cycling and carbon sequestration. *Soil Biology and Biochemistry* 32., pp. 361-369.
- 33) Nimmo, J. R., 2013. Aggregation: Physical Aspects. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*.
- 34) NIMMO, J. R., 2013. Aggregation: Physical Aspects. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*.
- 35) PAGLIAI, M., VIGNOZZI, N. & PELLEGRINI, S., 2004. Soil structure and the effect of management practices. *Soil and Tillage Research* 79., pp. 131-143.
- 36) PENG, X. H., HORN, R., ZHANG, B. & ZHAO, Q. G., 2004. Mechanisms of soil vulnerability to compaction of homogenized and recompact Ultisols. *Soil and Tillage Research* 76., pp. 125-134.
- 37) RAIMBAULT, B. A. & VYN, T. J., 1991. Crop rotation and tillage effects on corn growth and soil structural stability. *Agronomy Journal* 83., pp. 979-985.
- 38) SCHMIDT, R., 2011. *Földműveléstan*. Nyugat-Magyarországi Egyetem: ismeretlen szerző
- 39) SCHUTTER, M. E. & DICK, R. P., 2002. Microbial Community Profiles and Activities among Aggregates of Winter Fallow and Cover-Cropped Soil. *Soil Science Society of America Journal* 66., pp. 142-153.
- 40) SIX, J., ELLIOTT, E. T. & PAUSTIAN, K., 1999. Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems. *Soil Science Society of America Journal* 63., pp. 1350-1358..
- 41) SIX, J., ELLIOTT, E. T. & PAUSTIAN, K., 2000. Soil Structure and Soil Organic Matter: II. A Normalized Stability Index and the Effect of Mineralogy. *Soil Science Society of America Journal* 64., pp. 1042-1049.
- 42) STEFANOVITS, P., FILEP, G. & FÜLEKY, G., 2010. Talajtan. In: Budapest: Mezőgazda Kiadó, p. 131.
- 43) STEFANOVITS, P., FILEP, G. & FÜLEKY, G., 2010. *Talajtan*. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
- 44) THOMSEN, I. K., SCHJONNING, P., OLESEN, J. E. & CHRISTENSEN, B. T., 1999. Turnover of organic matter in differently textured soils: I. Physical characteristics of structurally disturbed and intact soils. *Geoderma* 89., pp. 177-198.
- 45) TISDALE, S. L., NELSON, W. L., BEATON, J. D. & HAVLIN, J. L., 1993. *Soil fertility and fertilizers*. 5 szerk. New York: Macmillan Publishing Co..
- 46) TISDALL, J. M., 1996. Formation of Soil Aggregates and Accumulation of Soil Organic Matter. In: *Structure and Organic Matter Storage in Agricultural Soils*. Boca Raton: CRC Press, pp. 57-96.
- 47) TÓTH, Z., 2001. *A talajtermékenység vizsgálata vetésforgóban és monokultúrában*, Keszthely: ismeretlen szerző
- 48) TÓTH, Z. & KISMÁNYOKY, T., 2001. A kukorica (*Zea mays* L.) és a búza (*Triticum aestivum* L.) szemtermésének vizsgálata különböző vetésforgókban és kukoricamonokultúrában. *Növénytermelés* 50., pp. 123-134..

- 49) VÁRALLYAY, G., 1993. A talaj szerkezeti állapotának jellemzése. In: I. Buzás, szerk. *Talaj és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 1. A talaj fizikai, vízgazdálkodási és ásványtani vizsgálata*. Budapest: INDA 4231 Kiadó, pp. 71-82.
- 50) VÁRALLYAY, G., 2010. Role of Soil Multifunctionality in Sustainable Development. *Soil and Water Research* 5., pp. 102-107..
- 51) VÁRALLYAY, G., 2010. Talaj, mint természeti erőforrás. In: "Az Élhető Vidékért 2010" *Környezetgazd. Konferencia Kiadványa*. hely nélk.: ismeretlen szerző, pp. 36-52.
- 52) VILLAR, M. C., PETRIKOVA, V., DIAZ-RAVINA, M. & CARBALLAS, T., 2004. Changes in soil microbial biomass and aggregate stability following burning and soil rehabilitation. *Geoderma* 122., pp. 73-82.
- 53) YODER, R. E., 1936. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of physical nature of erosion losses. *Journal of the American Society of Agronomy* 28, pp. 337-351.
- 54) ZHANG, X. C. & NORTON, L. D., 2002. Effect of exchangeable Mg on saturated hydraulic conductivity, disaggregation and clay dispersion of disturbed soils. *Journal of Hidrology* 260., pp. 194-205.

8. Köszönetnyilvánítás

Szeretném ezúton kifejezni köszönetemet mindenkinek, aki bármilyen formában hozzájárult és segített ezen munka megírásában. Elsősorban szeretném megköszönni konzulenseimnek, Dr. Dunai Attilának és Dr. Tóth Zoltánnak, hogy magasfokú szakmai hozzáértésükkel segítették és támogatták munkámat. Valamint köszönettel tartozom Liska Dávid barátomnak, kinek a minták vételezésében és a mérésekben adott önzetlen segítsége nélkül nem jöhetett volna létre ezen dolgozat anyaga. Köszönöm a családomnak, hogy végig támogattak és segítettek az idáig vezető úton és a dolgozat elkészítése során. Önzetlen segítségét meg szeretném köszönni Gutai Flórának, Balogh Lillának, Schöphen Eszternek, Csácsi Ádámnak, Lukács Lászlónak és Halász Adriennek.

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve:	DEÁK BENCE
A Hallgató Neptun kódja:	JHDPQ
A dolgozat címe:	Mikro- és makroaggregátum-stabilitás értékek alakulása monokultúrában és vetésforgóban
A megjelenés éve:	2023
A konzulens intézetének neve:	Növénytermesztési-tudományok Intézet
A konzulens tanszékének a neve:	Agronómia 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 mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitóri 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 repozitóri rendszerében.

Kelt: Kecskés 2023 év November hó 6. nap

Deák Bence

Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Deák Bence (név) (hallgató Neptun azonosítója: JHDRPQ) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ 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 javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: Keszthely, 2023. év november hó 06. nap



belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendó.

³ A megfelelő aláhúzendó.