



Környezettudományi Intézet

Földigilishta mintázási módszerek összehasonlítása a Gödöllői-dombságban

TDK dolgozat

Készítette: **Szála Boglárka**
CDZ4T6
Környezetmérnök alapképzés
Nappali tagozat
Szent István Campus

Témavezetők: **Dr. Simon Barbara**, egyetemi docens
Környezettudományi Intézet, Talajtani Tanszék
Dr. Szegi Tamás András, egyetemi docens
Környezettudományi Intézet, Talajtani Tanszék

**Gödöllő
2024.**

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés.....	4
2.	Célkitűzés.....	5
3.	Irodalmi áttekintés.....	6
3.1	A talaj.....	6
3.2	A földigiliszták	9
3.2.1	Földigiliszták fajok.....	11
3.3	Földigiliszták kivonására alkalmazott módszerek.....	13
3.3.1	Formalinos kivonás	13
3.3.2	Kézi válogatás	13
3.3.3	Kálium permanganátos kivonás	14
3.3.4	Elektromos kivonás	14
3.3.5	Vizes rostálás.....	14
3.3.6	Hevítéses kivonás.....	14
3.3.7	Mustáros kivonás.....	14
3.4	A kézi válogatásos módszer – ISO 23611-1	15
3.5	A mustáros kivonás.....	16
4.	Anyagok és módszerek.....	18
4.1	A mintavétel folyamata.....	18
4.2	A mintavételi terület ismertetése	18
4.3	A földigiliszták fajmeghatározása	21
4.4	A talajok vizsgálata.....	22
4.4.1	Fizikai paraméterek	22
4.4.2	Kémiai paraméterek	23
4.5	Az adatok kiértékelése.....	25
5.	Eredmények és értékelésük	27
5.1	Talajok fizikai paraméterei	27
5.1.1	Nedvességtartalom	27
5.1.2	Arany-féle kötöttség	28
5.2	Talajok kémiai paraméterei.....	28
5.2.1	Kémhatás	28
5.2.2	CaCO ₃ tartalom	29
5.2.3	Szén és szerves anyag tartalom	29

5.3	PCA elemzés.....	31
5.4	Földigiliszták egyedszáma, biomasszája és fajösszetétele	32
6.	Következtetések és javaslatok.....	35
7.	Összefoglalás.....	36
8.	Irodalomjegyzék.....	38
	Melléklet.....	41
	Köszönetnyilvánítás	41

1. Bevezetés

Az emberiség az elmúlt évszázadokban jelentős technológiai fejlődést hajtott végre, melynek eredményeképp adott földterületen nagyobb mennyiségű terményt, vagyis valamilyen formában élelmiszert vagyunk képesek előállítani. Ez vitathatatlanul óriási eredmény és a jelenlegi népességszám és társadalmi berendezkedés fenntartásához elengedhetetlen. Azonban ennek a fejlődésnek ökológiai szempontból kritikus hatásai vannak, amiket most kezdünk felismerni és felmérésére megbízható módszereket kialakítani. Az egyik leginkább érintett hatásviselő a biológiai sokféleség, más szavakkal a Föld élővilágának sokfélesége.

Annak érdekében, hogy a korábban említett termés növekedést elérjük, gépeket kezdtünk használni, melyek egyre nagyobbak és nehezebbek lettek. Párhuzamosan újabb és újabb növényvédő szereket vagy épp kártevő irtó anyagokat juttattunk ki évtizedeken keresztül ellenőrizetlen mennyiségben. Ezek a tevékenységek külön-külön is számos környezeti elemre gyakorolnak a mai napig hatást, azonban a talaj élővilágát befolyásolják leginkább negatív irányba. Az előidézett tömörödés, a talaj gyakori bolygatása, a különböző vegyi anyagok kijuttatása, a szerves anyag csökkenés mind rontják a talajlakók életkörülményeit, ezáltal túlélési esélyeiket is. Sajnos annak ellenére, hogy a jogszabályokba számos rendelkezés került a talaj védelme érdekében, még nem tudtak fellelegezni a talajban élők. Az élőhelyüket jelentő pórusokat összenyomtuk, így az oxigénellátottság romlott, a víz pedig sokszor nem tud elszivárogni, ezzel víztelített vagy túl száraz részek jönnek létre. A szerves anyagot folyton elvisszük, vissza keveset juttatunk. A felszint időnként fedetlenül hagyjuk, így kiszárítjuk a talaj felső részét, amiben fontos élőlények laknak, amelyeknek nedvességre és árnyékra lenne szükségük. Ezek a hatások azonban talajtípusonként, a művelés és a klimatikus viszonyok függvényében eltérőek, mégis valahogy vizsgálunk szükséges a talajban lévő életet, hogy tudjuk hol kell javítanunk.

A talaj ökoszisztémájának vizsgálata során az egyik legelterjedtebb indikátor csoport a gilisztáké. Ezek az állatok kellően érzékenyek a környezetükre és annak változásaira ahhoz, hogy jelenlétük vagy éppen hiányuk jelezze számunkra milyen állapotban van a talaj. Mivel a makrofauna részei, szabad szemmel is könnyen felismerhetők, és a Föld legtöbb területén jelen vannak. Szerepük nagyon fontos, hiszen járatokat készítenek, így átmozgatják a talajt, segítik az átlegegőzését és a víz beszívargásának utat teremtenek. Holt növényi maradványokat fogyasztanak, melyből a mikroszervezetek számára kiválóan hasznosítható anyagot állítanak elő, ezzel elősegítve a talaj szerves anyagának növelését (Szabó 1986). Látható tehát, hogy a

talaj ökoszisztémájának fontos elemei, ezáltal annak állapotfelméréséhez ideális csoportot alkotnak. Elég elterjedtek az élőhelyüket tekintve, azonban a környezet változására (pl. szélsősége pH, szárazság stb.) kellően érzékenyek ahhoz, hogy indikátor fajokként tekintsünk rájuk. Azonban a vizsgálatukhoz előbb elő kell csalogatnunk őket az élőhelyükről, melyre különféle módszereket fejlesztettek ki.

Az egyik legegyszerűbb módszer az, ha kézzel kiválogatjuk a talajból őket. Ebben a kutatásban is ez lesz a referencia módszerünk, amihez a mustár-szuszpenzió használatát hasonlítjuk. Utóbbira azért van szükség, hogy a folyamatot gyorsítsuk, illetve a bolygatásra érzékenyebb fajokat is kivonjuk. Számos egyéb módszer is létezik, melyeket a későbbiekben bemutatunk. Olyat szeretnénk volna választani, ami kiegészítheti, esetleg ki is válthatja a kézi válogatást, de az állatokra nem veszélyesebb annál.

2. Célkitűzés

A fent említetteknek megfelelően a giliszták kutatásának két módszerét szeretnénk összehasonlítani. A leginkább elterjedt és ismert módszer – a kézi válogatás – kíméletesnek mondható az állatok számára, azonban nagyon idő- és munkaigényes. Ezzel szemben a mustár-szuszpenzió használata gyorsabb és hipotézisünk szerint ugyanannyi vagy több egyedet tudunk vele kiválasztani. A kutatástól azt reméljük, hogy sikerül alátámasztani, hogy a mustár-szuszpenzió hatékonysága megfelelő a magyarországi viszonyok között is, így kiválthatja vagy kiegészítheti a kézi válogatásos módszert. A kézi válogatás mellé a szabvány (ISO-23611 Soil quality — Sampling of soil invertebrates — Part 1: Hand-sorting and formalin extraction of earthworms) javasolja a formalin használatát, azonban ez a gilisztákra halálos, emberekben rákkeltő. Reményeink szerint a mustár-szuszpenzió használata hasonlóan hatékony a giliszták előcsalásában a letális kimenetel nélkül.

A kutatásban tehát az alábbi kérdésekre keresünk választ:

- A mustár-szuszpenziós kivonás milyen hatékonyságú a kézi válogatásos módszerhez képest?
- A hazai viszonyok között lehet kiegészítője a kézi válogatásos módszernek?
- Milyen talajparaméterek esetén melyik módszert érdemesebb alkalmazni?
- Milyen életmódú földgiliszták kinyeréséhez lehet hatékony a mustár-szuszpenziós módszer?

3. Irodalmi áttekintés

3.1 A talaj

Ahogy a bevezetőben már szóba került, a talaj nem csupán egy három fázisú diszperz rendszer, melyet szilárd ásványi rész, víz és levegő alkot, hanem jelentős biomassa is található benne (Szabó, 1986). A szerves és szervetlen részek aránya 5-95%-ra tehető, azonban az élő szervezetek anyagcseréjük által jelentősen befolyásolják a fázisok közötti anyagcserét. Ez az ökoszisztéma az, ami az anyagok körforgásában óriási szerepet játszik, ezáltal a talajokat termékenyen tartja. Ezt a természet nem azért alkotta így, hogy az emberek mezőgazdaságot hozhassanak létre, de erre is tökéletesen alkalmas. Hiszen az egyik legmeghatározóbb tulajdonsága talajainknak a termékenységük. Ugyanakkor ez az élelmiszer ellátásunk alapja is. Éppen ezért óvatossá kell lennünk, hogyan kezeljük ezt az igen fontos feltételesen megújuló erőforrásunkat. A talaj, megfelelő körülmények között termelődik, ami egy igen lassú folyamat. Azonban képes a pusztulásra is, ha nem óvjuk a kiszáradástól, az eróziótól, általánosságban a degradációtól. Ez a folyamat nagyon gyorsan is végbe mehet. Ezért nevezzük a talajt feltételesen megújuló erőforrásnak. Mivel a talaj szoros kapcsolatban van a bioszférával, az atmoszférával, a litoszférával és a hidroszférával, az állapota befolyásolja ezeket is (Fülek 2011).

A talajra, azon túl, hogy élettérként vagy termelőközegként tekintünk, tekinthetünk egy óriási raktárként is. A rendelkezésünkre álló édesvíz készletek egy részét a talajból tudjuk kinyerni, de ami a klímaváltozás fokozódásával szintén egyre nagyobb hangsúlyt kap az az, hogy jelentős szén készleteink is vannak a talajban. Az üvegházhatású szén-dioxidot növények és talajlakó szervezetek segítségével a talajban tudjuk megkötni.

A talajnak ezeken kívül is számos funkciója van, hiszen alapjául szolgál építményeinknek, megőrzi a történeti emlékeinket. Alapanyagot nyerhetünk belőle az építkezéseinkhez, de ami ökológiai szempontból fontosabb, pufferként is szolgál (Csoma, 2010).

Látható, hogy a talaj mennyire fontos számunkra, illetve az is, hogy jó állapotban legyen. Fontos tudnunk, hogy melyek azok a tényezők és folyamatok, amik a talaj kialakulásához és fejlődéséhez hozzájárulnak. Ezáltal tudjuk megóvni talajainkat vagy segíthetjük fejlődésüket. Dokucsajev munkásságában nagy hangsúlyt fektetett a talajt képző tényezőknek. Tekintsük át az ő rendszere szerint ezeket:

- Talajképző kőzet:

A talajképző kőzet tulajdonságai alapvető fontosságúak a talaj kialakulását tekintve. Befolyásolják a talaj fizikai és kémiai paramétereit, illetve hatással vannak a fejlődés időtartamára is.

- Domborzat:

A domborzat jelentősen befolyásolja, hogy hol milyen mélységű talaj tud kialakulni. A meredek lejtőkön sekélyebb, míg a völgyekben mélyebb, gazdagabb talajok épülnek. A művelés során érdemes figyelembe venni a terület lejtőszögét, hogy megóvjuk a talajt az erózió általi elhordástól.

- Idő:

Az idő szükséges alapfeltétel a talajok kialakulásához és fejlődéséhez. A talajképző kőzet változásához, a talajképző folyamatok végbemeneteléhez időre van szükség. Ez az oka annak, hogy talajainkat a degradációtól, eróziótól, deflációtól minél inkább védenünk kell, hogy ezt az időt ne vesztegessük el.

- Éghajlat:

A talajban végbemenő folyamatokat és az ott kialakuló ökoszisztéma tagjait nagyban befolyásolja az éghajlat. Az érkező csapadék mennyisége, eloszlása, típusa hatással van a talajban az anyagok mozgására, az aggregátumokra, illetve a talajban élő lényekre. A szél és a fagy ereje és gyakorisága, a hőingás legalább ilyen fontos, az időjárást jellemző események.

- Biológia:

Ahogy a talaj paraméterei befolyásolják milyen élőlények tudnak benne megélni, úgy az élőlények is befolyásolják a talaj alakulását. Ebben a kutatásban is a földigilisztákkal, a talaj ökoszisztéma mérnökeivel foglalkozunk. Táplálkozásukkal és mozgásukkal megindítják a szerves anyagok lebontását és humusz vegyületté alakulását, melyet aztán még számos baktérium és gomba folytat tovább.

- Emberi tevékenység:

Az emberi tevékenység a kiegészítője a másik öt tényezőnek. A biológia hatásán túlmutat az a tevékenység, melyet az emberek végeznek, hiszen bolygatjuk és tömörítjük a talajt óriási munkagépekkel vagy éppen burkolattal fedjük, így akadályozva a talajlégzést, a nedvességet

beszivárgását vagy bármilyen más anyagcsere folyamatot a talaj és a többi közeg között. Ezeken túl a talajba juttatunk változatos antropogén eredetű anyagokat és tárgyakat, hiszen közegeként használjuk építményeink alapjaihoz vagy vonalas közműhálózatok telepítéséhez (Dokucsajev, 1883).

A tényezőkön túl bizonyos folyamatok is meghatározzák a talajok képződését. Ahhoz, hogy a folyamatok bármelyike végbemenjen, szükség van anyagra, kiváltó hatásra (energia) és időre (Stefanovits et al., 1999). A talajképző folyamatok az alábbiak:

- Humuszosodás:

A humuszosodás során a talajra kerülő szerves anyagból humusz keletkezik. Ehhez a rendelkezésre álló szerves anyagot át kell alakítaniuk a talajlakó szervezeteknek, köztük a gilisztáknak. A talaj ökoszisztémájának összetétele is befolyásolja a szerves anyagok bomlását, majd a bomlástermékek keveredését és kötődését az ásványi részekkel. A földigiliszták egy olyan csoport, akik képesek a holt szerves anyagot átalakítani olyan formára, hogy a mikroközösség táplálékává is váljon, illetve, hogy ásványosodása megkezdődhessen. A földigiliszták a felszínről a talajban lévő járataikba húzzák a növényi részeket, majd aprítják azokat. Az ürülékük pedig a talaj épülésében nagyon hasznos anyag. Szerencsére sokat is termelnek belőle, 0,5-25 kg/m/év közötti mennyiséget (Szabó 1986).

- Mállás:

A mállás következtében válik elérhetővé a talaj ásványi anyaga. A kőzetek mállása során jön létre a talaj kialakulásához szükséges anyag, majd ennek további bomlása során tudnak kialakulni az ásványi kolloidok.

- Kilúgzás:

A kilúgzás akkor indulhat el, ha a talajban a talajoldat mozgása lefelé irányuló, a kémhatás és a redoxi viszonyok megfelelőek, illetve oldható anyagok jelen vannak. Az oldható anyagok lefelé vándorlásának következményei a felhalmozódási zónák, melyeket szintén a kilúgzás folyamatához sorolunk.

- Agyagosodás:

Az agyagosodás a szilikátok bomlása, melynek következtében kolloid mérettartományú ásványok jönnek létre. Az agyag mérettartományba tartozó szemcsék aránya megnő a talajban.

- Agyagbemosódás:

Savas és lúgos viszonyok között egyaránt lejátszódhat, hogy a felsőbb talajszintekből az agyag az alattuk elhelyezkedőbe vándorol és ott felhalmozódik.

- Podzolosodás:

A podzolosodás folyamata során az agyagásványok az alacsony pH hatására szétesnek és a szelvényben lefelé vándorolnak. Felismerhető az erős textúrdifferenciálódásról és a felső szintek színének erős kontrasztjáról (piszkosfehér felszíni szint és barnászörös felhalmozódási szint). A podzolosodáshoz hasonló folyamat szikes talajokban a lúgos kémhatás következtében végbemenő szologyosodás.

- Kovárványosodás:

A kovárványosodás szintén jellegzetes alakzatairól ismerhető fel. Homokos textúrájú talajokban kialakuló sötét színű csíkok jellemzik, amik a talajban lefelé mozgó talajoldatból kicsapódó anyagok felhalmozódásai.

- Glejesedés:

A glejesedés akkor jön létre, ha a talaj levegőtlené válik és a benne található anyagok redukciója végbemegy. Leglátványosabb formái a talajvíz és a pangóvíz hatására vegyértéket váltó vas által megszínezett formák.

- Szikesedés:

A szikesedés akkor történhet, ha a talajkolloidok felületén megnő a Na-ionok aránya. Ennek feltétele, hogy a talajoldatban nagy mennyiségben könnyen oldható sók legyenek jelen.

- Láposodás:

A láposodás abban az esetben alakul ki, ha az év egészében vagy nagy részében vízborítás alatt áll a talaj. Ennek következtében a szerves anyag bomlása levegőtlen körülmények között zajlik.

3.2 A földigiliszták

A giliszták, az elsők, akik eszünkbe jutnak, ha a talajban lakó szervezetekre gondolunk. Rendszertanilag a gyűrűsférgék (*Annelida*) törzsébe, a nyeregképzők (*Clitellata*) osztályába és a kevésértéjűek (*Oligochaeta*) alosztályba tartozó *Lumbricina* alrendbe sorolhatók. Ezen belül számos családban a világon több ezer fajt ismerünk. Kinézetük jellegzetes, hosszú, hengeres testükön láthatóak a szelvények, melyek felépítik azt. Az egynemű szelvényekből felépülő testre jellemző a hasoldali lapítottság. A feji végen fejlebeny van, melynek alakja faji bélyeg. A

testet borító serték állása egyaránt fontos bélyeg, funkciójuk, hogy segítsék az állatot a helyváltoztatásban és a kapaszkodásban a járataikban (Zicsi, 1990; Kiss, 1999; Csuzdi és Zicsi, 2003). A földigiliszták mozgásukat testük megnyújtásával és rövidítésével szabályozzák, bőrizomtömlőjük segítségével (Szabó 1986). Hátukon egy pórus található, amiből cölomafolyadékot juttatnak ki a testük nedvesen tartásához.

Emésztőkészülékük jól tagolt, a garat falában mirigyek találhatók. Ezek segítik a táplálkozást, a táplálék nedvesítését. A Morren-féle mészmirigyek a nyelőcsőhöz kapcsolódnak, szerepük, hogy a vérből felvegyék a kalcium-ionokat, azokat kalcit-kristállyá alakítják, majd a bélcsövön keresztül kiürülnek a szervezetből. A giliszták számára ez azért hasznos, mert a járataik falát szilárdítja a kalcium. Az emésztőrendszer további részében extracelluláris emésztés megy végbe. A földigiliszták főként elhalt növényi részekkel táplálkoznak. A növényi táplálékkal együtt talajszemcséket is elfogyasztanak, hogy az segítse a táplálékot őrölni.

Külön légzőszervük nincsen, a bőrükön keresztül, diffúzióval lélegeznek. Keringési rendszerük zárt, a vér áramlását aortaívek biztosítják. Faji bélyeg lehet a már említetteken kívül a vesécske megléte és milyensége vagy éppen a hiánya. Jelentős ammónia leadás jellemző rájuk.

A földigiliszták idegrendszere agydúcból, szelvényenkénti dúcpárokból, illetve az ezeket összekötő hosszanti és harántékágakból áll (Zicsi, 1990).

Hímű állatok, az ivarszervek nyílásai a hasoldalon nyílnak a külvilágra (Kiss 1999).

Női ivarszerveik a 14. szelvényen, míg a férfi ivarszervek a 15. szelvényen találhatóak, de helyzetül fajoként eltérő lehet (Zsicsi, 1990; Kiss, 1999). Néhány faj önmegtermékenyítéssel is képes szaporodni, de jellemzően kölcsönös megtermékenyítéssel szaporodnak. A szaporodásban van szerepe a nyeregnek, mely egyben jól látható fajbélyeg is (Kiss 1999). A nyereg mellett termelődő nyálkás anyagból képződik a kokon, ahol a megtermékenyítés történik. A nyálkás anyag végighalad az állat testén, felveszi a hím, majd a női ivarsejteket, ezt követően leválik az állat testéről a feji végen (Zicsi, 1990).

Mint láthatjuk, a giliszták számos fontos funkciót látnak el a talaj ökoszisztémájában. Táplálkozásukkal hozzáférhetőbbé teszik az elhalt növényi részeket a mikroközösségek számára, hiszen aprítják és a felszínről a talajba szállítják azt. Ezáltal a szerves anyagok lebontását gyorsítják, a talajosodás folyamatát elősegítik (Szabó 1986). A szerves részeket elegyítik és átkeverik az ásványi alkotókkal. Járataik segítségével növelik a talaj oxigén ellátottságát, javítják a talaj szerkezetét és vízháztartását (Kiss 1999).

A földigilisztákat életmódjuk szerint három csoportba sorolhatjuk:

- **Bomló szerves anyagon élők:** a talajfelszínen avarban, bomló szerves anyagban vagy korhadó fákban élnek. Ebbe a csoportba elsődleges lebontó fajok tartoznak.
- **Mélyben aknázó fajok:** csak táplálékért és táplálkozni jönnek a felszínre, de mélyre nyúló járataikban élnek. Szintén elsődleges lebontók.

Azokra a fajokra, melyek ebbe a két csoportba tartoznak jellemző a vöröses-barnás szín, vagyis sötétebb pigmentáltság. Mivel elsődleges lebontók, így feladatuk a szerves anyag feltárása, a darabolás, előkészítés.

- **Az ásványi talajszintek lakói** alkotják a harmadik csoportot. Ezek a másodlagos lebontók. Olyan szerves anyaggal táplálkoznak, ami már átesett bizonyos fokú átalakításon és humifikációja megkezdődött. Nagy szerepük van az agyag-humusz komplexek kialakításában. Ha a körülmények szélsőségessé válnak, képezhetnek úgynevezett diapauzát, mely egy ürülekéből készített kamrácska, ami véd a hideg vagy a szárazság ellen (Zicsi, 1990).

Erről a csoportosításról Örley 1885-ös írásában olvashatunk először, azonban ő még nem nevezte el a csoportokat (Örley, 1885). Leírása azonban helytálló volt és közel száz évvel később Bouché ugyanezen kritériák alapján nevezte el a bomló szerves anyagon élőket epigeikusoknak, a mélyben aknázó fajokat anexikusoknak, az ásványi szintek lakóit pedig endogeikusoknak (Bouché, 1977). A későbbiekben – az általunk talált földigiliszták jellemzése során – Örley csoportosításának Bouché-féle elnevezéseit fogjuk használni.

3.2.1 Földigiliszta fajok

Az alábbiakban röviden ismertetjük azokat a földigiliszta fajokat, melyeknek egyedeit a kutatásunk során kinyertünk. Az 1-3. ábrán az ismertetett fajok láthatóak.

- ***Aporrectodea rosea***

A testhossza 20-110 mm közötti, átmérője 2-4 mm, 100-150 szegmensre tagolódik. A színe általában világos, de pigmentált, ritkán vöröses. A fejlebeny epilobikus, a nyereg a 23,24,25-32,33-as szegmenseken található, nyereg alakú. A hím ivarnyílás a 15. szegmenszen található. Az ásványi talajszintek lakója (endogeikus).



1. ábra: *Aporrectodea rosea*

forrás: Dr. Simon Barbara

- ***Lumbricus terrestris***

A *Lumbricus terrestris* az egyik legrégebben leírt faj. Küllemére jellemző, hogy pirosas lilás a színe, 90-300 mm testhosszú. A hím ivarnyílás a 15. szegmensen található. Fejlebenye tanilobikus, a sertéi szűk állásúak. Mélyben aknázó (anecikus) faj.



2. ábra: *Lumbricus terrestris*

forrás: Dr. Simon Barbara

- ***Aporrectodea caliginosa***

A testhossz 50-150 mm, az átmérő 2-4 mm, a test 100-180 szegmensre tagolódik. A színe általában barna, de ritkán zöldes is lehet. Pigmentáltság mindig van, legalább a test feji oldalán. A fejlebeny epiloikus, a serték állása szűk. A nyereg a 25,26-34,35-ös szegmenseken található, nyereg alakú. A serdülési dudorok a 31-33. szegmensen helyezkednek el. Életmódja szerint endogeikus (ásványi talajszintek lakója).



3. ábra: *Aporrectodea caliginosa*

forrás: [http1](http://)

A földigilisztáknak – szaprofág szervezetekként – fontos szerepük van a humuszképződési folyamatokban és ezen keresztül a talajok szerkezetének és a minőségének javításában. Annak ellenére, hogy szabad szemmel is jól láthatóak és jellegzetes külsejük miatt könnyen felismerhetők vizsgálatuk mégis nehézkes, hiszen a föld alatt élnek. Ahhoz, hogy minőségi vagy mennyiségi vizsgálatot hajtsunk végre valahogyan ki kell őket választanunk a közegből, ahol élnek. Erre számos módszer létezik, melyeket alább röviden ismertetünk.

3.3 Földigiliszták kivonására alkalmazott módszerek

3.3.1 Formalinos kivonás

Ennek a módszernek az alapja az, hogy a formaldehid vizes oldata már kis koncentrációban is irritálja a gilisztákat, így, ha a járataikat elárasztjuk vele a felszínre jönnek. A módszer hatásfoka magas, azonban vannak hátulütői. 1959-ben Raw volt az első, aki részletesen írt a formalin használatáról giliszták kinyeréséhez. A hatékonysága a korábban használt kézi válogatáshoz képest magasabb, emellett a költségek is alacsonyabbak és kevesebb munkával jár a használata (Raw, 1959). Olyannyira elterjedt módszer, hogy az ISO-23611-1-es szabvány is a használatát írja elő a kézi válogatással kombinálva. A magas hatásfok ellenére egyre kevesebbet használják és alternatívát keresnek, hiszen a formalin a környezetre káros és az emberre rákkeltő (ISO-23611-1; Gunn, 1992).

3.3.2 Kézi válogatás

A legrégebben használt és leginkább elterjedt módszer. A meghatározott területen a kiásott talajból a gilisztákat kiválogatni meglehetősen munka -és időigényes feladat. A hatékonysága megfelelő, a felszerelés igénye nem nagy. Hátránya, hogy a talaj és a növényborítottság függvényében nem mindenhol lehet alkalmazni, illetve védelem alatt álló területeken sem

minden esetben szabad ásni. A módszert és hatékonyságát egy későbbi bekezdésben részletesebben ismertetjük.

3.3.3 Kálium permanganátos kivonás

A kálium permanganát használata már kevésbé van jelen a gyakorlatban. Satchell 1969-es gyűjtő cikkében, ahol több módszert is ismertet azt írja a hatékonysága változó, mert a fajok eltérően reagálnak rá, illetve a talaj típusa és állapota befolyásolja a beszivárgást (Satchell, 1969). Ezzel szemben Gunn a több módszert összehasonlító vizsgálata során arra az eredményre jutott, hogy a kálium permanganát hatékonysága nagyobb a formalinnál és egyező a mustáréval (Gunn, 1992).

3.3.4 Elektromos kivonás

Ennek a módszernek az elve az, hogy elektromos áramot vezetnek a talajba, aminek hatására a giliszták a felszínre menekülnek. Előnye, hogy bolygatás nélkül használható, illetve a talaj-növény rendszer működését nem befolyásolja negatívan (Staddon et al., 2003).

3.3.5 Vizes rostálás

A módszert Satchell 1969-es cikke említi, de nem igazán elterjedt. Ennek oka valószínűleg a jelentős víz -és időigény. A módszer alkalmazására kevés példát találtunk, de Daugbjerg és kollégái használták egy kutatásukban a kézi válogatást kiegészítendő. Ennek oka az volt, hogy a legkisebb (1 mm-es rácsközű) szitán már az éppen fejlődésnek induló fiatal egyedek is elválaszthatók a talajból (Daugbjerg et al, 1998).

3.3.6 Hevítéses kivonás

A módszer lényege, hogy a gyökérzónában megbújó egyedeket is ki tudjuk nyerni. Ebből kifolyólag olyan területek vizsgálata során hasznos kiegészítése más módszernek, ahol a vegetáció gyökérzete sűrű, nehezen átvizsgálható. Satchell összefoglalójában a leírás szerint víz fölé kell tenni a vizsgált gyökér-talaj szőnyeget, majd ezt erőteljesen melegíteni. Ennek hatására néhány óra elteltével a gilisztákat a vízből tudjuk összegyűjteni. Mint látható, ez a módszer eszköz, -energia -és rendkívül időigényes (Satchell 1969).

3.3.7 Mustáros kivonás

Ez a módszer a vizsgálatunk tárgya, hiszen a hatékonyságáról eltérő eredményeket olvashatunk. Az elv az, hogy a mustár vizes szuszpenzióját a talajra locsolva, a mustár allil-izotiocianát tartalma irritálja a gilisztákat, ezért a felszínre jönnek. Nem kifejezetten elterjedt, pedig a mustár

környezetbarát, a gilisztákra nem halálos, és a költségei sem kifejezetten magasak. Ezzel szemben a vízigény ez esetben is jelentős.

A földigiliszták kivonására alkalmazott módszerek előnyeit és hátrányait az 1. táblázatban találjuk.

1. táblázat: A földigiliszták kivonására alkalmazott módszerek előnyei és hátrányai

Földigiliszták kivonására alkalmazott módszer	Előnyök	Hátrányok
Formalinos kivonás	magas hatásfok	emberekre rákkeltő, a környezetre káros, nagy vízigény
Kézi válogatás	megfelelő hatásfok, alacsony felszerél igény	idő -és munkaigény magas
Kálium permanganátos		változó hatásfok
Elektromos kivonás	bolygatás nélkül használható	felszerelés igényes, magas költség
Vizes rostálás	magas hatásfok	idő -és vízigény magas
Hevítéses kivonás	gyökérzónában megbújó egyedek is kinyerhetők	eszköz -energia -és időigényes
Mustáros kivonás	környezetbarát	nagy vízigény

3.4 A kézi válogatásos módszer – ISO 23611-1

A módszer végrehajtásáról néhány bekezdéssel fentebb, illetve az Anyag és Módszer című részben található további leírás. A hatékonysága megfelelő, a legrégebben alkalmazott módszer. A hatékonyságára vonatkozó kutatások közül Raw (1960) kísérletében a kézi válogatást követően a talajt és a növényi részeket külön vizsgálták. A növényi részeket vízben áztatták, a talajt 2 mm-es szitán szitálták majd magnézium-szulfát segítségével kiválasztották a gilisztákat. Ez alapján a kézi válogatás hatékonysága az egyedszámot tekintve 52%-os, a biomasszát tekintve 84%-os volt.

Nelson és Satchell kísérletükben a talajban eredetileg jelen lévő gilisztákat lefagyasztották, majd ismert számú egyedet helyeztek a talajba. A kézi válogatást ezután elvégezték, melynek hatékonyságára 93%-ot kaptak, biomasszát tekintve 99%-ot (Nelson és Satchell, 1962).

Ezekből az adatokból is látható, hogy ez a módszer kellően hatékony, azonban ezt támasztja alá az a tény is, hogy létezik rá ISO szabvány. Az ISO (International Organization for Standardization) azért jött létre, hogy az iparban használt technológiák egységessé tételét segítse, ezzel egyfajta minőségbiztosítást létrehozva. Ezen túl, azok a tevékenységek, melyeket

a szabvány előírását betartva végeznek könnyedén összehasonlíthatóvá válnak. A kutatásunk során is ezért végeztük a kézi válogatást az ISO 23611-1 2006-os szabvány szerint. Ez a szabvány azért jött létre, hogy segítse a talajélet felmérését, a talajlakó állatok vizsgálatát és a kémiai anyagok talajlakókra való hatásának vizsgálatát.

A szabványban a kézi válogatás és a formalinos kivonásos módszerek együttes alkalmazását javasolják, azonban ezek a részek külön is alkalmazhatóak, ahogyan mi is csak a kézi válogatást alkalmaztuk a kutatásunkban. A szabvány leírása kitér rá, hogy a mintavétel során a helyi viszonyoknak megfelelő oldalú, de 20 cm mély téglalapot érdemes kiemelni a talajból, majd abból kézzel vagy csipesszel kiszedni a gilisztákat. Ezt követően 70%-os etanolban, majd 24 óra elteltével 4%-os formalinban kellene az egyedeket tárolni, azonban mivel a kísérletünk során arra törekedtünk, hogy a legtöbb állat élje túl az kivonást, mi élve vittük be őket a laboratóriumba vizsgálatra, majd szabadon engedték őket.

A szabvány részletesen leírja a formalinos kivonás lépéseit, melyeket az előzőekben ismertettünk. Ezt követően a szabvány leírja a biomassa meghatározás folyamatát, melyet az adatok feldolgozása követ.

3.5 A mustáros kivonás

Az ISO-23611-1-es szabványban a formalinos és kézi válogatásos módszereken túl rövid ismertetés szerepel további módszerekről is, köztük a mustár-szuszpenziós kivonásról is. A hatékonyságot tekintve vegyesnek vagy kevésbé hatékonynak tekintik, mint a formalin használatát. Ennek ellenére a kézi válogatással kombinálva javasolják a használatát.

1992-ben Gunn a kísérletében úgy találja, hogy a mustár használatával jobb eredményt lehet elérni, mint a formalinnal és javasolja használatát. Ez a kutatás kész mustár készítményt használt (Gunn 1992). Ezt követően a hatékonyságra vonatkozó kutatások már vegyesebb eredményeket hoztak. Chan és Munro (2000) a kész készítményt és a mustár port is vizsgálták, a formalinnal is összehasonlítva. Eredményeik alapján a mélyben aknázó (anexikus) fajok esetében a mustár hatékonyabb a formalinnál. A mustárpor előkészítéséhez azt ajánlják, hogy egy éjszakát ázzon ecetsavban, ezt követően érdemes vízzel hígítani (Chan és Munro 2000). Lawrence és Bowers (2001) azt ajánlják, hogy a mustárt minimum 4 órán keresztül vízben áztassuk a felhasználás előtt. Hatékonyság szempontjából megfelelőnek találják, illetve az általuk vizsgált 6 féle terület között nem találtak szignifikáns eltérést (Lawrence és Bowers 2001).

A mustár azért alkalmas a giliszták kivonásában való alkalmazásra, mert a csípősségét okozó allil-izotiocianát irritálja a földgilisztákat. Az allil-izotiocianát (AITC) a káposztafélékben lévő glüközinoátok természetes bomlásterméke (Zaborski 2003). A családban több növényre is jellemző ugyanez az anyag (pl: torma, retek), illetve a hasonló csípősség (Hirasa és Takemasa 1998). Az AITC akkor szabadulhat fel, ha a növényt sérülés éri, ezért alkalmaztunk a kísérlethez darált mustármagot, hogy jobban érvényesüljön a csípős hatás. Arra vonatkozóan, hogy átlagosan mennyi AITC van a mustárban sajnos nem sok adat van. Pelosi et al. (2014) vizsgálatukban kész termékként kapható mustárok AITC tartalmát vizsgálták, majd arra jutottak, hogy az idővel csökken, illetve, hogy AITC vegyülettel sokkal stabilabban lehet beállítani a giliszták kivonására a kísérletet. Ennek ellenére mégis azt kapták eredményül, hogy a mustáros módszer nem tér el szignifikánsan az AITC oldatostól. A mustár használatának egy fejlesztésre váró területére mutat rá az írásuk, hiszen – főként kész termék esetén – nem lehetünk benne biztosak, hogy pontosan milyen összetevői vannak a terméknek, illetve, hogy a benne lévő mustárnak mekkora az AITC tartalma. Ahhoz, hogy ezt minél inkább kiküszöböljük, a kutatásunkban őrölt fehér mustármagot használtunk, melyet 0,5 kg-os kiszerelésben szereztünk be. Így tudtunk a lehető legtöbb mintapontra azonos csomagból származó mustárt kijuttatni.

4. Anyagok és módszerek

4.1 A mintavétel folyamata

A kutatás első lépéseként – a szakirodalom megismerését követően – előkészítettük a terepi kísérletet. A kézi válogatásos módszert régóta ismerjük, minden eszközünk rendelkezésre állt. A mustáros kivonás módszerrel azonban ez volt az első próbálkozásunk, ezért először is elegendő mustárt kellett beszerezni. Mivel a kísérletünkben 4 helyszínen 5-5 mintázást terveztünk, 5 l oldattal, 1200 g őrölt mustárt vettünk, hogy a 12 g/l-es koncentrációt tartani tudjuk. A terepi napot megelőzően a szükséges mustár nagy részét egy koncentráltabb arányban bekevertük, azonban nem állt rendelkezésre megfelelő mennyiségű tároló, így sajnos nem az összeset. Lawrence és Bowers (2001) egy, a miénkhez nagyon hasonló kísérletük leírásában min. 4 óra áztatást javasolnak, míg Chan és Munro (2000) egy éjszakás ecetsavban áztatás után hígították tovább az oldatot. Ezek alapján úgy gondoltuk a koncentrátum készítés egy nappal korábban, majd helyszínen hígítás megfelelő módszer lesz. A koncentrátumok 1 l-je 5 l kész oldathoz elegendő mustárt tartalmazott. A 4-es és 5-ös ábrán a kísérlet előkészületei láthatók.



4. ábra: A mustár szuszpenzió koncentrátumok és a kísérlethez szükséges víz
Forrás: saját fotó

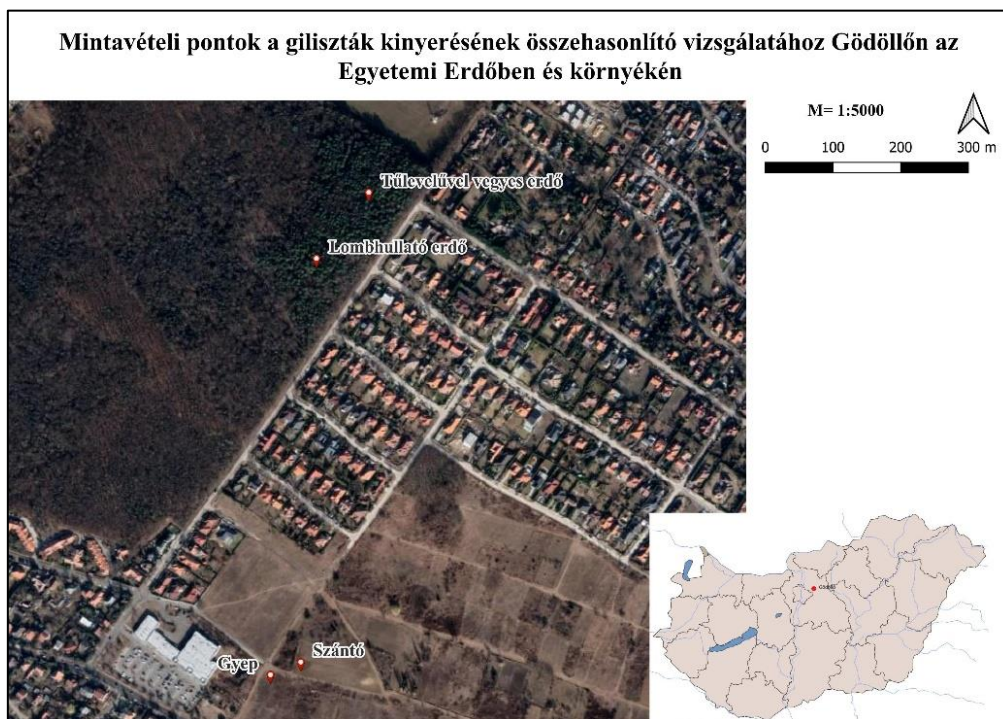


5. ábra: A kísérlethez használt őrölt mustármag
Forrás: saját fotó

4.2 A mintavételi terület ismertetése

A kutatáshoz szükséges terepi munkát 2024 március 13-án végeztük Gödöllőn. Gödöllő a Kárpát-medencében az Északi-középhegységben, a Gödöllői-dombság kistájban helyezkedik el (Marosi és Somogyi, 1990). Az éghajlat a kistájban átmeneti a hegyvidéki és az alföldi között, hiszen az Alföld és az Észak-magyarországi-középhegység között fekszik. A talajtani viszonyok is hasonló átmeneti jelleget mutatnak, az alapkőzet nagyrészt lösz, homok. Mivel a

természetes növénytakaró erdő volt, a kialakult talajok erdőtalajok. Azonban a terület évszázadok óta lakott és művelt, ennek megfelelően megtalálhatóak átmeneti jelleget mutató talajok is. Mivel a környék sokáig királyi vadászatok kedvelt helyszíne volt, legeltetésre használták, majd a szántóföldi növénytermesztés került előtérbe, az eredeti erdők átalakultak, helyenként tájidegen fajok is fellelhetők (pl. fekete fenyő, akác). Illetve jelentős területeket kezdtek szántani, ami erőteljes erózióhoz vezetett.



6. ábra: A mintavételi területek műholdképen ábrázolva
forrás: saját térkép, Google maps műhold felvétel felhasználásával

A mintavételi területeink a korábban Fácánosnak nevezett városrészben voltak, ami az urbanizáció következtében mára kertvárosi övezet lett (6. ábra). A mintavételi területek kiválasztási szempontja a növényborítottság, illetve a művelés volt. Négy területünk közül egy tülevelű erdős vegetációjú, egy lombhullató erdős vegetációjú, egy gyepes, a negyedik szántott volt (7. ábra). A szántott terület 2023 őszén volt szántva a több éves gyakorlatnak megfelelően.



7. ábra: A mintavételi területek (felső sor: tűlevelűvel vegyes erdő, lombhullató erdő, alsó sor: gyepes vegetáció, szántó)

Fotó: Dr. Simon Barbara

Végül így is területenként átlagosan 1 óra alatt meg tudtuk csinálni mindkét módszer 5-5 ismétlését. A kézi válogatáshoz 20 cm-es élű kockákat emeltünk ki a talajból egy műanyag fóliára, majd azon átnéztük a talajt, hogy a gilisztákat megtaláljuk benne (8-as és 9-es ábra). A talált egyedeket kis üvegekbe tettük némi talajjal, illetve talajmintát is vettünk, melyeket műanyag mintatartó zacskókba tettünk.



8. ábra: Kézi válogatáshoz kiemelt talaj
Fotó: Dr. Simon Barbara



9. ábra: Kézi válogatás
Fotó: Dr. Simon Barbara

A mustáros kivonáshoz elvégeztük a hígítást, majd öntözőkannával egyenletesen belocsoltunk egy 50x50 cm-es négyzetet, ahol a talajfelszínt előzetesen kissé letisztítottuk. A locsolást követően 10-15 percet vártunk, néhány alkalommal akár 30 percre is szükség volt (10-es és 11-es ábra).



10. ábra: 50 x 50 cm-es terület előkészítése a mustáros kivonás módszerhez
Fotó: Dr. Simon Barbara



11. ábra: A kijuttatott mustár szuszpenzió nyomai
Fotó: A szerző képe

Az időjárás a mintavétel napján kellemes volt, 15 C°-os hőmérséklettel, többnyire napos égbolttal. A mintavételt megelőző héten jelentős csapadék hullott a területen, ami a beszivárgást lassíthatta, de az előző napon száradni tudott a talaj.

Az előre kevert koncentrátumunk a 3. terület mintázása közben fogyott el, így ott frissen kevertünk be a mustár őrleményt. Meglepetésünkre, ez sokkal nagyobb hatást ért el, intenzívebben jöttek ki a giliszták a talajból. Azokat a gilisztákat, amik a mustáros locsolás hatására találtunk, a helyszínen tiszta vízzel lemostunk.

4.3 A földgiliszták fajmeghatározása

A terepi munka végeztével a gilisztákat és a talajmintákat a Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem Szent István Campusának Talajtani laboratóriumába szállítottuk. Az egyes mintavételi pontokból a mustáros és a kézi válogatásos módszerrel kinyert gilisztákat külön üvegcskébe tettük, kevés talajjal. A laboratóriumban a csoportokról a talajt lemostuk egy petri csészében víz segítségével. Ezt követően leitattuk róluk a vizet, majd a gilisztákat mintavételenkénti csoportokban megmértük. Ha lehetséges volt megállapítottuk, hogy fiatal (juvenilis) vagy felnőtt (adult) egyedekről van-e szó. A felnőtt egyedek fajtát Csuzdi és Zicsi (2003) alapján állapítottuk meg külső bélyegek alapján. Ezt követően szabadon engedték őket.

4.4 A talajok vizsgálata

4.4.1 Fizikai paraméterek

A talajokból elsőként **nedvességtartalom** meghatározást végeztünk, szárítószekrényes módszerrel. Ennek lényege, hogy a talajok nedves és száraz tömegének különbségéből következtetünk a talajok nedvességtartalmára.

A vizsgálathoz a mintákat jól záródó mintatartó zacskókban szállítottuk a laboratóriumba, majd a mintákból ismert tömegű tartókba 10-10 g-ot centigrammos pontossággal mértünk. Az adatokat feljegyeztük, majd a mintákat szárítószekrényben 105 °C-on tömegállandóságig szárítottuk. Ezt követően a tartókkal együtt ismét lemértük a tömegüket centigrammos pontossággal. Az alábbi képlet segítségével tömegszázalékban megkaptuk a minták nedvességtartalmát:

$$W\% = \frac{a - b}{b - c} * 100$$

ahol:

W%: a talaj nedvességtartalma a száraz talaj százalékában

a: a tartó és a nedves talaj együttes tömege

b: a tartó és a száraz talaj együttes tömege

c: az üres tartó tömege

(Buzás 1993).

A további vizsgálatokhoz szükség volt a talajminták előkészítésére. A mintákat légszárazra szárítottuk, majd a bennük található növény maradványokat, illetve köveket és antropogén eredetű anyagokat eltávolítottuk, amennyire csak tudtuk. Ezután talaj darálógéppel 2 mm-esre daráltuk őket.

Az így előkészített mintákból végeztem az **Arany-féle kötöttség** meghatározását. A módszer lényege, hogy a száraz talaj vízfelvevő képessége annak függvényében változik, hogy a finom szemcsék aránya mekkora a mintánkban (Buzás, 1993). Ezt a gyakorlatban úgy végezzük, hogy 100 g légszáraz, ledarált talajt mérünk egy porcelán mozsárba, majd egy cm³-es beosztású 100 cm³-es bürettából desztillált vizet adunk hozzá folyamatos kevergetés mellett. Ezt addig folytatjuk, míg csomómentes, egységes pépet kapunk. Tovább adagoljuk a vizet cm³-enként

egészen addig, míg a porcelán törőt a masszába nyomva, majd kihúzva kis fonál marad a törőn, aminek a vége elhajlik, ha a törőt megfordítjuk. A 12. ábrán egy ilyen fonál látható.



12. ábra: Arany-féle kötöttség vizsgálatnál megjelenő fonál

fotó: A szerző képe

A desztillált víz fogyása ekkor megadja az Arany-féle kötöttségi számot (jele: K_A , nincs mértékegysége). Ennek a számnak a segítségével, az alábbi (2.) táblázat alapján tudjuk megállapítani a talajunk fizikai féleségét (Buzás 1993):

2. táblázat: A fizikai talajféleség meghatározása Arany-féle kötöttségi szám segítségével:

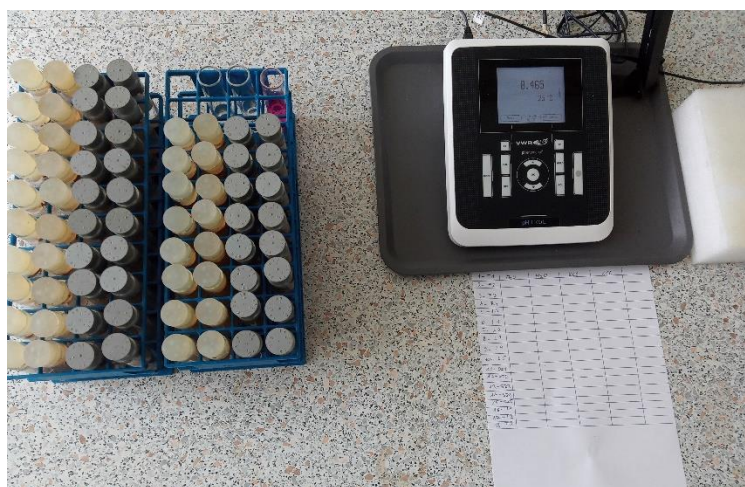
Fizikai talajféleség	K_A - Arany-féle kötöttségi szám
Durva homok	<25
Homok	25-30
Homokos vályog	31-37
Vályog	38-42
Agyagos vályog	43-50
Agyag	51-60
Nehéz agyag	61-80

4.4.2 Kémiai paraméterek

A talajok kémiai paramétereit két féle méréssel vizsgáltuk.

Elsőként a **kémhatást** határoztuk meg (pH H_2O és pH KCl). A szárított, ledarált talajmintákból 5-5 g-ot üveg kémcsövekbe mértünk, minden mintából 2-2 ismétlést készítve elő vizes és KCl-os méréshez. A KCl oldat elkészítéséhez 1 l desztillált vízben 74,55 g KCl-ot

oldottunk fel. Ezt követően minden 5 g talajhoz 12,5 ml KCl oldatot vagy desztillált vizet adtunk hozzá. A kémcsöveket gumidugóval lezártuk és a szuszpenziókat alaposan felráztuk. A mérést kb. 12 órával később kezdtük meg a VWR pHenomenal pH 1100 L pH mérő készüléken. Elsőként bekapcsolás után fél órát hagytuk melegedni a műszert, majd 4-es, 7-es és 10-es pH-jú kalibráló oldatokkal kalibrálást végeztünk. Ezután elsőként a vizes pH mérését végeztük el mindegyik mintának két ismétlésben. Az újabb kalibrálást követően a minták KCl-os pH-ját mértük le szintén két ismétlésben. Az egyes mérések között a műszer üveg elektródját desztillált vízzel lemostuk a mérés pontosságának biztosítása érdekében (Buzás 1988). A 13. ábrán a pH méréshez előkészített eszköz és minták láthatók.



13. ábra: VWR pHenomenal műszer és a méréshez előkészített minták
Fotó: a szerző képe

A minták **CaCO₃ tartalmának** vizsgálatát HCl-os módszerrel végeztük. Ehhez egy óraüvegre, 10 %-os HCl-ra és a megfelelően előkészített talajminták néhány grammjára volt szükség. A HCl-ból cseppentettünk a mintára, majd vártuk, hogy érzékelünk-e pezsgést. Mivel egyik mintánál sem volt sem látható, sem hallható pezsgés, így megállapítható, hogy a mintáink nem tartalmaznak jelentős mennyiségű CaCO₃-at.

A **szerves anyag tartalom** meghatározásának klasszikus módja a Walkley-Black módszerrel történik. Ennek alapja, hogy a talajban található szerves szén oxidálható oxidáló szerek hozzáadásával (Walkley 1947). Azonban ez a módszer veszélyes vegyszerek használ, melyekből végtermékként veszélyes hulladék keletkezik, ezért kutatásunkban másik módszert választottunk.

A mintáink szén, nitrogén és kén tartalmának meghatározásához varioMAX cube CNS elemanalizátort használtunk. A mennyiségi analízis során a Dumas féle égetéses eljárást

alkalmaztuk. A módszer lényege, hogy az előkészített (szárított és darált) talajunkból néhány mg-ot 800-1200 °C közötti hőmérsékleten nagy tisztaságú oxigén áramban elégettünk. A keletkező gáz halmazállapotú reakciótermékeket a He vivőgáz egy redukáló közegen juttatja át. A gázelegyet ezt követően adszorbens oszlopokra vezetjük. Itt egyszerre végzünk tisztítást, illetve bizonyos komponenseket ideiglenesen megkötünk. A termikus deszorpciót követően a hővezetőképességet mérő detektor az egyes komponensek mennyiségét meghatározza (Nagy 2000).

A hővezetőképesség detektor jele, a bemérési tömeg és a kalibrációs görbe segítségével százalékos elemtartalom értéket kapunk. A kutatásunkban a kapott elemek mennyisége kevésbé fontos, azonban a talajok szerves anyag tartalma (SOM) annál inkább. Ahhoz, hogy ezt megkapjuk az alábbi képlet szerinti számítást kellett elvégeznünk:

$$(C \% - CaCO_3 \% * 0,12) * 1,714 = SOM \%$$

A bemért mintánkat 100%-nak tekintve tudtuk kiszámítani a C% értékét, ahogyan a CaCO₃ értékét is hasonlóan számítottuk volna, ha a HCl-es CaCO₃ mérés mutatta volna CaCO₃ jelenlétét. A 0,12-es szorzóra a molekulák felépítése miatt, míg az 1,714-es szorzóra a H/N arány miatt volt szükség. Az adataink kiértékelése során a talajok jellemzőinek statisztikai értékelésekor a C, N, S tartalom értékeit fogjuk felhasználni, azonban a szerves anyag tartalmat is ábrázoljuk.

4.5 Az adatok kiértékelése

A kapott adatokból a grafikonokat Excel táblázat segítségével készítettük, az ehhez szükséges elemzést ott végeztük. A grafikonokon a területhasználat szerint vett mintáink átlag értékeit ábrázoltuk.

Az adataink statisztikai kiértékelését az SPSS program segítségével készítettük. Az adatokra egytényezős varianciaanalízist végeztünk (one way ANOVA). Ezt a tesztet akkor érdemes használni, ha kettő vagy több független csoport közti szignifikáns eltéréseket szeretnénk kimutatni (http2). Ennek megfelelően mi az ANOVA segítségével arra kerestük a választ, hogy az egyes területhasználatok a vizsgált paraméterek (nedvesség tartalom, pH, C, N, S, giliszták száma és biomasszája a különböző kinyerési módszerekkel) kapcsán mutatnak-e szignifikáns eltérést. Ehhez T-próbát és Fisher-féle eljárást (LSD) (Lőkös 2009) használtunk, a szignifikancia szinthez 5%-os hibavalószínűséget választottunk. Az adataink korreláció

analíziséhez lineáris korrelációs analízist alkalmaztunk. A kapott 'r' (Pearson féle korrelációs együttható) értékekből a kapcsolat szorosságát tudtuk meghatározni (Lőkös 2010).

Továbbá végeztünk egy Főkomponens-analízist (PCA-Principle Component Analysis) is a talajok pH, nedvesség tartalom, C, N, S értékekre. A módszer lényege, hogy az adatokat koordináta rendszerbe rendezi, melynek tengelyei a variancia szerint alakulnak. A legnagyobb varianciák kerülnek az X-tengelyre, majd csökkenő sorrendben a továbbiakra ([http3](#)). A PCA-t a mintáink területi csoportosításához, illetve az abiotikus paraméterek viszonyainak megállapításához használtuk fel.

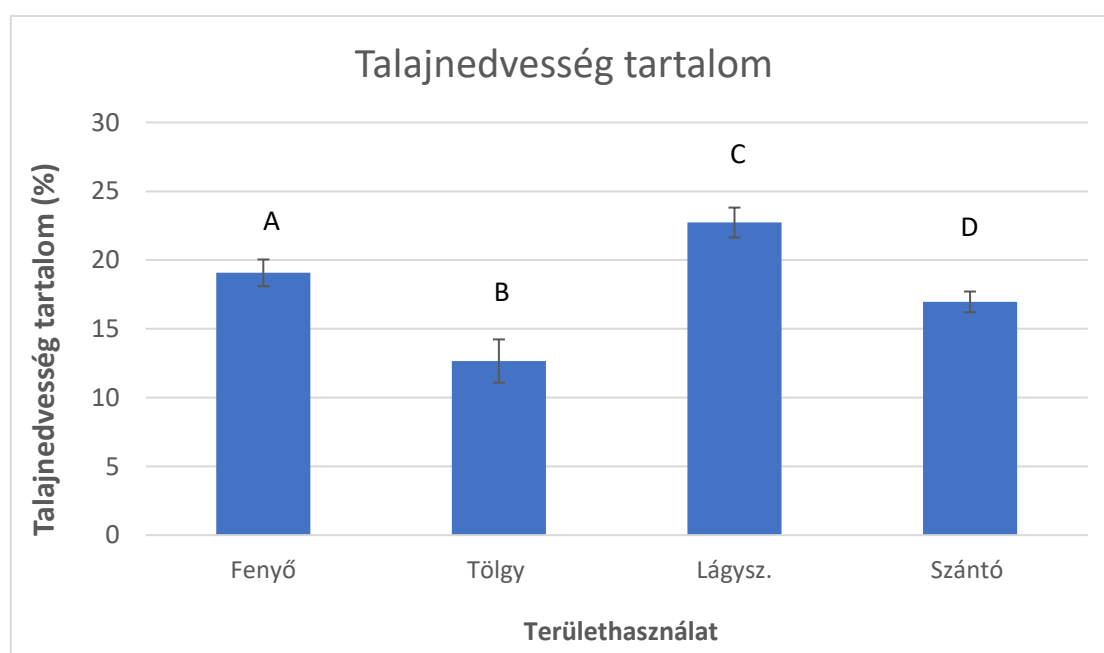
5. Eredmények és értékelésük

5.1 Talajok fizikai paraméterei

5.1.1 Nedvességtartalom

A talajok nedvességtartalmának vizsgálatát szárítószekrényes módszerrel végeztük (14. ábra). A mintákat területhasználatonként csoportosítottuk és átlagot számítottunk az eredményekből. Ez alapján azt az eredményt kaptuk, hogy a lombhullató (főként tölgy) fákkal borított terület talajának volt a legalacsonyabb a nedvességtartalma. Ezen a helyen csak 3 mintát vettünk, mivel a giliszta kinyerési módszereket is háromszor végeztük el. Ennek oka az volt, hogy szinte nem találtunk gilisztát. A giliszták hiánya és az alacsonyabb nedvességtartalom összefüggésben állhatnak a talaj homokos textúrájával.

A többi területen a nedvességtartalom értékek a várakozásainknak megfelelően alakultak. A legmagasabb érték a gyep lágyszárú vegetációja alatt volt, majd ezt követte a tűlevelűvel (fenyő) vegyes erdő és a szántó vegetáció nélküli talajának értéke ennél is alacsonyabb volt.



14. ábra: A talajnedvesség tartalom értékek területhasználatonkénti átlagértékei

(A, B, C és D jelölik, hogy a területek egymástól szignifikánsan eltérnek)

A statisztikai elemzésünk alapján a talajok nedvesség tartalma a négy területhasználat esetén szignifikánsan eltér egymástól. Az 'r' korrelációs együttható alapján pedig azt mondhatjuk, hogy a nedvesség tartalom szoros kapcsolatban áll ($r > 0,5$) a C tartalommal, a N tartalommal, a kézi válogatással kinyert giliszták egyedszámával és biomasszájával. A N tartalom és a

nedvesség tartalom igen szoros ($r > 0,9$) kapcsolatban vannak egymással. A korrelációs együtthatókat a 4. táblázatban találjuk, a melléklet fejezetben.

5.1.2 Arany-féle kötöttség

A talajok fizikai féleségét az Arany-féle kötöttség kézi keveréses módszerének segítségével állapítottuk meg. A lenti táblázat elkészítéséhez a talajokra vonatkozó értékeket területhasználat szerint átlagoltuk.

Ahogy fentebb már említettük, a lombhullató erdős terület textúrája az Arany-féle kötöttség módszere alapján homokos volt, a mintáink közül ennek volt érzésre a legdurvább a szövete. Úgy találtuk, hogy ez lehet az oka, amiért ezen a területen találtuk a legkevesebb gilisztát, illetve itt volt a legalacsonyabb a nedvességtartalom is.

A kötöttségi számok alapján a tülevelűvel vegyes erdő talajának textúrája a homok és a homokos vályog kategóriák határán volt, de jobban közelítette a homokos vályogot. A szántó talaja ezzel szemben már a homokos vályog tartományba sorolható. A gyepek volt a mintaterületeink közül a legfinomabb textúrája, mely vályog. A 3. táblázatban az Arany-féle kötöttségi számokat és a textúrát láthatjuk.

3 táblázat: Az Arany-féle kötöttségi számok átlagértékei és a textúra:

Területhasználat	Arany-féle kötöttségi szám	Textúra
Tülevelű erdő	31	homokos vályog
Lombhullató erdő	27	homok
Gyep	40	vályog
Szántó	31	homokos vályog

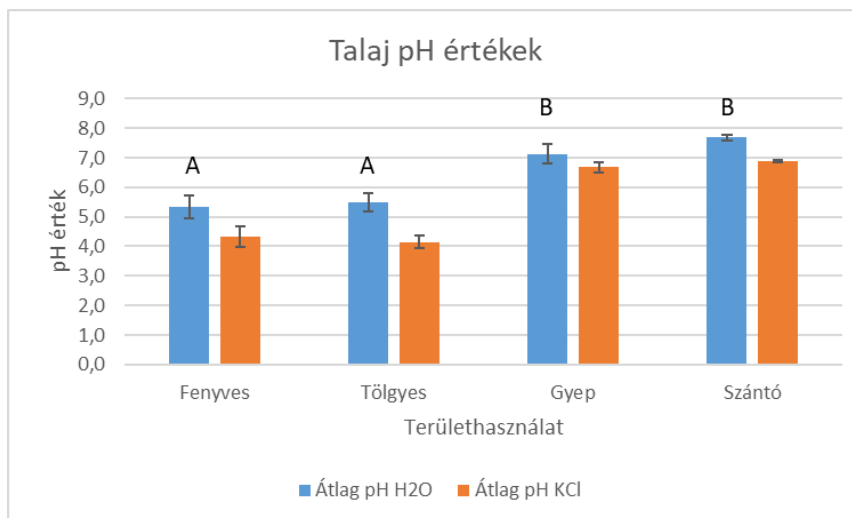
5.2 Talajok kémiai paraméterei

5.2.1 Kémhatás

A talajok kémhatását vizes és KCl-os módszerrel is meghatároztuk pH mérő műszer segítségével. Az egyes minták eredményeit ebben az esetben is területenként átlagoltuk.

A legalacsonyabb értékek – a várakozásainknak megfelelően – a tülevelűvel vegyes erdő talajához tartoznak (15. ábra). A gyepek és a szántó kémhatása egymáshoz közeli, de a másik két

területnél magasabb. A lombhullató erdő talaja, a tűlevelűvel vegyes erdőjéhez hasonlít, attól a pH csak néhány tizedes pontosságban mutat eltérést.



15. ábra: Kémhatás értékek területhasználatonkénti átlagai

(A és B jelölik, hogy mely területek hasonlítanak szignifikánsan)

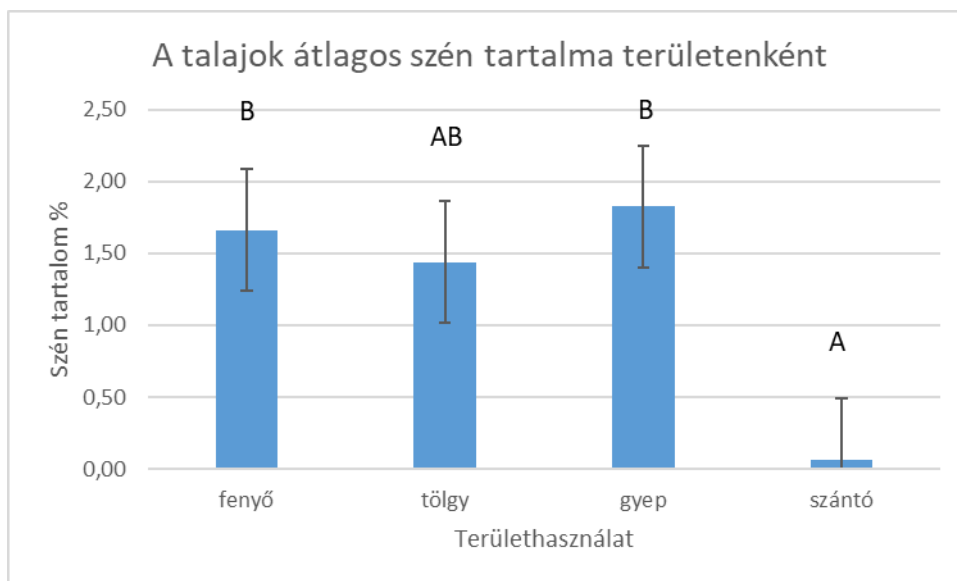
A statisztikai elemzést a pH (H₂O) -ra végeztük el, mivel a KCl-os is ugyanezt az eredményt mutatta volna. Az ANOVA alapján elmondható, hogy a két fás vegetációjú területünk (lombhullató és tűlevelűvel vegyes) egymással szignifikánsan megegyezik, ahogyan a másik két területünk is (gyep és szántó). A két csoport egymástól szignifikánsan különbözik. Ez a csoportosítás követi a mintavételi helyeink egymáshoz viszonyított földrajzi távolságát.

5.2.2 CaCO₃ tartalom

A minták CaCO₃ tartalmának vizsgálatát HCl-os módszerrel ellenőriztük. A néhány grammnyi előkészített talajra cseppentett 10%-os HCl nem váltott ki olyan reakciót, ami alapján CaCO₃ jelenlétére következtethettünk volna.

5.2.3 Szén és szerves anyag tartalom

A talajok C tartalmát a CNS elemanalizátor segítségével kaptuk meg. Ezekből az adatokból az állapítható meg, hogy a gyep vegetációjú terület talajának volt a legmagasabb a szén tartalma, mely a vegetáció típusának ismeretében nem meglepő. Ezt követte a tűlevelűvel vegyes, illetve a lombhullató erdő talaja. A legalacsonyabb széntartalom a szántott területen volt, mely szintén megfelel a várakozásainknak (16. ábra).

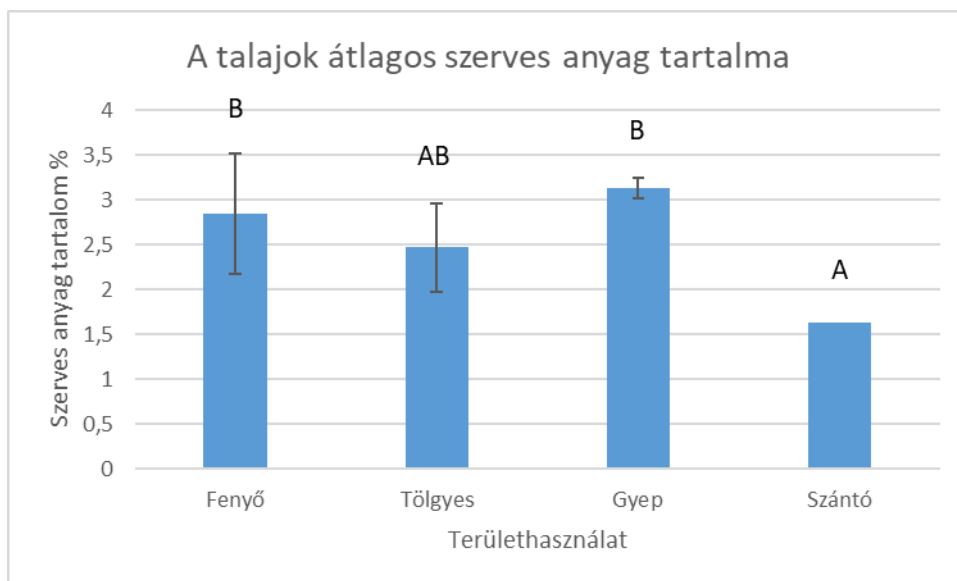


16. ábra: A talajok átlagos szén tartalma területenként

(A és B jelölik, hogy mely területek hasonlítanak egymásra szignifikánsan. AB mindkét csoporttól eltér)

A statisztikai kiértékelést a CNS elem analizátorról kapott eredményeken végeztük el. A statisztikai kiértékelés a C tartalom esetében azt mutatta, hogy a szántó szignifikánsan eltér a fenyőtől és a gyepetől, míg a tölgy egyiktől sem tér el szignifikánsan. A C tartalom szoros kapcsolatban áll a nedvesség tartalommal, illetve a kézi válogatással kinyert giliszták számával és biomasszájával. A korrelációs együtthatókat a 4. táblázatban találjuk, a melléklet fejezetben.

A talajok szerves anyag tartalmának megállapítását számolással végeztük a CNS analízis eredmények alapján. Mivel a számolás során a széntartalom egy állandó szorzót kap, így ezek az értékek ugyanolyan kapcsolatban állnak egymással, mint a széntartalom esetében. Az szántóra kapott érték közelítőleg a fele a gyepes területének (17. ábra).

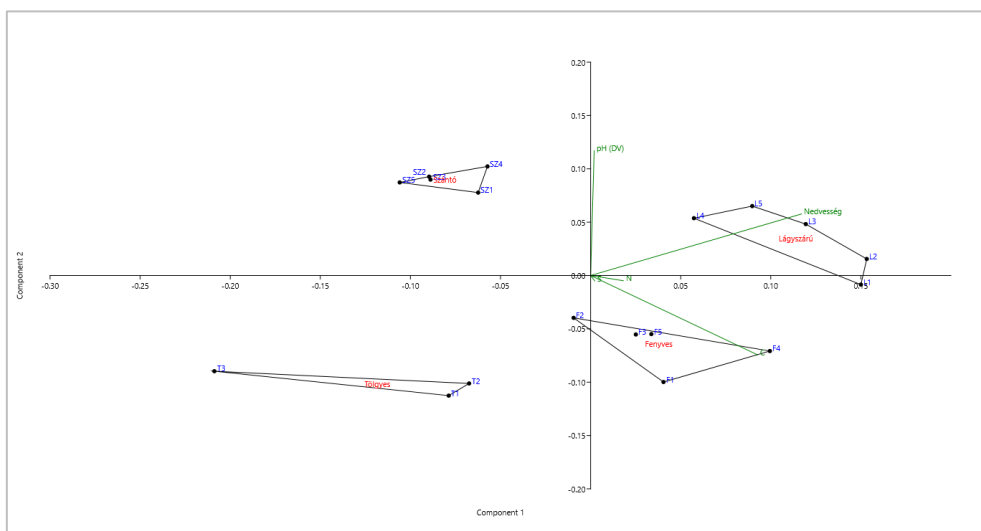


17. ábra: A talajok átlagos szerves anyag tartalma területenként

(A és B jelölik, hogy mely területek hasonlítanak egymásra szignifikánsan. AB mindkét csoporttól eltér)

5.3 PCA elemzés

A főkomponens-analízis (PCA- Principal Component Analysis) során a talajok nedvességtartalom, pH, C, N és S értékeit vizsgáltuk (18. ábra). A varianciánkat tekintve a tengelyek összege 93,9%-os, tehát a mintáinkat megfelelően csoportosítottuk. Ennek megfelelően a mintáink valóban területenként rendeződtek csoportokba. A talajnedvesség tartalom alapján a tűlevelű erdős és a gyepes vegetációjú területek állnak egymáshoz közel, míg a pH alapján a lombhullató és a tűlevelű erdők közelik, illetve a gyepes és szántott területek.

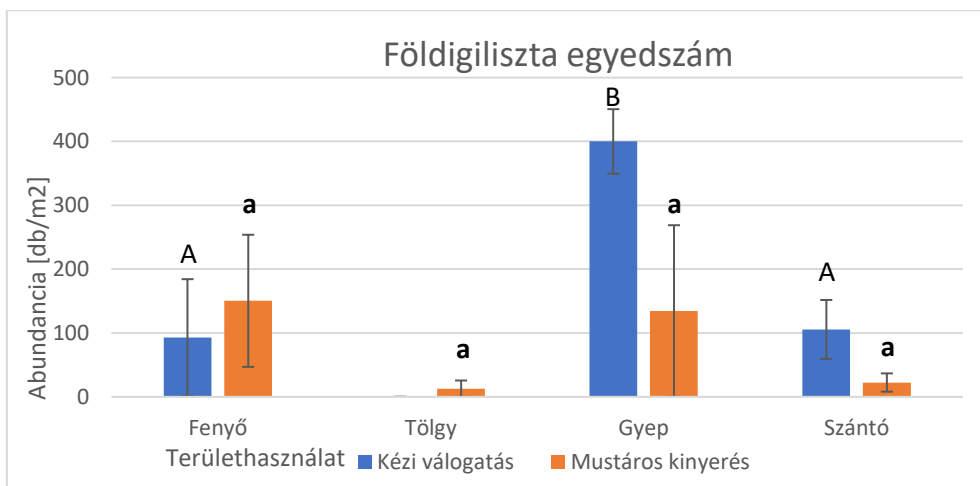


18. ábra: A PCA elemzés eredménye grafikonon ábrázolva

5.4 Földgiliszták egyedszáma, biomasszája és fajösszetétele

A földgiliszták mintázását egyaránt kézi válogatással, illetve mustáros kinyeréssel végeztük. A kísérlet eredményességét a kinyert giliszták egyedszáma és a giliszták biomasszája alapján is értékeljük.

A földgiliszták egyedszáma a gyepes vegetáció kézi válogatása során volt a legnagyobb, a területet felszorozva 400 db/m²-es egyedszám volt (19. ábra). A mustáros kivonás módszer esetén is a gyepes vegetáció alatt volt a legnagyobb a giliszták abundanciája. A túlelevelűvel vegyes erdőben már a mustáros módszer bizonyult hatásosabbnak, mellyel 150,4 db/ m² gilisztát tudtunk kinyerni. Ugyanezen a területen kézi válogatással 92,8 db/ m²-es egyedszámot mutattunk ki. A szántó területen megint a kézi válogatás volt eredményesebb, 83,2 db/ m²-rel kevesebb gilisztát tudtunk kinyerni a mustáros módszerrel. A legnagyobb különbséget a lombhullató erdőben tapasztaltuk - mely egyben a mustáros módszerrel való további kísérletezésre ösztönözhet minket – hiszen itt kézi válogatással egyetlen egyedet sem találtunk, viszont a mustáros módszerrel 4 db-ot találtunk, mely 12,8 db/ m²-es abundanciát jelent. Ezen adataink statisztikailag nem mutatnak szignifikáns eltérést a két módszer között. Minden esetben, függetlenül a módszertől több fiatal egyedet találtunk, mint felnőttet.



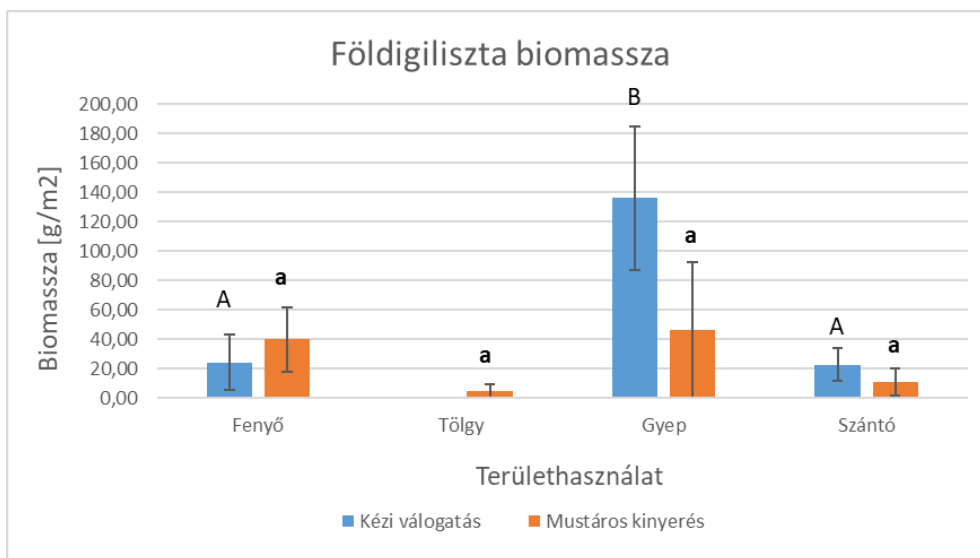
19. ábra: A földgiliszták egyedszáma területenként és módszerenként

(A és B jelölik, hogy mely területek hasonlítanak egymásra szignifikánsan a kézi válogatás alapján. Az a-val jelölt oszlopok a mustáros kinyerésre vonatkoznak.)

A statisztikai kiértékelés során a giliszták egyedszámát és a különböző területhasználati módokat tekintve az állapítottuk meg, hogy a mustáros kivonás esetén nincs szignifikáns eltérés az egyes területek között. A kézi válogatásos módszer esetében a fás vegetációjú és a szántott területek egymással szignifikánsan megegyeztek, tőlük a gyepes szignifikánsan eltérőnek bizonyult. A lineáris korreláció analízis során azt láthatjuk, hogy a kézi válogatás egyedszáma

a C és N értékekkel, illetve a nedvesség tartalommal és természetesen a kézi válogatással kinyert giliszták biomasszájával is szoros kapcsolatban ($r>0,5$) áll. Ezzel szemben a mustár szuszpenziós kivonás módszerével kinyert giliszták egyedszáma csak az ugyanezen módszerrel kinyert giliszták biomasszájával áll szoros kapcsolatban. A korrelációs együtthatókat a 4. táblázatban találjuk, a melléklet fejezetben.

A földigiliszták biomasszáját tekintve az eredményeink nagyon hasonlóak az egyedszámokhoz (20. ábra). A legmagasabb eredmény a gyepek alatt, kézi válogatással mutatkozik, ezt követi a gyepen a mustáros kinyerés. A tűlevelű vegetáció alatt a mustáros módszerrel jobb eredményt értünk el, mint a kézi válogatással. A szántó esetében a kézi válogatásos módszerrel kétszer akkora biomasszát nyertünk ki, mint a mustáros kivonással. A lombhullató erdő alól mustáros módszerrel kinyert földigiliszták biomasszája pontosan a tizede a lágyszárú vegetáció alól ugyanezen módszerrel kinyert gilisztákénak ($4,64 \text{ g/m}^2$ és $46,41 \text{ g/m}^2$).



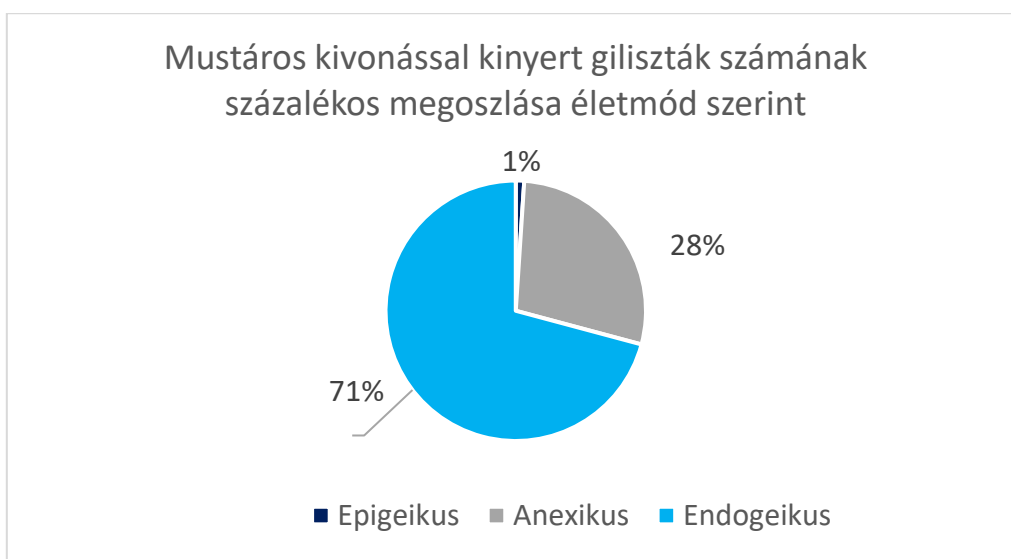
20. ábra: A földigiliszták biomasszája területenként és módszerenként

(A és B jelölik, hogy mely területek hasonlítanak egymásra szignifikánsan a kézi válogatás alapján. Az a-val jelölt oszlopok a mustáros kinyerésre vonatkoznak.)

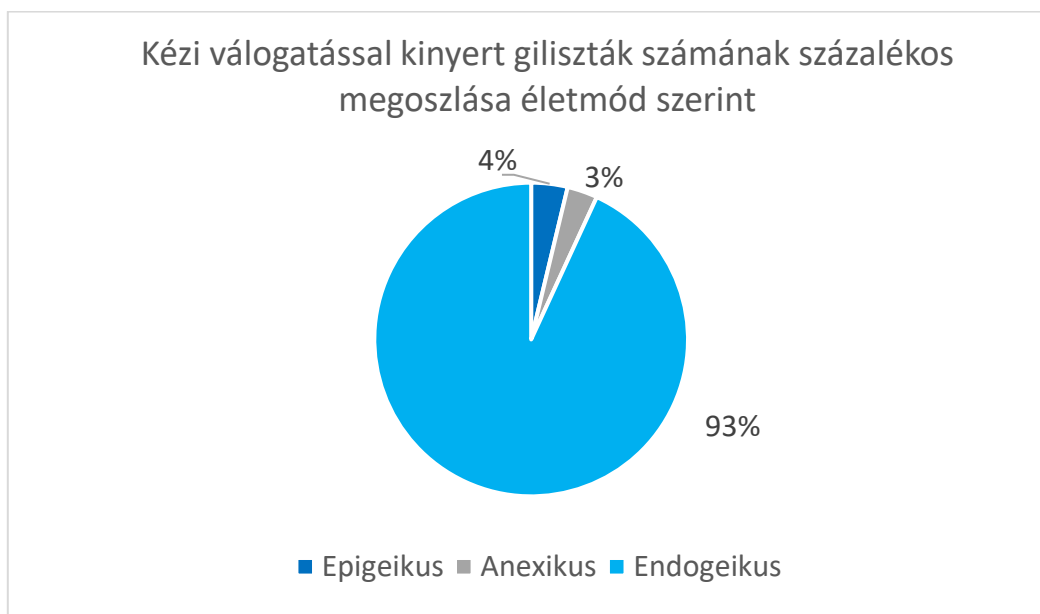
A statisztikai értékelés is nagyon hasonló eredményt hozott a giliszták egyedszámának eredményeihez. A mustáros kinyerés esetén a területhasználat szerint nincs szignifikáns eltérés. A kézi válogatás a gyepek esetén szignifikánsan eltérő a másik három területünktől (szántó, lombhullató erdő, tűlevelűvel vegyes erdő). A kapcsolatok szorosságát illetően azonban azt az eredményt kaptuk, hogy a kézi válogatással kinyert giliszták biomasszája szoros kapcsolatban ($r>0,5$) van a talajok C és N tartalmával, illetőleg, ahogyan már említettük az ugyanezen módszerrel kinyert giliszták egyedszámával, és a talajnedvesség tartalmával. A mustáros módszerrel kinyert giliszták biomasszája csak az azonos módszerrel kinyert giliszták

egyedszámával van szoros kapcsolatban. A korrelációs együtthatókat a 4. táblázatban találjuk, a melléklet fejezetben.

A földigiliszták életmódját tekintve a felszíni talajszintekben élők és az ásványi szintek lakói közül a kézi válogatásos módszerrel tudunk több gilisztát kinyerni, míg a mélyben aknázó fajok egyedei a mustáros módszerrel jobban kinyerhetőnek bizonyultak. A 21-es és 22-es ábrán látható a mustáros kivonással és a kézi válogatással kinyert giliszták számának százalékos megoszlása életmód szerint.



21. ábra: A mustáros kinyerési módszerekkel kinyert giliszták számának százalékos megoszlása életmód szerint



22. ábra: A kézi válogatásos módszerekkel kinyert giliszták számának százalékos megoszlása életmód szerint

6. Következtetések és javaslatok

Az adataink, kapott eredményeink és a terepi munka tapasztalatai alapján az alábbi következtetéseket tudjuk levonni a mustár szuszpenziós kivonás és a kézi válogatásos módszer 4 féle területhasználatú talajon történő összehasonlításából:

A vizsgált kivonási módszerek között a földigiliszták számát és biomasszájukat tekintve nincs szignifikáns eltérés a t- próba alapján. A módszerek végrehajtásakor azt tapasztaltuk, hogy a kézi válogatás több munkával jár, azonban gyakorlott embereknek nem tart sokkal több ideig, mint amennyi a mustár szuszpenzió kilocsolása utáni várakozási idő volt. A mustár szuszpenzió használata ugyanakkor rendkívül vízigényes, ami nehezíti a víznyerési helytől távoli munkát. Ahogyan korábban említettük, a helyszínen bekevert darált mustár gyorsabb eredményt hozott, mint az előzetesen elkészített szuszpenzió. Ezért úgy gondoljuk, hogy a későbbiekben érdemes lenne egy újabb kísérletet végezni a kettő összehasonlítására vagy a kézi válogatásos módszer és a helyszínen készített mustár szuszpenzió összehasonlítására. Amennyiben a kinyerés ideje csökkenne, de a hatékonyság ugyanolyan maradna, érdemes lenne a mustáros módszert használni a kézi válogatás helyett olyan területeken, ahol ásás nem megengedett vagy kivitelezhető.

Mivel a mustár szuszpenzióval több mélyben aknázó életmódú gilisztát tudtunk kinyerni, mint a kézi válogatással, ezért a két módszer együttes használatát is érdemes lenne további vizsgálatnak alávetni. A kinyert egyedek számát tekintve azonban statisztikailag ezt a különbséget nem tudtuk igazolni.

7. Összefoglalás

Napjainkra a mezőgazdaság a környezetét, elsősorában a talajt, amellyel dolgozik jelentősen átalakította. Ezeknek a hatásoknak egy része káros és a talaj élővilágának feltételeit negatívan befolyásolja. Azért, hogy a hatásokat, amik ezeket az életközösségeket érték fel tudjuk mérni, szükséges indikátor fajokat vizsgálnunk. A földigiliszták környezeti hatásokra való érzékenyséjük, elterjedtségük és felismerhetőségük miatt ideális csoport. Ezen túl tekinthetünk rájuk a talajok ökoszisztéma mérnökeiként, hiszen járataikkal javítják a talaj vízgazdálkodását, az átlegezőzését. Táplálkozásuk fontos lépcsője a holt szerves anyag humusszá alakításának folyamatában.

A földigiliszták vizsgálatára számos módszer létezik, melyek a dolgozatban bemutatásra kerültek. Ezek közül a kézi válogatást hasonlítjuk a mustár szuszpenziós kivonással, melynek hatékonyságára a vonatkozó szakirodalomban eltérő eredményeket találtunk. A kutatásban arra kerestük a választ, hogy a Gödöllői-dombság talaján milyen hatékony ez a módszer, illetve vizsgáltuk a talaj fizikai és kémiai paramétereit a műveléssel összefüggésben. A kézi válogatás kivitelezését az ISO23611-1 (2006) -os szabvány szerint végeztük.

A kísérletünk során egy tűlevelűvel vegyes és egy lombhullató erdős, egy gyeper vegetációjú és egy szántott területen jelöltünk ki öt-öt mintavételi pontot a módszerek összehasonlításához Gödöllő város azonos részén. A mintavétel során talált földigilisztákat laboratóriumban vizsgáltuk (faj meghatározás, biomassa, fiatal-és felnőtt egyedek aránya). A felszíntől 20 cm-es mélységig – a kézi válogatás során - vett talajmintáknak mértük a nedvességtartalmát, textúráját, a kémhatását, a CaCO_3 , illetve a szén és szerves anyag tartalmát.

Az adataink statisztikai kiértékelése során azt az eredményt kaptuk, hogy a két módszer között nincs szignifikáns különbség. A mélyben aknázó fajok közül több egyedet tudtunk kinyerni a mustár szuszpenzióval, azonban ez nem volt szignifikáns eltérés. A talaj paramétereket tekintve, a nedvesség tartalom, a pH, a szén és szerves anyag tartalom esetében volt jelentősebb eltérés a területhasználatok alapján. A legdurvább textúrájú és egyben legalacsonyabb nedvesség tartalmú területen tudtuk a legkevesebb földigilisztát kinyerni.

Összességében a mustár szuszpenzió tehát ugyanolyan hatékony, mint a kézi válogatás. Utóbbi munka -és időigénye nagy, talaj bolygatással jár, azonban olcsó és kevés eszköz szükséges hozzá. A mustár alkalmazása giliszták kinyeréséhez jelentős vízigényű, mely logisztikai problémákat okozhat. A munkaigénye kevesebb, ahogyan az időigénye is a megfelelő

előkészületekkel. Az eszközigénye nem nagy, a költségei pedig a mustármag elérhetőségétől függenek. Előnye, hogy nem jár a talaj bolygatásával, így alkalmazható olyan területeken, ahol az ásás nem megengedett vagy kivitelezhető. A terület adottságainak függvényében javasolható a használata a kézi válogatással együtt vagy azt kiváltva.

8. Irodalomjegyzék

- 1 Bidló A., Bíró B., Farsang A., Fülek Gy., Horváth E., Michéli E., Pápay L., Tombác E. (2011): Környezetmérnök Tudástár 3. kötet, Talajvédelem, talajtan második, bővített kiadás, szerkesztette: Dr. Fülek György (első kiadás 2008), Veszprém, Pannon Egyetem, Az anyag a HEFOP 3.3.1-P.-2004-0900152/1.0 téma keretében készült a Pannon Egyetemen. pp. 87-88.
- 2 Bouché M. B. (1977): Strategies lombriciennes. Ecological Bulletins No. 25, Soil Organisms as Components of Ecosystems, pp. 122-132
- 3 Buzás I. (1988): Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerek 2. INDA 4231 Kiadó, Budapest 243 pp.
- 4 Buzás I. (1993): Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerek 1. INDA 4231 Kiadó, Budapest 357 pp.
- 5 Chan K.-Y., Munro K. (2001): Evaluating mustard extracts for earthworm sampling. Pedobiologia 45, pp. 272-278
- 6 Csoma Z. (2010): A talajok pufferképességét befolyásoló tényezők és jelentőségük a kertészeti termesztésben. Doktori értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar, Budapest. pp. 8-9.
- 7 Csuzdi, Cs., Zicsi, A. (2003): Earthworms of Hungary (Annelida: Oligochaeta, Lumbricidae). Pedozoologica Hungarica No. 1, Budapest, pp. 278.
- 8 Daugbjerg P., Hinge J., Jensen JP., Sigurdardottir H. (1998): Earthworms as bioindicators of cultivated soils? Ecological Bulletins No. 39, Ecological Implications of Contemporary Agriculture: Proceedings of the 4th European Ecology Symposium 7-12 September 1986, Wageningen, pp. 45-47
- 9 Dokucsajev V. V. (1883): Russian Chernozem. Selected works of V.V. Dokuchaev, vol. I, Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem (1883)
- 10 Gunn A. (1992): The use of mustard to estimate earthworm populations. Pedobiologia 36, pp. 65-67

- 11 Hirasa K., Takemasa M. (1998): Spice science and technology. Marce Dekker, New York pp. 9
- 12 ISO – International Standard ISO23611-1, 2006. Soil Quality – Sampling od Soil Invertebrates – Part 1: Hand-sorting and Formalin Extraction of Earthworms
Reference number: ISO 23611-1:2006 (E). first edition
- 13 Kiss I., (1999) Gyűrűsférgek (Annelida), In: Bakonyi G., Juhász L., Kiss I., Palotás G., Általános állattan, Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő, 181 p., 96-101. p.
- 14 Lőkös K. (2009): Statisztikai alapismeretek 2. kötet: Következtetési statisztika egyetemi jegyzet, Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő, pp.163-168
- 15 Lőkös K. (2010): Statisztikai alapismeretek 3. kötet: Összefüggés vizsgálatok egyetemi jegyzet, Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő, pp. 34-36.
- 16 Michéli E., Simon B., Szegi T., Stefanovits P., (2006): Talajtani alapismeretek, egyetemi jegyzet, Gödöllő, 76 pp.
- 17 Nagy P. T. (2000): Égetési elven működő elemanalizátor alkalmazhatósága talaj-és növényvizsgálatokban. Agrokémia és Talajtan 49. pp: 521-534.
- 18 Nelson J. M. és Satchell J. A. (1962): The extraction of lumbricidae from soil with special reference to hand-sorting method. Progress in soil zoology, 36. fejezet, pp: 294-299.
- 19 Örley L. (1885): A palaearktikus övben élő terrikoláknak revisiója és elterjedése. Értekezések a természettudományok köréből, XV. kötet, 18. szám, pp: 31-32.
- 20 Pelosi C., Chiron F., Dubs F., Hedde M., Ponge J-F., Salmon S., Cluzeau D., Nélieu S. (2014): A new method to measure allyl isothiocyanate (AITC) concentrations in mustard—Comparison of AITC and commercial mustard solutions as earthworm extractants. Applied Soil Ecology, vol. 80, pp: 1-5.
- 21 Raw F. (1959): Estimating earthworm populations by using formalin. Nature 184, 1661–1662.

- 22 Raw F. (1960): Earthworm population studies: A comparison of sampling methods. Nature 187, pp: 257.
- 23 Satchell J. E. (1969): Studies on methodical and taxonomical questions- Methods of sampling earthworm populations. Pedobiologia vol. 9, pp: 20-25.
- 24 Somogyi S, Ambrózy P., Ádám L., Galambos J., Juhász Á., Kozma F., Marosi S. (1990): Magyarország kistájainak kataszterei II. kötet, MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest, pp. 802-807.
- 25 Staddon P. L., Ostle N. J., Fitter A. H. (2003): Earthworm extraction by electroshocking does not affect canopy CO₂ exchange, root respiration, mycorrhizal fungal abundance or mycorrhizal fungal vitality. Soil Biology and Biochemistry 35(3):421-426
- 26 Stefanovits P., Filep Gy., Fülek Gy. (1999): Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp: 195-207.
- 27 61. Szabó I. M., (1986): Az általános talajtan biológiai alapjai, Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp: 245-252
- 28 Walkley, A. (1947): A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. Soil Science 63: 251-263.
- 29 Zaborski E. R. (2003): Allyl isothiocyanate: an alternative chemical expellant for sampling earthworms. Applied Soil Ecology Vol. 22, pp. 87-95.

Internetes hivatkozások:

- 30 http1: <https://teara.govt.nz/en/photograph/15500/apporrectodea-caliginosa>
(2024 április)
- 31 http2: <https://statistics.laerd.com/spss-tutorials/one-way-anova-using-spss-statistics.php>
(2024 április)
- 32 http3: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/principal-component-analysis>
(2024ilis)

Melléklet

4. táblázat: Az 'r' korrelációs együttható értékei a talajok nedvesség tartalmának, pH-jának, C tartalmának, illetve a különböző módszerekkel kinyert giliszták számának és biomasszájának vonatkozásában

(halványabb kékkel a szoros, sötétebb kékkel az igen szoros kapcsolatot jelöltük):

	Giliszta biomassza mustáros kinyerés	Giliszta biomassza kézi válogatás	Nedvesség tartalom	pH	C tartalom	Giliszta darabszám mustáros kivonás	Giliszta darabszám kézi válogatás
Giliszta biomassza mustáros kinyerés	1,000	0,388	0,322	0,038	0,212	0,960	0,428
Giliszta biomassza kézi válogatás	0,388	1,000	0,778	0,346	0,537	0,280	0,915
Nedvesség tartalom	0,322	0,778	1,000	0,280	0,582	0,288	0,835
pH	0,038	0,346	0,280	1,000	-0,380	-0,064	0,451
C tartalom	0,212	0,537	0,582	-0,380	1,000	0,212	0,507
Giliszta darabszám mustáros kivonás	0,960	0,280	0,288	-0,064	0,212	1,000	0,328
Giliszta darabszám kézi válogatás	0,428	0,915	0,835	0,451	0,507	0,328	1,000

Köszönetnyilvánítás

Ezúton is szeretnék köszönetet mondani a konzulenseimnek a TDK dolgozatom elkészítéséhez nyújtott útmutatásukért és fáradhatatlan munkájukért. Dr. Simon Barbarának különösen a földigilisztákkal kapcsolatos szakértelmének megosztásáért, míg Dr. Szegi Tamás Andrásnak a statisztikai kiértékelésben való segítségével. Hálás vagyok a MATE KÖTI Talajtani Tanszék munkatársainak, különösen Gergely Ildikónak, a laboratóriumi mérések precíz végrehajtásához szükséges tanácsaiért, Dr. Takács Anitának és Dr. Sebők Andrásnak a CNS analízisben nyújtott segítségükért és jótanácsaikért a dolgozat készítését illetően. A terepi munkában nyújtott segítségét köszönöm Szénásiné Demeter Gyöngyinek, Dr. Simon Barbarának, Bagyánszki Ábelnek és Max Maimela Modiba- nak.