



Környezettudományi Doktori Iskola

**A humin anyagok hatása faiskolai
termesztésben**

Doktori értekezés

Sándor Ferenc

Gödöllő

2016

A doktori iskola megnevezése: Környezettudományi Doktori Iskola

Tudományági részterület: Agrokémia, környezeti kémia és technológiák

A Doktori iskola vezetője: Csákiné Dr. Michéli Erika
egyetemi tanár
Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar
Környezettudományi Intézet
Talajtani és Agrokémiai Tanszék

Témavezető neve: Dr. Füleky György
professzor emeritus
Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar
Környezettudományi Intézet
Talajtani és Agrokémiai Tanszék

.....
Iskolavezető jóváhagyása

.....
Témavezető jóváhagyása

TARTALOMJEGYZÉK

1	BEVEZETÉS	5
2	IRODALMI ÁTTEKINTÉS	9
2.1	A humuszanyagok meghatározása és szerkezeti felépítése.....	9
2.2	A humuszanyagok tulajdonságai	12
2.3	A humuszanyagok gyakorlatban történő felhasználásának lehetőségei.....	14
2.4	A kísérleti növények leírása és irodalma.....	17
2.4.1	A gránátalma (<i>Punica granatum</i> L.)	17
2.4.2	Angolperje (<i>Lolium perenne</i>).....	19
3	ANYAG ÉS MÓDSZER	23
3.1	Faiskolai kísérlet	23
3.1.1	Terület.....	23
3.1.2	Termesztés technológia	23
3.1.3	Dugvány.....	24
3.1.4	Talaj.....	24
3.1.5	Öntözővíz minősége és az öntözés hatékonysága	25
3.1.6	Humin- és Fulvosav.....	26
3.1.7	A kísérletek beállítása.....	26
3.1.8	Mérések és adatok begyűjtése	27
3.1.9	Talajminták begyűjtése	29
3.1.10	A talajminták laboratóriumi tesztelése	29
3.2	Laboratóriumi kísérletek	32
3.2.1	Kísérleti növény	32
3.2.2	Talaj.....	32
3.2.3	A kísérletek beállítása.....	32
3.2.4	A minták bevizsgálása	33
3.2.5	A kísérleti eredmények biometriás értékelése	34
4	EREDMÉNYEK	37
4.1	Növényi kísérletek eredményei	37
4.1.1	Angolperje csírázási kísérletének eredménye	37
4.1.2	Angolperjével végzett laboratóriumi kísérletek eredményei	41
4.1.3	Gránátalma fasiskolai kísérletének eredményei	49
4.2	Talajminták vizsgálatainak eredményei	62

4.2.1	A faiskolai területéről vett minták talajvizsgálati eredményei	62
4.2.2	A faiskolai területéről származó talajmintákkal elvégzett laboratóriumi kísérletek talajvizsgálati eredményei	68
4.3	Az új tudományos eredmények összefoglalása	76
5	KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	77
5.1	Értékelés	77
5.1.1	A csírázási kísérletek eredményeinek értékelése	77
5.1.2	Angolperjével végzett laboratóriumi kísérletek eredményeinek értékelése	78
5.1.3	Gránátalma faiskolai kísérletek eredményeinek értékelése	79
5.1.4	A faiskolai területéről származó talajmintákkal elvégzett laboratóriumi kísérletek talajvizsgálati eredményeinek értékelése	79
5.2	Következtetések.....	80
5.3	Javaslatok	82
6	ÖSSZEFOGLALÁS	85
	Summary	85
7	MELLÉKLETEK.....	87
7.1	M-1. Irodalomjegyzék.....	87
7.4	M-2. Számításokhoz használt kiegészítő táblázatok.....	98
7.5	M-3. Fényképek	114
7.6	M-4. Köszönetnyilvánítás	121

1 BEVEZETÉS

A jó export lehetőségek és a helyi piac felvevőképessége miatt az elmúlt néhány évtizedben egyre fontosabb szerepet kap a gyümölcsstermesztés a harmadik világ országainak gazdaságfejlesztésében. Ugyanakkor a termesztéstechnológia alacsony színvonala és a megfelelő minőségű és mennyiségű szaporítóanyag termelés hiányosságai miatt nehéz megfelelni az elvárásoknak. Ez utóbbinál még az intenzív és magas technológiai szinten termelő törzsültetvények és faiskolák esetében is olyan fontos problémák merülnek fel, mint például a dugványok gyökereztetési hajlamának fokozása és a faiskolai ültetvényanyagok minőségi követelményeinek elérése. Ezek a problémák fokozottan jelentkeznek a természetes erőforrásokkal történő helytelen gazdálkodás következtében. Az ökoszisztémának és elsősorban a talaj ökoszisztémájának károsodásában a konvencionális termelési technológiák játszanak döntő szerepet. Ugyanakkor az ökológiai technológiák sem képesek hosszútávon megállítani a talaj degradációját, mivel ezek csak a degradációt kísérő tünetek enyhítését eredményezik, de a kiváltó okokra nincs hatásuk. Így, a talaj szempontjából mindkét termelési rendszer ugyanahhoz az eredményhez vezet, mindössze az ehhez szükséges időtartam hossza különbözik.

Liebig koráig az volt az elterjedt vélemény, hogy a növény közvetlenül a humuszt használja fel növekedéséhez. Liebig kimutatta, hogy a növényi fejlődés szervesen összetételű anyagokon alapul, ezért a kutatók többsége ettől kezdve azt az álláspontot képviselte, hogy a szerves anyagok csak lebomlásuk után töltenek be szerepet a növényi növekedésben. Jelenleg a legtöbb kutató ennél holisztikusabb szempontot vall magáénak és legalább elismeri azt a tényt, hogy a szerves anyagoknak közvetlenül is van befolyásuk a növényi fejlődésre. Ez a vélemény abban nyilvánul meg, hogy a humusz befolyásolja a talajtermékenységet a talaj víz-visszatartó képességének növelésén keresztül. Hasonló felismerést már Leibig is megfogalmazott nem sokkal halála előtt. Ugyanakkor ma már bizonyított tény, hogy a növény képes felvenni és áthelyezni komplex szerves molekulákat, például a szisztematikus vegyszereket, ezért tehát nem lehet figyelmen kívül hagyni annak a lehetőségét, hogy ugyancsak képes felvenni oldott állapotú humuszanyagokat.

A humuszanyagok a szerves szénvegyületeknek a környezetben előforduló formái, amelyeket különböző molekulatömegű, aromás gyűrűkből álló vázszerkezet és a hozzá kapcsolódó funkcionális csoportok jellemeznek (ALBERTSEN M., MATTHESS G. 1980). Szilárd, nem oldható fázisa elsősorban, mint talajszínező és szerkezetépítő szerepet tölt be és ezzel főleg a talaj fizikai tulajdonságaira hat. Oldott és a talajban kolloid oldatként fellelhető fázisa döntően befolyásolja a talaj termékenységet, valamint a szerves és szervesetlen trágyák hasznosulási szintjét

is. Ez részben közvetlenül, részben közvetett módon történik (PLASTER E. 2009). Kolloid, komplexek és kelátok képzésére való hajlama, (WERSHAW R. 1999) valamint a molekula által keltett elektrosztatikus vonzás révén meghatározza a talaj kation kicserélődési kapacitását, a kationok mobilitását és a növény által való felvehetőségét. A pH szabályzó és puffer képessége egyenletes reakció környezetet alakít ki a talajban, abból tápelemeket szabadít fel és tesz a növény számára hozzáférhetővé. Ugyanakkor a humuszanyagok, mint tápanyag és energia forrásként is számításba jönnek, biztosítva ezzel a talaj szén, foszfor, nitrogén és kén utánpótlását is többek között. A talajéletre gyakorolt hatása révén egy minőségileg magas szinten állítja be a szabad és kötött tápanyagok egyensúlyi állapotját.

A talaj termékenységének fenntartásához (bizonyos esetekben növeléséhez) a következő kérdésekre kell választ adni: a tápanyagok mekkora hányada távozott el a talaj ökoszisztémájából a kivont terméssel, illetve a termelés során veszteséggel. (Az agrotechnikai beavatkozások, mint, például a szántás, megnöveli a humuszanyagok oxidálódásának mértékét ezzel csökkentve a talaj humuszanyag-tartalmát, stb.). Mennyi tápanyagot kell bejuttatni a talajba ahhoz, hogy fedezze a meglévő és a következő időszakban várható veszteséget, kielégítse a következő termelési ciklus igényeit és a talajtermékenység fenntartásához vagy javításához megfelelő humusz-tápanyag arány alakuljon ki a talajban. Erről DIERCKS (1983) a következőket írja: *„A talaj tápanyag-kapacitását növelni legkedvezőbben úgy tudjuk, ha nagyrészt kötött formájú tápanyagokat tartalmazó szerves-anyagokat juttatunk a talajba, vagy ha szabad formájú tápanyagokat tartalmazó műtrágyákat szerves szénforrásokkal együtt adagoljuk”*. Ez egyben kiemeli azt a tényt is, hogyha hosszútávon akarjuk fenntartani a talaj ökoszisztémájának egyensúlyát (és ezzel együtt a kapcsolódó környezeti ökoszisztémákat), kiemelt figyelmet kell szentelni a szerves eredetű trágyák és humuszanyagok alkalmazásának, melynek gyakorlatát a 70-es és 80-as években elhanyagolták (ÁNGYÁN J. 2003). Ugyanezt KREYBIG (1955) úgy fogalmazta meg: *„Ennek a feladatnak akkor tehetünk eleget, ha okszerűen kezeljük és alkalmazzuk a talajerő-gazdálkodás tényezőit”*.

Afganisztán keleti tartománya jól ismert kertészeti termeléséről. Azonban az is köztudott, hogy a klimatikus és talajviszonyok szélsőségesek. A magas hőmérséklet és a kimondottan arid környezet mellett a taxonómiailag fiatal korú talaj a talajképződés kezdeti stádiumát mutatja, a víz és szél által idehordott és lerakott szedimentális anyagból áll. Így a talajszelvény egyáltalán, vagy alig mutat rétegződést. A tömődött és szegényes talajszerkezet a talaj összetételét túlnyomóan meghatározó agyagásványoknak köszönhető. Ennek megfelelően a talaj vízáteresztő képessége is alacsony, korlátozott. A talajvizsgálatok kimutatták, hogy a nitrogéntartalom és egyáltalán a szerves-anyag tartalom alacsony. A talajok erősen lúgosak, a pH érték 8.0 felett van, ezért a tápanyagok felvétele a növény fejlődése számára korlátozott. A lúgos közeg hatása miatt a növények általánosan a tápanyaghiány tüneteit mutatják, elsősorban vas hiányt, mely lúgos közegben nehezen felvehető a

növény számára. Ilyen talajokon a járulékos gyökerek fejlődése korlátozott, ami nagyban csökkenti a csemeték túlélési arányát, valamint a kiültetésre alkalmas csemeték százalékos arányát az üzemi faiskolákban, pedig a megfelelő szintű palántanevelés és faiskolai termelés nélkül a tartomány kertészeti termelésének fejlesztése elképzelhetetlen. Afganisztán gyümölcsstermesztésében kiemelt jelentőséggel bír a gránátalma termelése. PANAHI és AMIRI végzett vizsgálatokat gránátalmával különböző talaj pH értékek mellett 2006-ban. Gyümölcse nagyon jó minőségű arid éghajlati körülmények mellett (SAMADIA és PAREEK 2006) és növényvédelme is viszonylag egyszerű (JALIKOP et al. 2005 és 2006).

A kísérletnek az volt a fő célja, hogy a gránátalma csemeték túlélési aránya megnövekedjék, valamint a betakarított és átültetésre alkalmas facsemeték minőségi mutatóit feljavítsa a növekedési és fejlődési időszakban alkalmazott huminsavas kezelés. Ennek eléréséhez alapvető feltételként jelentkezett a járulékos gyökérszövet volumenének és tömegének megnövelése. A faiskola 2006-ban kezdte meg az őshonos Kandarhar gránátalmafajta szaporítását. Az eredmények megmutatták, hogy mindössze 44-45%-a a kiültetett dugványoknál érte el a facsemetéknél elvárt minőségi és fejlettségi paramétereket. A 2007 évi termelési időszak az alábbi eredményt hozta:

- Kiültetett, és kihajtott dugványok száma: 225,339 (100%)
- Meggyökeresedett és kiültetésre alkalmas facsemete: 100,020 (44.39%)
- Gyökeres, fejletlen facsemete: 69,101 (30.67%)
- Kipusztult dugvány: 56,218 (24.95%)

A kísérlet megvizsgálta a dugványcsemeték minőségi paramétereinek változásait és ezen belül a huminsavak hatását a dugványok járulékos gyökérszövetének kialakulásában és fejlődésében.

Emellett, talajvizsgálatokon keresztül, a talaj fizikai és kémiai tulajdonságainak változásait és a tápanyagok növényi felvehetőségének szintjét is elemeztem.

A szántóföldi kísérletek mellett zárt, ellenőrzött körülmények között végrehajtott laboratóriumi kísérletek elvégzésének szükségessége is felmerült. Ennek több oka is volt, amelyeknek a gyökerei elsősorban az alkalmazott termesztéstechnológia tisztázatlan kérdéseiben, a technológia alacsony határfokában és a szélsőséges környezeti feltételekben keresendők.

A gránátalma szakirodalma meglehetősen szűk, mivel termesztése a legtöbb országban kis volumenű. Ezért olyan fontos kérdésekre, mint a gránátalma tápanyagellátása, öntözővíz igénye ma még nincs egyértelmű válasz. Ugyanakkor a termesztéstechnológia is alacsony határfokú. A gravitációra épülő felszíni öntözés hatékonysága alacsony, a szolgáltatások hiánya (pl.: talajvizsgálat) nem teszi lehetővé a megfelelő kezelésekhez használt hatóanyagok mennyiségének kiszámítását. Ezért a faiskolai kísérlet eredményeit csak az előző évek eredményeivel lehetett összehasonlítani, illetve a kontroll növények eredményeivel. Mindezeket a faktorokat figyelembe véve, szükségesnek látszott a kiegészítő laboratóriumi kísérletek elvégzése, amelyek egyértelmű

választ vagy újabb kérdéseket adhattak arról, hogy valójában mi történik a talajban és a növény szöveteiben a kezelés hatására, és amelyek megvilágíthatták a faiskolai kísérletek eredményeinek oksági tényezőit. Mivel a kísérlet során dugványokkal dolgoztunk, annak elbírálására, hogy a mesterséges humuszanyagoknak milyen fokú csírázást keltő hatása van, ugyancsak szükségesnek látszott egy csírázási teszt elvégzése egy gyorsan kelő és fejlődő növényfaj magjával. Ezért ezekhez a kísérletekhez az angolperje (*Lolium perenne*) magját használtam, mely megfelel az előzőekben leírt kritériumoknak.

A fentiekben leírtak alapján a megfogalmazott kutatási **célok** a következők voltak:

1. A szabvány előírásoknak megfelelő gránátalma facsemeték számának növelése a termesztési periódus végére.
2. A huminsav csírázást serkentő képességének vizsgálata különböző kezelési koncentrációban.
3. A növény által felvett NPK tartalom változásai huminsavas kezelés hatására
4. A talaj főbb fizikai és kémiai tulajdonságainak változásai huminsavas kezelés hatására

2 IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Mesterséges humuszanyagokon alapuló termékek és egyéb mikrobiológiai eredetű adalékanyagok hatása a növénytermesztésben a kultúrnövények széles skáláján lett kipróbálva. Ennek ellenére ezek a termékek csak korlátozott mértékben terjedtek el a gyakorlatban. NORMAN (2009) véleménye szerint a humuszanyagok szerepét magában foglaló kutatások még a tudományos körökben sem kaptak megfelelő figyelmet. Szerinte ennek oka abban rejlik, hogy ezen anyagoknak a termésre gyakorolt hatása nincs széleskörűen publikálva a szakirodalomban. Anélkül, hogy kétségbe vonnánk Norman állítását, meg kell említeni, hogy magát a kutatás tárgyát a különböző humuszanyagokat is nehéz egyértelműen definiálni. A szakirodalom áttekintése során megfigyelhető, hogy az elvégzett kísérletek túlnyomó többsége zöldség-, és szántóföldi-kultúrák esetében vizsgálta a humuszanyagok hatását a termés hozamokra illetve a növények fejlődésére. Azonban meglepő az a tény, hogy gyümölcskultúrákban alig, a faiskolai termelésben történt felhasználásáról pedig nem lehet utalást találni a szakirodalomban.

2.1 A humuszanyagok meghatározása és szerkezeti felépítése

A humusz, régi nevén televény, a talaj szerves anyag készletének nagyobb hányadát alkotja (SCHNITZER M.-KHAN S. U. 1978). Ugyanakkor azt is meg kell jegyeznünk, hogy a talaj szerves anyag tartalma nem ugyanaz, mint a talaj humuszanyag készlete. A talaj szerves anyag tartalma magába foglal olyan anyagokat is, melyek nem sorolhatók a humuszanyagok közé. A talajba kerülő szerves anyagok az agyagásvány szemcsékkel kétrétegű membránt képeznek (THENG 1979). A jól szellőzött, oxigénben dús talajokban az így létrejött aggregátumok termődinamikailag instabilak, és a mikroorganizmusok által termelt enzim szekréciók katalizálják a lebomlási folyamatokat. Azonban bizonyos nehezen lebomló frakciók ellenállnak a bomlási folyamatoknak, és a humátok esetében hosszú ideig képesek megőrizni szerkezeti stabilitásukat (L. CAMARGO de OLIVEIRA et. al. 2009). Ennek révén a talajban fennmaradó valódi humuszanyagok nemcsak szerkezet építő, de tápanyag raktározó szerepet is betöltenek. A rosszul szellőzött, oxigénben szegény talajokon viszont az Fe^{3+} és a humuszanyagok redukciós folyamatai jellemzik a metabolizmus útját a pedoszférában (LIPSON D. et. al. 2010). JONES N. (2008) azt is kimutatta, hogy a mikroorganizmusok több csoportja képes felhasználni a humuszanyagokat, mint alternatív elektron donorok.

Sokan és többféleképpen is megfogalmazták a humusz jelentését kezdve THAERREL, aki 1809-ben megalkotta humusz elméletét, amely szerint a növények legfontosabb tápanyagforrása a

humusz. SCHACHSTSCABEL (1982) a talaj holt szerves anyagait (magában foglalva a már lebomlott és a lebomló szerves anyagot is. Utóbbira példa a talajfelszín alatti növényi részek) nevezi humusznak. Mások csak a lebomlott részeket definiálják így és csak a stabil, nagy molekulaméretű humuszfrakciókat tekintik valódi humuszanyagoknak (ALEXA-DÉR, 2001) (PERDUE E. 1985).

Igen nehéz feladat meghúzni a határvonalat a humuszanyagok és a talajban található egyéb szerves vegyületek között, így a humusznak többféle definíciója is elterjedt a gyakorlatban. STEFANOVITS (1999) szerint a valódi humuszanyagok bonyolult szerkezetű, savkarakterű polimerek. Egymástól eltérő frakciókból (fulvosav, huminsav és humin frakciókból) állnak.

AIKEN (1985) a molekulaszervezet meghatározása mellett fontosnak ítéli meg a humuszanyagok eredetére és oldhatóságukra vonatkozó információkat is, miszerint a humuszanyagok a természetben előforduló, nagy molekulású heterogén szerves anyagok kategóriájába tartoznak, amelyek a környezetből izolálhatók, és amelyeket az oldhatóságuk alapján lehet meghatározni.

ORLOV (1990), bár szintén utal erre, de meghatározásában a humuszanyagok részletesebb molekulaszervezeti felépítését tekinti döntő tényezőnek.: *„A humuszanyagok a növényi anyagok biotranszformációjának sötét színű, ellenálló termékei, melyek úgy jellemezhetők, mint a polidiszpergális-polielektrolitszerű molekulák keveréke, és amelyek oxigént, nitrogént, ként tartalmazó molekula gyökökből és aromás gyűrűkből épülnek fel.”*

CHEN et. al. (2001) szerint a humuszanyagok olyan komplexképző anyagok, melyek átmenetileg megkötik a fém kationokat és ezzel nagymértékben fokozzák azoknak a növény által történő felvételét.

Újabb vélemények szerint (SUTTON R.-SPOSITO G. 2005) a humuszanyagok olyan, viszonylagosan kis tömegű, molekulák csoportja, amelyek képesek dinamikus asszociációk (molekula kapcsolatok) létrehozására és azok stabilizálására hidrofób és H-hídkötések révén.

Rendkívül sokféle komponens található a humuszban. Ennek az az oka, hogy a humusz, a korhadásba átment növényi és állati szerves anyagokból keletkezik és lebomlásának mértéke, minősége több környezeti feltételtől is függ. A talaj szerves anyag készletében nem humuszanyagnak minősülnek a szénhidrátok, nitrogéntartalmú szerves vegyületek (aminosavak, fehérjék), ligninek és tanninok, alifás és aromás szerves karbonsavak és foszfortartalmú szerves foszfolipidek valamint a nukleinsavak (SHNITZER M. 1982). A bioszintézis során keletkező és felhalmozódó humuszanyagok gyakorlatilag mindenütt megtalálhatók a Földön és a bennük raktározott szén mennyisége meghaladja az összes élő szervezetben együttesen felhalmozódott szén mennyiségét (MAYHEW L. 2004). Közel kétszer annyi szén van megkötve a talajban, mint amennyi szén az atmoszféra tartalmaz. Ezért a humuszanyagok szabályzó szerepe a széndioxidnak a légkörbe történő visszajuttatásában nagy jelentősége van (QUALLS R. 2003). A

humuszanyagok szintén fontos szerepet töltenek be a talaj foszfortartalmának raktározásában. Erre jó példa az, hogy az üledékes talajok összes foszfortartalmának 21-34%-át a talajban lévő humuszanyagok kötik le (PAING J. et. al. 1999).

Ugyanakkor, az egyes humuszanyagokon belül is nagy különbségek vannak attól függően milyen szerkezetű, molekulahosszúságú az adott frakció, milyen típusú és mennyiségű funkcionális csoportokat tartalmaz (SWIFT R. 1999). Ez alapján a humuszanyagok úgy is definiálhatók, mint kémiaiilag komplex polidiszperziós molekulák (MACCARTHY P. 2001). A humuszanyagoknak négy nagy csoportját különböztethetjük meg:

A humin, amit köznapi nyelven sokan humusznak is neveznek, rendelkezik a leghosszabb polimerizált molekulalánccal (300,000 Dalton körüli molekulatömeeggel), ezért felületi töltésfeleslege nem teszi oldódásra alkalmassá, és mint ilyen, vízben egyáltalán nem oldódik semmilyen pH érték mellett. Oxigéntartalma mindössze 32-34%, míg a nitrogén tartalom 4% körüli.

A huminsav ezzel szemben egy közepes molekulahosszúságú anyag, melynek tömege 5,000 és 100,000 Dalton között van (KISS G. 2003). Oxigéntartalma 33% és 36% közé esik. Oldhatósága vízben elsősorban lúgos körülmények között nagymértékű. Semleges és savas tartományban ez kisebb mértékű, így mozgása a talajban korlátozott. Erősen savas közegben (≤ 2) kicsapódik.

A fulvosav a legkönnyebben oldódó humuszfrakció, és mint ilyen a legkisebb molekulatömegű és hosszúságú a humusz komponensei közül. Molekulatömege 2,000 Dalton körül van és 45-48%-os oxigéntartalommal rendelkezik (SIMPSON a. et al. 2001). Bármilyen pH érték mellett oldódik.

Megemlíthető még az alkoholban és lúgos savakban oldódó himatomelánsavak is, melyek akárcsak a huminsav erősen savas környezetben nem oldódnak.

Sokan a fenolsavat is külön frakcióként ítélik meg a humuszanyagokon belül, bár a fenolsav inkább tekinthető a humuszanyagok egyik építő elemének mintsem különálló frakciónak. Oldhatósága alapján nem definiálható, amely tulajdonság az egyik leglényegesebb a humuszanyagok osztályozásával kapcsolatban.

A humuszanyagok a legkevésbé tisztázott talajban fellelhető anyagok csoportját alkotják annak ellenére, hogy az egyik legfontosabb frakciója az egészséges talajnak. Még napjainkban is folyik a vita arról, hogy mi tartozik a valódi humuszanyagok közé. Ebben az is közrejátszik, hogy a humuszanyagok osztályozása nem egy egységes szisztémán alapul (ZADOW R. 2009). A Sigma-Aldrich skálán alapuló fotometriás módszer nem képes elkülönített értéket adni a humin- és fulvosavra. További hátránya, hogy egy, a Németországban található területről származó humuszanyagot tekint viszonyítási alapnak. Más helyekről származó humuszanyagok azonban sok tekintetben különböző szerkezeti felépítést mutatnak (MEHLICH A. 1984). A CDFA módszer (más néven Kalifornia módszer) elválasztja a fulvosavat és a fennmaradó huminsav és ásványi hamu

mennyiségét méri (STEVENSON F. J. 1982). Nagyon szigorú tisztítási eljárásokat tartalmaz a USGS/IHSS módszer, mely tiszta állapotban különíti el és méri a humin- és fulvosav mennyiségét. Ehhez nagyon hasonló módszer a Verploegh-Brandvold elválasztási módszer azzal a különbséggel, hogy gyakorlatilag nem alkalmaz semmilyen tisztítási eljárást az egyes frakciók elkülönítése során. A két utóbbi módszer az úgynevezett klasszikus eljárás alapul (HAYES M.-GRAHAM C. 2000). Magyarországon ugyancsak a klasszikus módszeren alapuló Tyurin-módszerből kifejlesztett szakaszos extrakcióval különítik el az egyes humuszfrakciókat (STEFANOVITS P.-FILEP Gy.-FÜLEKY Gy. 1999).

Mivel ezek az eljárások bonyolultak és hosszadalmasak, a gyakorlatban sokan az úgynevezett optikai módszert használják a humuszanyagok minőségének jellemzésére. A módszerrel először meghatározzák a humuszstabilitási számot (\dot{U}), amely információt ad a valódi humuszanyagok és egyéb bomlásban lévő szerves anyagok arányáról, majd a humuszstabilitási számot elosztva az összes humusztartalommal meghatározzák a humuszstabilitási koefficiens (K) (HARGITAI L. 1961).

2.2 A humuszanyagok tulajdonságai

W. R. KUSSOW (2002) véleménye szerint a humuszanyagok a szerves-anyagok lebomlásának végtermékei: "Az anyagoknak ez a csoportja, amely a szerves-anyagok lebomlásának eredményei, a talajnak és víznek meghatározó elemei és ők adják a talaj jellegzetes barna színét." Ez ugyanakkor azt is jelenti, hogy a különböző humuszanyagok mindenütt jelen vannak a környezetünkben. Kussow szerint ezeknek az anyagoknak a legfontosabb tulajdonsága, hogy hajlamosak a kelátképzésre fémionokkal. Itt főleg a vas, réz, cink és mangán ionokat kell megemlíteni. Ezt a jelenséget leginkább a humuszanyagok kation kicserélődési kapacitásával lehet legjobban jellemezni, mely 500-600 miliequivalens 100 grammra vonatkoztatva. Ez az érték közel ötszöröse egy jó minőségű tőzegének és kétszerese a talajhumuszénak.

Ugyancsak a humuszanyagoknak az ionokkal történő kelátképzési hajlamára hívta fel a figyelmet C. BIGMAN (1996), amikor úgy fogalmazott, hogy a kelátképzésre való hajlam talán a legfontosabb és legértékesebb tulajdonsága a humuszanyagoknak. Itt, elsősorban a Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{2+} ionokra és egyéb nyomelemekre, mint Cd^{2+} és Pb^{2+} hívta fel a figyelmet (VINKLER P. et al. 1976), melyeknek hatása a legfontosabb a növény fejlődésének szempontjából. Az ionokkal történő kelátképzés lehetővé teszi azok felvételét különböző mechanizmusokon keresztül. Valószínűleg több szervezet képes felhasználni és felvenni a humuszanyagokkal kelátot képező ionokat, bár ennek a mechanizmusa még nem teljesen tisztázott (VAUGHAN D. Et al. 1985). Másik ilyen paradox és teljességében nem tisztázott tulajdonsága a humuszanyagoknak, hogy látszólag képesek

detoxikálni a nehézfém elemeket (BEVERIDGE A. 1985). Logikus megfontolásból kiindulva, a nehézfém elemek toxikusságának növekednie kellene humuszanyagok jelenlétében, de a kutatások ennek ellenkezőjét látják igazolni (C. BIGMAN, 1996). Ezen a hatáson alapul többek között a humuszanyagok ipari (szennyvíztisztítás) és humán gyógyászati alkalmazása is (E. M. PENA-MENDEZ et. al. 2004). Chien et. al. meghatározták, hogy a különböző fémionok huminsavval alkotott komplexének milyen a stabilitási sorrendje, amelyet a következőképpen foglalhatunk össze: Pb>Cu>Cd>Zn.

A humuszanyagok tulajdonságaiban és magatartásukban rejlő különbségeket az őket alkotó huminfrakciók egymáshoz viszonyított mennyiségi aránya okozza. Ez tehát nemcsak mennyiségi, de minőségi különbséget is jelent. A kisebb molekulaméretű, sok oxigén alapú funkcionális csoportot tartalmazó frakciók hajlamosak aggregátumok képzésére (H-hídkötések, fémhidak, hidrofób adszorpció) a talajoldatban (BAIGORRI R. 2009; PICCOLO A. 2002). A huminsav molekulák hosszú, rugalmas polimerekből állnak és hajlamosak az aggregátumok, micellumok és szupermolekula méretű komplexek kialakítására más komponensekkel, ami nagymértékben attól függ, hogy az illető humuszanyag milyen típusú fémionnal van kötésben (UBNER M. et. al. 2005). Ezen komplexek képződése nagyban függ a talajoldat pH értékétől. Magas pH értéknél a huminsav molekula kinyílik és a lánc hosszában elhelyezkedő funkciós csoportokhoz való hozzáférés könnyebb. Ahogy a pH értéke csökken, a molekula mind jobban bezárul és „feltekeredik“ (MYNENI S.C.B. et. al. 1999). Ennek a jelenségnek kiemelt fontossága van hidrofób szerves komplexek megkötődésében. Magas pH értékű közegben a „kinyílt“ fémion-huminsav molekula kétszer akkora felületen kötődik az agyagásványhoz, mint alacsony pH mellett. Így több funkciós csoport képes arra, hogy specifikus hidrofób adszorpcióval több hidrofób szerves komplexet kössön meg (MURPHY E. 1994).

A mesterséges vagy természetes humuszanyagok, a növény és a talaj ökoszisztémája közötti kapcsolat rendkívül komplex és csak részleteiben tisztázott (TAN K. 2003). Ezért ezen anyagoknak a mezőgazdasági gyakorlatban történő alkalmazása is rengeteg, idáig még megoldatlan vitára adott okot (STEVENSON F.J.-CHEN Y. 1986). Leibig idejéig elfogadott nézet volt, hogy a növények közvetlenül képesek felhasználni a talaj humusztartalmát. Később, amikor már bizonyított tényé vált, hogy a növények fejlődése szervesetlen komponenseken alapul, az általános vélemény az volt, hogy a szerves anyagok csak lebomlásuk után képesek felszabadítani szervesetlen formákban a növény számára szükséges tápanyagokat. Ma már a legtöbben azt is elismerik, hogy a humuszanyagok közvetlenül is hatást gyakorolnak a talaj termékenységére.

Az elmúlt tíz év kutatásai átütő eredményeket értek el ezeknek a véleményeknek az átformálásában. Ma már senki által nem vitatható a humuszanyagok szerepe a tápanyagszállításban, mint „carrier” molekulák. Az acetic-acid (MCPA) molekula mozgását és szállítását regisztráló kísérletek (G.

HABERHAUER, 2001) kimutatták, hogy a humuszanyagok különböző mértékben képesek a hordozó molekula funkcióját ellátni attól függően, milyen az oldatba vitt szerves anyag molekula szerkezete és felépítése (TOMBÁ CZ E. 1999). Ilyen jellegű kísérleteket többen is végeztek. LEE és FRAMER már 1989-ben felhívta a figyelmet arra, hogy a szerves eredetű pollutánsok vízben oldódása olyan mértékben megnövekedett a humuszanyagok hatására, hogy azok mozgása a talajszelvényben szignifikánsan megnőtt. Ugyanakkor WILLIAMS et. al. (2000) kimutatták, hogy más szerkezeti felépítésű humuszanyagok ennek ellenkezőjét, a szerves pollutánsok retencióját növelték meg a talajszelvényben. Ez azt jelenti, hogy a szerves anyagok szorpciós magatartása azok kémiai szerkezetétől és a talajoldat kémiai összetételétől függ (NICHOLLS és EVANS 1991; BENOIT et al. 1996; DEC és BOLLAG 1997). Ennek hatása nagy jelentőséggel bír ezen anyagok gyakorlati alkalmazásánál főképpen, amikor a különböző növényeszeknek a talajra és a talajvízre gyakorolt hatását nézzük.

A növények megfelelő tápanyagellátása és fejlődése szempontjából ugyancsak meghatározó tényező a talaj mikrobiológiai élete, így annak a kérdésnek is jelentősége van, hogy a humuszanyagok milyen mértékben befolyásolják a talaj mikrobiológiai összetételét (VARANINI Z. 1995). Szinchrotron infravörös analízis kimutatta, hogy a huminsav jelentősen képes megnövelni a talaj mikrobiológiai aktivitását (HY. HOLMAN et. al. 2002), mivel elősegíti a policiklikus aromás hydrokarbonátok lebomlását és a mikroorganizmusok számára felvehető formává történő átalakulásukat.

2.3 A humuszanyagok gyakorlatban történő felhasználásának lehetőségei

A fenti példák után egyértelműen kijelenthető, hogy a humuszanyagok gyakorlati alkalmazása jelentőséggel bírhat a mezőgazdasági termelésben. Az azonban még ma is vita tárgya, hogy vajon melyik tulajdonságuk határozza meg alkalmazásuk elsődleges célját. Mivel a kapcsolatuk a talajjal és a növényel egyaránt rendkívül szerteágazó és komplex, a humuszanyagoknak a termelési mutatókra gyakorolt hatása és gazdaságossága még ma is homályos és ellentmondásokkal tűzdelt viták tárgya. Habár rengeteg ilyen jellegű kísérletet végeztek az elmúlt években, ezeknek a kísérleteknek az eredményei sokszor egymással szöges ellentétben állnak.

A vélemények egyik csoportját azok a kutatók és szakemberek alkotják, akik úgy vélik a humuszanyagok jelentősen hatnak a növény növekedésére (LEE Y.S.-BARTLETT R. J. 1976) és a betakarított termést jellemző mennyiségi és minőségi mutatókra. Itt említhető meg az a vélemény (S. I. KOTOB, 2009), amely szerint a magvak csírázóképesége javul, a növény növekedése erőteljesebb és sőtűró képessége is jobb. Tojásgyümölcs és paradicsompalántákkal végzett csíráztatási és palántanevelési kísérletek azt az eredményt hozták, hogy az 50-100 ml- Γ^1 dózisban

alkalmazott huminsav szignifikáns növekedést okozott a levélzet, szár és gyökérzet fejlődésében a kontroll növényekéhez képest (A. DURSUN-I. GUVENC, 1999). Tojásgyümölcscsel és paradicsommal rokon burgonyával végeztek kísérleteket VERLINDEN G. és kollégái (2009). Kimutatták, hogy a kezelések hatására a kálium és magnézium felvétele növekszik, míg a nátrium és kalcium esetében a kezelések nem mutattak ki változást. A betakarított burgonya termése 13-17%-al megnőtt a kezeletlen parcellákéhoz képest. VERLINDEN legfrissebb kísérletei (2010) a füves legelőkultúrák esetében mérhető változásokat vizsgálta. Itt, bár az első kaszálásnál betakarított szárazanyag tömeg megnövekedett a kijuttatott 6.4 kg/ha humuszanyag hatására, azonban a további kaszálásoknál ez már nem volt kimutatható.

CHEN és társai (2001) ennél mélyebbre hatóan vizsgálták a humuszanyagok hatását angolperje kultúrában. Megállapították, hogy a huminsav önmagában nem serkenti a növények növekedését és nem mérsékli az esetleges vashiány tüneteket sem. Ez arra utal, hogy a humuszanyagok nem tartalmaznak növekedést serkentő hormont vagy hormonszerű anyagokat. Azonban a humuszanyagok vassal és cinkkel történő együttes alkalmazása serkentette az angolperje növekedését, azaz a vas és cink ellátottság nagyban befolyásolja a humuszanyagoknak növényi növekedésre gyakorolt hatását.

A gyökér és levél tömegének illetve a levél felületének mérése különböző dózisú huminsav alkalmazásánál azok értékeinek megnövekedését mutatta ki a kontroll növényekéhez képest (S. ALBAYRAK-N. CAMAS, 2005). PINTON R. et. al. (1995) azon a véleményen volt, hogy a huminsavnak elsősorban a gyökérzetre van hatása. Mint részleges inhibitor az NADH oxidációs folyamatai során, hatással van a sejtfejlődés során végbemenő metabolikus folyamatokra. COOPER R. J. A gyökértömeg 58%-os növekedéséről számolt be búzával végzett kísérletek esetében. QUAGGIOTTI S. et. al. (2004) kukorica kísérleteivel kimutatta, hogy a humuszanyagok serkentik a gyökerek által történő nitrát felvételt és az anion felhalmozódást a levelekben. DORER hasonló kísérletekről számolt be 1997-ben, melyeket gyepek kultúrákkal végzett.

Érdekes eredményekre vezetett az a kísérlet, amelyben búza növény szárazanyag tartalmát és tápanyagfelvételét vizsgálták meszes talajokon humuszanyagok alkalmazása mellett (A.V. KATKAT et al. 2009). A mésztartalom növekedése, különösen a 20-40% CaCO_3 dózis alkalmazásakor, gátolta a búza növekedését és a tápanyagok felvételét. A humuszanyagok hozzáadása csökkentette ezt a negatív effektust. A legmagasabb szárazanyagtartalmat és tápelem összetételt 1g kg^{-1} humuszanyag koncentrációnál találtak. Huminsav levélpermetezése nagymértékben befolyásolta a magnézium, vas és mangán felvételét. A huminsav alkalmazása 0.1% dózisban főleg a tápelemek felvételére volt hatással (N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn és Mn), míg 0.2%-os dózisonál főleg a szárazanyag-tartalom növekedése és a nitrogén felvétele volt megfigyelhető.

E. M. PENA-MENDEZ ugyancsak kiemelte a humuszanyagok szerepét, mint a mikro tápanyagokat szállító molekulák, sőt odáig elment, hogy szerinte nemcsak a tápanyagok szállítását és felvételét segítik elő, de a növények csírázására is serkentő hatással vannak (E. M. PENA-MENDEZ et. al. 2004). Ez megegyezik KOTOBNAK (2009) az előzőekben már megemlített véleményével. PENA-MENDEZ ugyancsak egyetértett HOLMANNAL (2002) abban, hogy a humuszanyagok kedvező hatással vannak a talaj mikrobiológiai életére. Igaz ő más szempontból értékelte az ok-okozat összefüggést. Szerinte azzal, hogy a humuszanyagok felszabadítják a kalciumot és foszfor ionokat oldhatatlan formáikból, közvetlenül befolyásolják a mikroorganizmusok biokatalizátor szerepét a tápanyagoknak a növény által felvehető formába történő átalakításában (E. M. PENA-MENDEZ et. al. 2004)(WANG X. et al. (1995).

A vélemények másik csoportját azok a kutatók és szakemberek alkotják, akik vitatják a humuszanyagok gyakorlati alkalmazásának jelentőségét. Álláspontjukat azokra a kísérletekre alapozzák, amelyek nem hoztak olyan látványos eredményeket, mint amilyenek az előzőekben meg lettek említve. Bár ők sem vitatják, a ma már kellőképpen bizonyított és részletesen leírt kémiai-biológiai folyamatokat, melyekben vagy amelyeken a humuszanyagok keresztül mennek a talajban, de kétségbe vonják, hogy ezeknek közvetlenül is jelentős hatásuk lehet a növény fejlődésére és a terméseredményekre, illetve hogy ezek a folyamatok az elsődleges okai ezeknek a kiugró eredményeknek.

MACKOWIAK C. et. al. (2001) arról számoltak be, hogy a klorózis tünetek a búzánál eltűntek a kontroll növényekkel ellentétben, de a huminsavas kezelés nem eredményezett termésnövekedést. Hasonló eredményre jutottak TIMOTHY K. et. al. (2010), amikor a foszforfelvétel változását vizsgálták saláta és paradicsom kultúrákban huminsavas kezelés hatására.

Az a kérdés, hogy a növény nitrogén felvétele a kijuttatott foszfortól, humuszanyagoktól vagy mindkettőtől függ-e, a problémának csak az egyik fele, hiszen ez ugyancsak függ a talajban meglévő felvehető nitrogéntartalomtól, beleértve az alkalmazott nitrogénműtrágyák hasznosulási szintjét is. A nitrogén ammónia formában történő vesztesége a talajban elérheti akár a 60%-ot is a kijuttatott urea műtrágya hidrolízise során. Ez az érték lecsökkenthető 31% és 36% közé ha a karbamid (urea) műtrágyát huminsavval keverve együtt alkalmazzák (M.T.M. YUSUF et. al. 2009). A felvehető nitrát-nitrogén tartalom 0.75g huminsav dózis mellett (1 kg talajra számítva) lényegesen megnőtt, azonban 1g-os dózissal visszaesett az eredeti értékre, ahol az ureát huminsav nélkül alkalmazták.

K. M. CIMRIN és I. YILMAZ (2005) a különböző dózisokban együttesen, illetve külön-külön kijuttatott huminsavnak és foszfornak a fejes-saláta növekedésére gyakorolt hatását vizsgálták. A kapott eredmények alapján kijelentették, hogy a növény nitrogéntartalma a foszfor hatására megnőtt, míg a huminsav nem okozott szignifikáns különbséget ebben a tekintetben. Azaz, a

növény nitrogéntartalma foszforfüggőségen alapul. Annyit elismertek, hogyha a huminsav és foszfor együttesen került kijuttatásra annak szignifikáns hatása volt a növényi nitrogéntartalom növekedésére, bár ezt a hatást is a foszforfüggőségnek tudják be. Azt azonban már tagadták, hogy akár a huminsavnak, akár a foszfornak bármilyen hatása is lenne a kálium, kalcium, magnézium, vas, réz és mangántartalomra az egyes növényi részekben. A megfigyelt csökkenést a cinktartalom esetében ugyancsak a foszfor adagolásával hozták összefüggésbe. Emellett azt is megállapították, hogy magas dózisokban kijuttatott foszfor a talaj reziduális foszfortartalmának megnövekedéséhez vezetett.

Az Amerikai Egyesült Államokban, az Oregon State University kutatói vizsgálták be a kereskedelemben is kapható huminsavon alapuló termékeket a Malheuri Kísérleti Állomáson. Tesztnövényként vöröshagymát alkalmaztak és annak termésalakulását vizsgálták az egyes huminsav termékek alkalmazásakor (E. FEIBERT et.al. 2000). Két év alatt összesen 24 kezelést vizsgáltak be. Ebből 11-t 1999-ben és másik 13-at 2000-ben. Arra a megállapításra jutottak, hogy egyetlen vizsgált termék sem gyakorolt szignifikáns hatást a terméseredményekre. Itt meg kell jegyezni, hogy ez a megállapítás kereskedelmileg feldolgozott és forgalomba hozott termékekre vonatkozik és nem a tisztán kinyert és kristályosított humuszanyagokra. A kereskedelemben sok olyan alacsony hatásfokú és rossz minőségű termék lelhető fel, melyek diszkreditálják a szakemberek és kutatók megfigyeléseit. Ennek elsősorban az az oka, hogy a mesterséges humuszanyagok polidiszperziós molekulák, rendkívül változatos nem egységes molekulaszerkezettel rendelkeznek, melyen a funkciós csoportok minősége és mennyisége ugyancsak változó, és amelyeknek hatásfokát, többek között a molekulaszerkezet hossza és térbeli formája is befolyásolja. Ebből logikusan következik, hogy az előállított és kereskedelemben forgalmazott termék minősége nagyban függ az alapanyag minőségétől és a feldolgozás technológiájától.

2.4 A kísérleti növények leírása és irodalma

2.4.1 A gránátalma (*Punica granatum L.*)

A gránátalma az egyik legfontosabb terméke az afgán mezőgazdasági szektornak. Ennek több oka is van, melyekből az afgán termelő szempontjából talán a leglényegesebb az, hogy a gránátalma adja a legmagasabb profitot minden szántóföldi és kertészeti kultúrák között az országban. A gránátalma (*Punica granatum L.*, *Punicaceae*) név a latin elnevezéséből került át a köznapi szóhasználatba (*Malum granatum*) és szószerinti fordítása “Szemcsés vagy sokmagvú alma”. Ez a gyümölcs egyike a legrégebben termesztett gyümölcsfajoknak és eredetét tekintve a Közép-Ázsiai térségből, a mai Irán területéről származik. Ennek ellenére az Iránban ma fellelhető fajták

genotípusos variációja igencsak szűknek mondható (TALEBI BADDAF et al., 2003). Ugyanakkor ZAMANI et al. (2007) magas szintű polimorfizmust mutatott ki 24 iráni fajta genotípusai között.

Botanikai besorolásánál meg kell említeni, hogy a Punicaceae család mindössze két fajból áll, a gránátalmából (*Punica granatum* L.) és a *Prunica protopunica* (ZUKOVSKIJ 1950, LEVIN-SOKOLOVA 1979). A gránátalma a “könnyen” kezelhető és szaporítható gyümölcsök közé tartozik. Gazdasági jelentősége mellett Afganisztánban ez volt az egyik leglényegesebb szempont, amiért a szántóföldi kísérletek során ezzel a növényfajjal foglalkoztunk. Morfológiáját tekintve a bokros, kis fává nevelhető növények csoportjába tartozik, domesztikálva is csak körülbelül öt méter magasra nő meg. A legtöbb gránátalma fajta lombhullató, azonban vannak örökzöld fajták is főleg Indiában. SINGH et al. (2006) 16 örökzöld gránátalma genotípust határozott meg Rajasthanban, míg SHARMA és DHILON (2002) 30 másik típust különített el Punjab tartományban.

A gránátalma a gyorsan termőreforduló gyümölcsök közé tartozik. A legtöbb fajta már a második vagy a harmadik évben gyümölcsöt érlel (TERAKAMI et al., 2007). Gyors növekedése és az a tény, hogy kedveli az erős napsugárzást valamint a hosszú, forró és száraz nyarakat, különösen alkalmassá teszi afganisztáni termesztését és kísérleti növényként történő felhasználását. Az Afganisztánban mért sugárzási értékek a legmagasabbak közé tartoznak a világon ami a hosszú ideig tartó szárazságokkal együtt nagyon igénybe veszi a különböző termesztett kultúrákat és nagyban befolyásolja a szántóföldi kísérletek során begyűjtött adatok használhatóságát. Ilyen tekintetben a gránátalma ideális kísérleti alany, mivel nemcsak eltűri a hosszú ideig tartó száraz, forró nyári időszakokat, de ez egyben alapfeltétele is, hogy gyümölcsöt érleljen (LEVIN 2006). Ugyanakkor azt is figyelembe kellett venni a kísérletek beállításánál, hogy a gránátalma bár kedveli a száraz időszakokat, de az optimális fejlődéséhez a rendszeres öntözés elengedhetetlen (SULOCHANAMMA et al. 2005; LEVIN 2006).

A kísérletek beállítása során az egyik bizonytalansági tényező a facsemeték tápanyagellátása volt. Ez a témakör a gránátalmánál még nem tisztázott és a szakirodalom is nagyon szegényes, elsősorban arra a néhány publikált kísérletre redukálódik amit Indiában, Izraelben és Iránban végeztek. Pontosabb adatokat BLUMENFELD et al. (2000) kísérletei adtak, amelyek során a műtrágyákat oldott állapotban az öntözővízzel együtt juttatták ki. Ez azonban csak főbb irányvonalaiiban adhatott útmutatást, mivel Afganisztánban a gravitációra épülő felszíni barázdás illetve árasztásos öntözés az elterjedt öntözési forma. Sokkal használhatóbb információkkal szolgáltak FIRAKE és KUMBHAR (2002) kísérletei, akik nemcsak a kijuttatott műtrágyakezelés hatását vizsgálták csepegtető öntözéssel kombinálva, de összehasonlították azt a felszíni öntözéssel kombinált műtrágyázási gyakorlattal is. Az Izraelben elfogadott gyakorlat alapján a gránátalma NPK igénye nitrogénből 200kg/ha, kálium-oxidból 300kg/ha és foszfor-pentoxidból 60kg/ha körül mozog. PANAHI és AMIRI (2006) Iránban lefolytatott kísérletei azt mutatták ki, hogy a termés

mennyisége és a gyümölcsök savtartalma elsősorban a kijuttatott nitrogén, mangán és kálium mennyiségétől függ. Itt különösen kiemelendő, hogy a termés súlya nagymértékben megnő a kijuttatott kálium tartalmú műtrágyák hatására.

A gránátalma alkalmazását kísérleti növényként az tette ideálissá, hogy szaporítása könnyen megoldható, egyszerű eljárás, valamint az, hogy a növény gyorsan fejlődik. Szaporításához egyszerű dugványt alkalmaznak 5-6 alvórüggyel. Mivel a gránátalma a bokros növények csoportjába tartozik, így bokrosan is sarjadjzik az oldalrügyekből függetlenül attól, hogy a rügy a föld alatt vagy a föld felszíne felett található. A gyakorlatban sokhelyen 3-5 sarjhajtást hagynak meg és a kialakított korona formáját tekintve katlan alakú korona lesz. Ez a gyakorlat azonban megnehezíti a későbbi munkákat (metszés, permetezés, stb.), ezért ma már egyre többen az egy törzsű ágcsoportos koronaformát alkalmazzák, melyet 3,5-4,0 m magasságban 3-4 karos katlan formára alakítanak. Annak ellenére, hogy a gyümölcsös kialakítását dugványok közvetlen telepítésével is el lehet érni, a gyakorlatban inkább a faiskolai szaporítást használják, mivel így a gyümölcsösök egyenletesebb képet mutatnak, ami megkönnyíti a későbbi munkákat.

2.4.2 Angolperje (*Lolium perenne*)

Az angolperje, vagy más néven kurtaperje, rendkívüli jelentőséggel bír olyan országokban, mint Afganisztán, ahol a szélsőséges környezeti feltételek állandó veszélyt jelentenek mind a mezőgazdasági termelésre mind pedig az ökoszisztéma egyensúlyára. Meggyőződéssel lehet állítani, hogy ez a növény aktív szerepet fog játszani a jövőben az afgán mezőgazdasági szektor fejlesztésében. Az angolperje (*Lolium perenne*) az egyszikűek osztályába (*Liliopsida*) és a perjefélék családjába (*Poaceae*) tartozik. Könnyen összetéveszthető a tarackbúzával. Közelel rokonságban van több *Festuca* fajjal, sőt olyan hibridekkel is találkozhatunk mely az angolperje és valamely európai *Festuca* faj természetes úton történő keresztezéséből jött létre (FRAKES R. V. 1973). Ebből is látható, hogy az angolperje genotípusos variációra nagyon hajlamos. Ennek eredménye, hogy a szakemberek többféle módon próbálták osztályozni a faj variációit. Egy része a szakembereknek két fajta variációt fogad el (FERNALD M. L. 1950, HITCHCOCK A. S. 1951, HITCHCOCK C. L. et al. 1969):

- *Lolium perenne* ssp. *Perenne*
- *Lolium perenne* var. *cristatum* Pers.

A szakemberek másik csoportja az angolperjének két alfaját különíti el: az egyéves (*Lolium perenne* ssp. *multiflorum*) és az évelő angolperjét (*Lolium perenne* ssp. *perenne*) (FRAKES R. V. 1973, FRAKES R. V. 1973).

Az angolperje egy rendkívül elterjedt, szívós és agresszív növény, mely a fűfélékhez tartozik, és felálló kalászt nevel. Levél lemezei kiterültek, nem tekerednek és a tarackbúzával ellentétben levelei tömött zombékot alkotnak. Tipikus aljfűnek tekinthető. Eredetét tekintve Eurázsiai növény, melyet Észak-Amerikába mint gazdasági növényt telepítették be, de amely időközben elterjedt a természetes flórában is (FERNALD M. L. 1950, MUNZ P. A. 1973, MUNZ P. A. 1974, RADFORD A. E. et al. 1968, WHEELER W. A. et al. 1957). Ma már Észak-Afrikában is megtalálható és Ausztráliába 1803-ban került betelepítésre (SANFORD P. 2006). Rendkívüli alkalmazkodóképességét az is bizonyítja, hogy 25 különböző típusú ökoszisztémában találkozhatunk vele (FRES 10-28, FRES 34, FRES 36-39, FRES 41) (MUNZ P. A. 1973, MUNZ P. A. 1974).

Az angolperje gazdasági jelentősége két területen jelentkezik, mint takarmánynövény, és mint talajstabilizáló, eróziót csökkentő növény. Gyakorlatilag minden típusú gazdasági állatnál felhasználható takarmánynövényként és a legtöbb kérődző vadon élő állat esetében is (FRAKES R. V. 1973, VOGEL W. G. 1981). Ez a tény különösen fontos Afganisztánban, ahol az állattenyésztés főleg nomád és extenzív legeltetésen alapul. A növény vegetatív hajtásainak nyersfehérje tartalma 10,7-18,7 százalék között mozog 88-87 százalékos in vitro emészthetőségi értékkel (WAITE R. et al. 1953). Az emészthető fehérjének a szárazanyagra levetített százalékos értékei a különböző főbb gazdasági állatfajok esetében a következő (National Academy of Sciences 1971):

- Szarvasmarha: 5.3%
- Kecske: 5.6%
- Ló: 5.7%
- Nyúl: 6.1%
- Juh: 4.9%

Az angolperje valószínűleg az első olyan fűféle, amelyet a gyepgazdálkodásban legelők létesítésére használtak Európában (Sullivan J. 1992). Erről már 1681-ből származó feljegyzések is vannak. Thomas Jefferson írt arról, hogy Virginiában már 1782-ben működtek olyan jó minőségű legelők, melyeket angolperjével telepítettek be (FRAKES R. V. 1973, FRAKES R. V. 1973). Különösen jó eredményeket lehet elérni, ha az angolperjét *Trifolium* fajokkal keverve telepítik. Ilyenkor, megfelelő műtrágyázás és öntözés beiktatásával akár hektáronkénti 5,0 tonna zöld termést is be lehet takarítani (NORRIS L. A. et al. 1982).

Habár az angolperje a legjobb termést a közepes illetve a nagy termékenységű talajokon hozza, alkalmazkodóképessége lehetővé teszi termesztését a különböző típusú talajok széles tartományában (WHEELER W. A. et al. 1957). Sőt, fontos azt is megemlíteni, hogy terméketlen legelőkön még a szívós *Festuca ovina* és *Nardus stricta* növényfajoknál is nagyobb növekedési erélyt mutat (BORMAN M. M. et al. 1991). Ez nagy jelentőséggel bír az Afgán legeltető

állattenyésztésben. Termesztése általában három évig gazdaságos, utána pedig zöldtrágyaként hasznosítható (HAFENRICHTER A. L. et al. 1968).

Az angolperje gyorsan növekvő, agresszív növény ezért jól felhasználható a talaj megkötésére és stabilizációjára (GROSS E. et al. 1989, HAFENRICHTER A. L. et al. 1968). Többnyire más éves és évelő fűfélék magjával, hüvelyesekkel és egyéb őshonos fűszerű, de nem a fűfélékbe tartozó virágos növények magjával keverve telepítik (MUNCY, J. A. 1989). Ilyen típusú keverékeket jó hatásokkal alkalmaztak Utah államban a folyópartok és vízmosások talajának megkötésére (WARD D. et al. 1986). Kiválóan felhasználható nemcsak az erózió elleni küzdelemben, de a vadon növekvő cserjefélék visszaszorításában is, amelyek különösen károsíthatják a conifer fajokból álló telepítéseket. Ugyancsak jó hatásokkal alkalmazható faiskolákban a gyomok ellen (GROSS E. et al. 1989). Mivel jól alkalmazkodik a különböző típusú talajokhoz, sikerrel használják víztározók, vízmosások, csatornák és folyópartok talajának megkötésére, illetve a szedimentáció csökkentésére (FRANKES R. V. 1973, HAFENRICHTER A. L. et al. 1968 , WHEELER W. A. et al. 1957).

Említés került arról az előzőekben (A.V. KATKAT et al. 2009), hogy a huminsav alkalmazása 0.1% dózisban főleg a tápelemek felvételére volt hatással, míg magasabb dózissal főleg a szárazanyag-tartalom növekedése és a nitrogén felvétele volt megfigyelhető. Ez különösen érdekessé tette az angolperjével lefolytatott laboratóriumi kísérleteket, mivel adatok vannak arról, hogy alacsony nitrogén tartalmú talajoknál (mint amilyen a kísérletekhez használt, a faiskola kísérleti területéről származó talajminták esetében is fennállt) elsősorban az angolperje hajtások szárazanyag-tartalma nőtt meg szignifikánsan (MAHMOUD A. 1973). A másik figyelemreméltó megállapítás Katkatnak az, volt, hogy a magas mésztartalom gátolta a tápanyagok felvételét és a növénykultúrák növekedését, és amely negatív hatást huminsavas kezeléssel mérsékelni lehet. Mivel a laboratóriumi kísérletekhez használt és a faiskolából származó talajminták mésztartalma magas volt, így mindkét az előzőekben leírt jelenségnek jelen kellett lennie a kísérletek elvégzése során, ami különösen érdekessé tette a különböző koncentrációjú huminsavas kezelések eredményeit.

Az is említésre került a bevezetésben, hogy a csírázási kísérletekhez is az angolperje magja lett felhasználva. Ennek oka, hogy a magok viszonylag nagyok és könnyen kezelhetők, valamint az, hogy az angolperje nem érzékeny a hőmérséklet változásaira. Csírázásához nem szükséges egy előzetes dormant periódus és egyaránt csírászik sötétben és megvilágítás mellett is (GRIME, J. P. 1979). Amint a környezet nedvességtartalma megfelelővé válik, a magok kicsírázása megtörténik és a növény gyors növekedésnek indul (THOMPSON K. et al. 1979).

3 ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérletek két csoportban zajlottak le. Az első csoportban a faiskolai körülmények között végzett kísérletek lettek beállítva, a második csoport a laboratóriumi körülmények között végzett kísérleteket tartalmazta.

3.1 Faiskolai kísérlet

3.1.1 Terület

A kísérleti terület földrajzilag Afganisztán keleti régiójában, Nangarhar megyében lévő vízgyűjtő medencében található. A kiválasztott rész lejtése kevesebb, mint 1 %. Erre a területre jellemző, hogy a talajvíz mélysége négy és hat méter között változik. A faiskolát körülvevő fasorokat a hatnyolc méteres magassági szintbe lehet besorolni. Az egyes blokkokat ásott és nyitott öntöző és vízelvezető csatornák kerítik be. Az öntözővíz odavezetése gravitációval, szabad folyással történik. A dugványiskola minősítése az üzemi törzsültetvény besorolásnak felel meg.

3.1.2 Termesztés technológia

A termesztéstechnológiai lánc az Afganisztánban hagyományosan elterjedt faiskolai gyakorlatot követte. A 2,0ha-os kísérleti terület négy táblára lett felosztva. A talaj-előkészítés egyszeri szántásból állt 30 cm-es mélységben, amelyet a munkagéphez kapcsolt tárcsás borona egészített ki. A bakhát és barázdák kialakítása kézimunkaerővel történt. A bakhátak magassága 30 cm és köztes távolsága pedig 70 cm volt.

A dugványozás ideje: 2008. március: 1. tábla; 2008. április: 3-as és 4-es tábla; 2008. május 2-es tábla. A faiskolában a dugványokat 70 cm-es sorközzel és 10-12 cm-es tőtávolsággal dugványozták a bakhátak oldalába 20 cm-es magasságban a bakhátak alapjától 55° szögállásban.

A növényi tápanyagellátás 150 kg/ha DAP és 75 kg/ha Urea (SONA - 46%N) starter műtrágyával és az azt 50 nappal a dugványozás után kijuttatott 50 kg/ha DAP és 25 kg/ha Urea fejtrágyázással lett megoldva. A műtrágya kijuttatása, az itteni gyakorlatnak megfelelően, ugyancsak kézi munkaerő alkalmazásával történt a dugványsoroktól 15 cm-re nyitott sekély barázdákba.

A növények vízellátására az Afganisztánban hagyományosan használt barázdás öntözést alkalmazták 4-7 nap intervallumokkal (5.41 l/sec, 8 óra, 40 cm mély talajszelvényre). A gránátalma kedveli az arid klímát, de ugyanakkor a rendszeres öntözést is megkívánja. (SULOCHANAMNA et al. 2005).

A gyomirtást havonta végezték mechanikus (kézi) gyomlálással és sarló segítségével, mely az egyik legelterjedtebb munkaeszköz Afganisztánban.

3.1.3 Dugvány

Kísérleti növényként a gránátalma (*Punica granatum L., Punicaceae*) egyszerű fás dugványa lett felhasználva 5-6 alvórüggyel. A dugványokat az Afganisztanban kinemesített "Kandahari" fajtából gyűjtötték be. A dugványokat a Kandahar tartományban található központi törzsültetvényen termelték bázis kategóriájú szaporítóanyagról.

A kísérleti növény kiválasztásakor meghatározó szempont volt a növénynek a helyi viszonyokhoz való alkalmazkodása. Az eredetileg Közép-Ázsiából származó gránátalma (TALEBI B. et al. 2003) megfelelt ennek a követelménynek. A gránátalmát könnyen és olcsón lehet egyszerű dugványról szaporítani (SCHROEDER C. et al. (2004).

3.1.4 Talaj

Nagyobb részt üledékes, részben a szél által odahordott talaj, amely a pedogenezis korai fázisát mutatja. Ennek megfelelően a talajszelvényben a szintek rétegződése alig vagy egyáltalán nem különül el. Az "E" szint hiányzik a szelvényből. A talajszerkezet kialakulása szegényes. A textúra homokos vályogtalajra utal, mely a fészini barázdás öntözés hatására könnyen tömörödik és nehezen megmunkálható. Az ilyen típusú talajokat a középkötött, közepes vonóerőt igénylő, közepes tápanyagtökével rendelkező homokos vályog és vályog talajok csoportjába soroljuk (KADAR I. 2011). A talaj fakó, világos színe az alacsony szerves-anyagtartalomra utal. A kifehéredő "A" szint a talajnedvességnek és az oldott sóknak dominánsan a felszín irányába történő mozgására utal. Ez a magas szintű evaporációnak és az uralkodó arid viszonyoknak az eredménye. A vékony "A" szint a vas, alumínium és szerves-anyag egyenkénti, vagy azok kombinációjának együttes kimosódására utal. A "B" szint színének és/vagy szerkezetének változása az ebben a szintben végbemenő enyhe hidrolízises reakciók és/vagy oldódási folyamatok hatását tükrözi. Az ilyen típusú talaj eredetét tekintve nagy valószínűséggel erdős, fákkal borított területeken alakul ki. A tömörödéssé hajlamos, gyengén fejlett szerkezetű talaj az "A" szintben rögös, a "B" és "C" szintben szemcsés illetve lemezes szerkezet kombinációját mutatja. Az erősen tömörödött "C" szint 60-90 cm-es szelvény mélységben agyagfelhalmozódást mutat, amely legalább 30%-t teszi ki a talaj textúrájának ebben a szintben. A terület földrajzi fekvése (medence, folyóvölgy) szedimentális ágykőzetre utal ("R" szint).

A talaj kémhatását tekintve gyengén-közepesen lúgos. Sótartalom alapján a nem sós talajok közé sorolható, bár szikesedésre hajlamos. A stabilitási index megerősíti azt a nézetet, hogy a talaj eredetileg erdős területeken kialakult talaj. A bázistelítettség értékét és a kicserélhető bázisok mennyiségét alapul véve a Montmorillonit a domináns agyagásvány a talajban. Hidrolitos és kicserélhető savanyúság értékei elenyészően alacsonyak a talajmintákban. Közepesen meszes talaj. A kicserélhető nátrium ionok százalékos mennyisége rendkívül alacsony (melléklet 2.3; 47. táblázat és kiértékelés). A foszfor és kálium ellátottság a talajban kielégítő (1. táblázat).

1. táblázat Talaj mérési adatainak átlagai

CaCO ₃ %	P ₂ O ₅ mg/l	K ₂ O mg/l	NO ₃ -N ppm
10.56	47.03	129.5	3.50
Só tartalom %	EC mS/cm	pH _{H2O}	K _A
0.02	0.45	8.14	35

A talaj típusából (homokos vályog) és a közepesen magas mésztartalomtól adódóan az ezen a talajon nevelt kultúráknál gyakran megfigyelhető a vas (Fe), mangán (Mn), zink (Zn) és réz (Cu) hiány tünetei, amelyről egyébként a szakirodalomban is található adatok (KADAR I. 2011).

3.1.5 Öntözővíz minősége és az öntözés hatékonysága

A kísérleti terület öntözéséhez folyóból származó felszíni vizet használtak. A víz pH értéke magas, kifejezetten lúgosnak mondható. Értéke átlagosan 7.8 körül mozgott. A víz sótartalma kielégítően alacsony volt, az EC (Elektromos vezetőképesség) mérések 0.38-0.39 dS/m értékeket állapítottak meg. A vízkeménységi adatok 120 ppm-t jeleztek, ami a közepes vízkeménység felső határán áll. Az elsődleges öntözőcsatornának a vízkibocsájtása átlagosan barázdánként 5.41 l/sec volt. Az öntözés infrastruktúrális hatékonysága 39.41% volt. Az átlagosan mért öntözési mélység 180 mm volt 8 órás öntözési időtartam mellett. A számított értékek ezzel szemben 450 mm-es nedvesített talajmélységet és 10 órás öntözési időtartamot állapított meg. Ennek megfelelően a felszíni barázdás öntözés hatékonysági értéke nagyon alacsony volt, mindössze 40.08%. Ez egyébként előre látható volt, mivel a homokos vályogtalajok vízáteresztése 18-25 cm/óra és súlyszázalékos vízkapacitása 10-20% között található (STEFANOVITS P. 1963). A talaj vízforgalmi típusa párologtató. Ezt erősíti meg a mért klimatikus (magas hőmérséklet, elenyésző csapadék, alacsony páratartalom) és Eto (fokozott evapotranspiráció) adatok, valamint ezt segítette elő az elégtelen felszíni öntözés.

3.1.6 *Humín- és fulvosav*

A kísérletekhez Dél Afrikából származó humín- és fulvosav lett felhasználva, amelyet a Famfert Formulators INC. dél-afrikai cég állít elő a PCT WO 2006/092720AI bejegyzett szabvány alapján. A mesterséges humuszanyagok kinyerése ásványi szénből, komposztálódott szerves anyagokból vagy a kettő kombinációjából három lépésben történik. Az első lépésben az alapanyaghoz egy nyomás alatti reaktorban oxidáló reagenst (salétromsav) adnak exotermikus kémiai reakciót váltva ki. Második lépésben a köztes termékből faecettel (pyroligneous acid) a fulvosavat elválasztják és oldatba viszik. A reaktor aljában leülepedett anyag tartalmazza a huminsavat, amelyet harmadik lépésben kálium-hidroxidos kezeléssel különítenek el.

3.1.7 *A kísérletek beállítása*

A kísérlet a gránátalma faiskolai termelését vizsgálta négy dugványiskolai termesztésre kialakított területen, összesen 2 hektáron, 330 teszt és 80 kontroll soron. Minden egyes termőterület (tábla) megközelítően fél hektárral volt azonos. Minden ötödik sor kontroll sorként szerepelt és nem kapott kezelést. Minden tesztnövény két hónappal a dugványozás után megkapta az első kezelést. A huminsav a növénytől 15 cm-es távolságra barázdába lett kijuttatva 10-cm-es mélységben. A használt dózis 200 l/ha 50%-os huminsav volt 1:8 arányban hígítva vízzel. A kezelést 5 hét elteltével megismételtük. Négy hónappal az ültetés után fóliás kezelésként 10 l/ha dózisban fulvosavval permeteztük a növényeket. Ennél a kezelésnél 1:10 arányú vízzel való hígítást alkalmaztunk. A kísérlet időtartama 7 hónapot vett igénybe.

A faiskolás kísérletek mellett három laboratóriumi kísérlet is beállításra került a faiskolából (kísérleti területről) származó talajmintákkal. Ezek során 300 ml-es tenyészedényekben a talajmintákat 10 ismétlésben beállítva kezeltük a huminsav különböző súlykoncentrációjú oldatával. Minden kezelésnek megvolt a maga kezeletlen kontroll ismétlése. A három kísérletből két esetben a huminsavas kezelési oldat 0.5%-os, és egy kísérletnél 0.075%-os volt. A minták a kezelés után nedvesen lettek tartva két hónapon keresztül, mielőtt bevizsgálásra kerültek. A huminsav koncentráció megállapításánál a szakirodalomban már leírt eredményeket kívántam ellenőrizni és az eredményeket összehasonlítani a faiskolai kísérlet során elvégzett talajtesztelések eredményeivel.

3.1.8 Mérések és adatok begyűjtése

Kezelt és kezeletlen növények adatainak begyűjtése

A facsemetékről hetente gyűjtöttem be mérési adatokat. Méréskor a csemete törzsének átmérőjét és a növény magasságát vizsgáltam. Mérésenként az egyes sorokból 20 növényről vettem fel adatokat. Hetente összesen 5 kezelt és 1 kezeletlen sorból vettem mintákat blokkonként. Így egy parcellából összesen parcellánként 100 kezelt és 20 kezeletlen növényről gyűjtöttünk be adatokat. A négy blokkból így hetente összesen 400 kezelt és 100 kezeletlen növény adatait értékeltük. A mintavétel során a vonal transekt módszert alkalmaztam (A transekt sorban lefektetett egész terület felmérése, ahol a kvadrát behatárolja a területet és ahonnan a növényegyedekről a mérési adatokat be kell gyűjteni). Az adatok begyűjtéséhez „U” típusú bemérő keretet használtam.

A kifejlett gránátalma csemeték minősítését többoldalú vizsgálatokkal támasztottuk alá. A 4 kísérleti terület kezelt és kezeletlen soraiból vett 10-10 minta adatainak kiszámoltuk az átlagait és a szórásait.

Klimatikus adatok begyűjtése

A facsemeték adatain túlmenően a klimatikus adatokat is rendszeresen regisztráltuk. Ennek során az alábbi méréseket végeztük:

- Levegő maximum-minimum hőmérséklete,
- Talaj hőmérséklet 7:00-12:00-19:00 órákor,
- Levegő relatív páratartalma százalékosan kifejezve,
- Légnyomás Torrban és Pascalban mérve,
- Evapotranspiráció napi értéke milliméterben (melléklet 2.3; 48. és 49. táblázat).

A mérésekhez a következő eszközöket használtam: Zea márkájú (angol) maximum-minimum és talajhőmérő, digitális páratartalom és légnyomásmérő (Extech 42270 Datalogger), sztandard “A” típusú evaporációs kád, csapadékgyűjtő tölcser.

Víz minőségi adatainak és az öntözési értékek adatainak begyűjtése

Az öntözővíz minőségi tesztelésére HACH típusú (Cat. 27552-50) indikátorcsíkot használtam. Ezzel az indikátorral 5 minőségi tényezőt lehet megvizsgálni: az összes és a szabad klorin tartalom, vízkeménység, lúgosság és pH érték.

A felszíni barázdás öntözés hatékonyságának megállapítására az alábbi méréseket végeztem el:

- Az öntözési barázda átlagos keresztmetszete és hossza,
- A másodlagos öntözőcsatorna vízkibocsátása l/sec-ban. Ehhez a vizsgálathoz 20 literes mérőedényt használtam és a barázdába beömlő víznek a mérőedény feltöltéséhez szükséges idejét mértem stopperrel.

Számítás:

$$\text{Víz kibocsájtás (l/sec)} = \frac{\text{Mérőedény kapacitása (liter)}}{\text{Mért időtartam (sec)}}$$

- A következőkben a vízfront haladási értékeit és recessziós időtartamát mértem. Ehhez a barázda közepén öt méteres távközönként mérőpóznákat telepítettünk. A vízfront előrehaladása folyamán azt az eltelt akkumulált időtartamot mértük, amely ahhoz volt szükséges, hogy a vízfront az egyes póznákat elérje. A teljes haladási időtartam egyenlő azzal az időtartammal, ami ahhoz szükséges, hogy a vízfront a barázda átellenes végét elérje. A víz utánpótlás elzárása után az egyes recessziós értékeket mértem, ami azzal az időtartammal egyenlő, ami ahhoz kell, hogy a víz a talajban felszívódjon, azaz az egyes póznák alsó szintjét elérje. A két adatcsoportból és az infiltrációs adatgörbéből a talajnedvesedési séma megállapítható a barázda egyes mérési pontjain.
- Az infiltrációs görbe elkészítéséhez a méréseket a nemzetközi gyakorlatnak megfelelően két mérő cilinderral végeztem, melyből az egyik 30 cm a második 60 cm átmérőjű volt. A két cilindert 10 cm-es mélységben a talajban rögzítettük, belül a kisebbiket és körülötte a nagyobbikat. A két henger közötti részt vízzel feltöltöttük, hogy a víz oldalirányú szivárgását megakadályozzuk. A belső cilindert vízzel megtöltöttük és mértük a vízszint csökkenését eleinte gyakori 1-2 perces majd fokozatosan nagyobb időközönként, amíg a vízszint csökkenés el nem ért egy állandó gyakorisági értéket. A talajnedvesítési értékeket grafikonon rögzítettem.

Számítás:

Infiltrációs görbe (CIR), ahol $y = CI_b + CI_{C1} + \dots + CI_{cn}$ és $x = Ct_b + Ct_{C1} + \dots + Ct_{cn}$, ahol

CI_b = Változó vízszint csökkenési értékek az állandósulás idejéig (Initial Cumulative Infiltration Rate)

Ct_b = Változó vízszint csökkenési értékekhez tartozó időtartam (Cumulative time)

CI_{cn} = Az állandósult (konstans) vízszint csökkenési értékek (Constant Cumulative Infiltration Rate)

Ct_{cn} = Az állandósult vízszint csökkenési értékekhez tartozó időtartam (Constant time)

- A barázdas öntözés infrastruktúrális hatékonyságának meghatározására az úgynevezett negyedes időtartamot számoltam ki. Ehhez először meghatároztam a kívánt talajnedvesedési mélységet, mely a gránátalma csemete esetében 45 cm-t jelentett, majd az infiltrációs görbéből meghatároztam az ehhez a mélységhez tartozó időtartamot. A kapott időtartamot négyfelé osztva megkaptam azt az időt, amely egyenlő a hatékony öntözési struktúrához szükséges teljes haladási idővel. A gyakorlatban mért vízfront haladási értékét ezzel összevettem és megkaptam az öntözési infrastruktúra hatékonysági százalékát.

Számítás:

$$Q_t = \sum_{1-n} CIR_t / 4$$

$$IH = (t_H / Q_t) * 100, \text{ ahol}$$

Q_t = Negyedés időtartam értéke

CIR_t = Infiltrációs görbéből származó időtartam

IH = Infrastrukturális hatékonyság

t_H = Gyakorlatban mért vízfront haladási időtartam

- Az öntözés hatékonyságát a gyakorlatban mért és a megkívánt öntözési mélység hányadosából százalékos értékben határoztam meg.

3.1.9 Talajminták begyűjtése

Talajminták begyűjtésére három ízben került sor: a dugványozás megkezdése előtt, a növekedési ciklus közepén és a betakarítás után. Ismétlésenként három mintát vettünk talajfúróval 0-20 cm-es és 20-40 cm-es mélységben. A mintákat levegőn szárítottuk és 2 mm-es szitán rostáltuk.

3.1.10 A talajminták laboratóriumi tesztelése

A minták fizikai tulajdonságainak meghatározására az alábbi vizsgálatokat végeztük el:

- A minták részecske összetételének meghatározása ülepítéssel,
- Talajtextúra meghatározása a részecske összetételből,
- Az Arany féle kötöttségi érték meghatározása,
- Térfogat tömeg meghatározása (105C°-on szárított bolygatatlan száraz talaj fajlagos tömege g/cm³-ben, $P = g/V$ ahol g =szárított talajminta tömege V =mintavevő henger térfogata) ,
- Sűrűség meghatározása (Szilárd fázis fajlagos tömege piknométerrel, azaz folyadék-kiszorításos módszerrel desztillált vizet vagy apoláros folyadékot használva (benzol, petróleum, xilol)),
- Talajporozitási érték számítása a fajlagos és részecske sűrűségi értékből ($P\% = 100 - P / P_{SZ} \cdot 100 = [(P_{SZ} - P) / P_{SZ}] \cdot 100$),
- "Zero Bar" vízvisszatartó képesség meghatározása tömegre és térfogatra,
- Konzisztencia meghatározása gyúrási próbával,
- Higroszkóposági érték meghatározása CaCl₂·6H₂O, 35% relatív páratartalomnál mért 20C°-on. $h_y \approx h_{y1}$,
- Száraz és nedves talajminta színképelemzése (10YR).

A talajminta vizsgálatokra részben a gödöllői Szent István Egyetem agrokémiai laboratóriumában került sor, részben pedig RoP talajvizsgáló laboratóriumában. A vizsgálatokhoz az alábbi módszertani leírásokat tartalmazó könyveket használtam:

- Buzás I.: Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv, 1993
- The Council on Soil Testing and Plant Analysis: Handbook on Reference Methods for Soil Testing, 1980
- American Society of Agronomy: Methods of Soil Analysis, Part 1-2, 1965
- Soil Science Society of America: Soil Testing and Plant Analysis, 1991
- Conway, J.S.: Soil Practical Handbook, 1985
- Hall et al.: Water Retention, Porosity and Density of Field Soils, Soil Survey Technical Monograph no. 9. 1977
- Thomasson, A. J.: Soils and Field Drainage. Soil Survey Technical Monograph no. 7. 1975
- Stevens R. G. et al.: Soil test interpretation guide, 1996

A talajminták kémiai tulajdonságainak vizsgálatára és a tápelemek mennyiségi meghatározására két típusos tesztelési vizsgálatot végeztünk. Az egyik csoport azokat a tesztek tartalmazta, melyeket a HACH laboratóriumi felszerelésekkel lehet végezni amerikai szabvány alapján (HACH NPK-1 soil kit manual 1992, HACH Soil and irrigation water interpretation manual 1993):

- Nitrát-nitrogén meghatározása kalciumszulfátos feltárásból kadmium redukciós eljárással,
- Foszfát tartalom meghatározása Mehlich 2 extraktumos feltárásból aszkorbinsavas módszerrel,
- Kálium meghatározása Mehlich 2 extraktumos feltárásból tetrafenilborátos módszerrel,
- pH, elektromos vezetőképesség és vízben oldható sótartalom elektródás meghatározása Twin Cond B-173 műszerrel vizes feltárásból.

Ezeket a vizsgálatokat RoP talajvizsgáló laboratóriumában végeztem el Afganisztánban. A további vizsgálatokra a gödöllői Szent István Egyetem agrokémiai laboratóriumában került sor (BUZÁS I.: Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv, 1993):

- Az AL (Ammónium-laktát) oldattal kivonható foszfor-, illetve káliumtartalom,
- A N KCl- oldható nitrát- és ammónium-N tartalom,
- Cu, Fe, Mn, Zn meghatározása HNO₃-as feltárásból,
- K, Na, Ca, Mg meghatározása ammónium-acetátos oldatból,
- A vizes illetve KCl-os pH,
- Kicsérélhető és hidrolitos savanyúság,
- CaCO₃ tartalom,
- CEC és S%,

- Izzítási veszteség,
- Humusztartalom 0.25 mm és 2 mm-es mintákból,
- Összes nitrogén,
- A levélmintákat lemértük, szárítottuk, majd meghatároztuk nitrogén, foszfor és káliumtartalmukat.

A talajvizsgálatoknál az alábbi alapvető szabványok értelmében jártam el:

A talaj egyes kémiai tulajdonságainak vizsgálata;	MSZ-08-0206-1:1978 2.
a talajminta előkészítése; a talaj oldható tápelemtartalmának meghatározása	MSZ 20135:1999 2. MSZ 21470-50:2006 2.
Ammónium-laktátos (AL) talajkivonat készítése	MSZ 20135:1999 4.1.3., 4.2.1.
Kálium-kloridos (KCl) talajkivonat készítése	MSZ 20135:1999 4.1.4., 4.2.2.
EDTA-s (EDTA) talajkivonat készítése	MSZ 20135:1999 4.1.5., 4.2.3.
Lakanen-Erviö (LE) talajkivonat készítése	MSZ 20135:1999 4.1.6., 4.2.4.

Ennek alapján a vizsgálatokat a következő szabványok szerint végeztem:

Vizsgálat megnevezése

Talajminta előkészítése, őrlése
 Kálium-kloridos (KCl) talajkivonat készítése
 Ammónium-laktátos (AL) talajkivonat készítése
 EDTA-s (EDTA) talajkivonat készítése
 Lakanen-Erviö (LE) talajkivonat készítése
 pH (H₂O) potenciometria, mérési tartomány: pH 2-13
 pH (KCl) potenciometria, mérési tartomány: pH 2-13
 Oldható (NO₃⁻ + NO₂⁻)-N tartalom (KCl-os kivonatból)
 Összes nitrogén 1 mg/100 g talaj
 Oldható P₂O₅ tartalom (Ammónium-laktátos-os kivonatból)
 Oldható K₂O tartalom (Ammónium-laktátos-os kivonatból)
 Oldható nátrium tartalom (Ammónium-laktátos-os kivonatból)
 Oldható magnézium tartalom (KCl-os kivonatból)
 Oldható cink tartalom (EDTA-KCl-os kivonatból)
 Oldható réz tartalom (EDTA-KCl-os kivonatból)
 Oldható mangán tartalom (EDTA-KCl-os kivonatból)
 Szulfat tartalom (KCl-os kivonatból)

Vizsgálati módszer azonosítója

MSZ-08-0206-1:1978 2.
 MSZ 20135:1999 4.1.3., 4.2.2.
 MSZ 20135:1999 4.1.3., 4.2.1.
 MSZ 20135:1999 4.1.5., 4.2.3.
 MSZ 20135:1999 4.1.6., 4.2.4.
 MSZ-08 0206/2:1978 2.1.
 MSZ-08 0206/2:1978 2.1.
 MSZ 20135:1999 5.4.5.
 MSZ-08-0458:1980
 MSZ 20135:1999 5.4.2.2.
 MSZ 20135:1999 5.4.3
 MSZ 20135:1999 5.3.
 MSZ 20135:1999 5.2.
 MSZ 20135:1999 5.2.
 MSZ 20135:1999 5.2.
 MSZ 20135:1999 5.2.
 MSZ 20135:1999 5.4.1.1.

Vastartalom ICP-AES	MSZ 20135:1999 5.1.4.
Kalciumtartalom (Ammónium-laktátos-os kivonatból)	MSZ 20135:1999 5.1.4.
Arany- féle kötöttségi szám (KA), plaszticitás vizsgálat	MSZ-08 0205:1978 5.1.
Leiszapolható rész	MSZ-08-0205:1978 3.
Szemcseeloszlás	MSZ 14043-3:1979
Szerves szén, humusztartalom (spektrofotometria) 0,01 m/m%	MSZ 21470-52:1983 2.
Elektromos vezetés (VK 1:5) (konduktometria) 1,0 μ S/cm	MSZ 21470-2:1981
Vízben oldható összes só, konduktometria	MSZ-08 0206/2:1978 2.4.
Szerves szén, humusztartalom (spektrofotometria) 0,01 m/m%	MSZ 21470-52:1983 2.
Humusztartalom minősége (spektrofotometria) 0,01 (koefficiens)	MSZ 21470-52:1983 3.
Szénsavas mésztartalom, gázvolumetria	MSZ-08 0206/2:1978 2.2.
A talaj Higrószkópossága (h_{y1}), tömegmérés	MSZ-08-0205:1978
Hidrolitos aciditás (y_1 -érték), acidi alkalimetria	MSZ-08 0206/2:1978 2.5.
Kicserélődési aciditás (y_2 -érték) acidi alkalimetria	MSZ-08 0206/2:1978 2.6.

3.2 Laboratóriumi kísérletek

3.2.1 Kísérleti növény

A laboratóriumi kísérletekhez angolperje (*Lolium perenne*) vetőmagot használtam, melynek kis mérete és gyors csírázóképesége megfelelt az egyhónapos megfigyelési időre tervezett kísérletekhez.

3.2.2 Talaj

Homokos vályogtalaj, amelyet a faiskolás kísérletek területéről lettek begyűjtve. A talajokat levegőn szárítottuk majd 2 mm-es szitán átrostáltuk mielőtt azokat a kísérlethez felhasználtuk volna. A talaj fakó, világos színe az alacsony szerves-anyagtartalomra utal. A talaj fizikai és kémiai tulajdonságai megegyeznek a szántóföldi kísérlethez használt talaj tulajdonságaival.

3.2.3 A kísérletek beállítása

A magok légszáraz, 2 mm-es szitán átrostált talajjal feltöltött, 200 ml űrméretű tenyészedényekbe lettek elültetve. Minden edénybe 200 mag került. A talajok előzetesen huminsavval lettek kezelve különböző súlykoncentrációban.

A tenyészedény kísérleteket angolperje jelzőnövényt végeztük. Háromféle koncentrációban (10%, 0,5%, 0,075%) a talajhoz keverve vizsgáltuk a humuszkészítmény hatását a növények fejlődésére és tápanyagfelvételére. A kísérleteket 3 különböző időpontban végeztük.

Mindhárom időpontban a kezelés ismétlésszámának megfelelő számú ismétlésben a kontrollkezelést is beállítottuk.

A kísérletet a következő rendszer szerint hajtottam végre:

<u>Kezelés</u>	<u>Ismétlés</u>	<u>Kontroll ismétlés</u>	<u>Mérések</u>
10 %	5	5	Szárazanyag tartalom, NPK konc. a növényben
0,5 %	10	10	Szárazanyag tartalom, NPK konc. a növényben
0,075 %	10	10	Szárazanyag tartalom, NPK konc. a növényben

5 hét elteltével a levélzetet eltávolítottuk és levegőn megszárítottuk. Az így előkészített levélmintákat bevizsgáltuk. A környezet hőmérséklete 20C°-ra lett beállítva.

A tenyészedényes kísérlet mellett csírázási kísérleteket is végeztünk. Ezeket petri csészékben végeztük, melybe huminsavval átitatott vattát helyeztünk. A vattákra csészénként 25 magot helyeztünk. Ebben az esetben is 10 teszt és 10 kontrollismétlés lett beállítva koncentrációnként. A kísérleteket különböző huminsavas koncentrációval végeztük. Az alkalmazott súlykoncentrációk értékei a következők voltak: 1%-os, 0.5%-os és 0.1%-os huminsav oldatok. A kísérlet időtartama alatt naponta figyeltük és feljegyeztük a kelési arányt és növekedési erélyt. A környezet hőmérséklete 20C°-ra lett beállítva.

3.2.4 A minták bevizsgálása

A levélmintákat lemértük, majd meghatároztuk nitrogén, foszfor és káliumtartalmukat. Az adatokból kiszámítottuk a három tápelem százalékos értékét mintánként. A vizsgálatokra a gödöllői Szent István Egyetem agrokémiai laboratóriumában került sor. A vizsgálatoknál az alábbi szabványok értelmében jártam el:

<u>Vizsgálat megnevezése</u>	<u>Vizsgálati módszer azonosítója</u>
Növényi anyagok előkészítése őrlése	MSZ-08-1783/1: 1983 3.3.2. szakasz MSZ-08-1783/1: 1983 4.3. szakasz
Kénsavas roncsolás (Kjeldhal módszer)	FIA-13:1997
Nitrogén tartalom, Wagner-Parnas desztilláció	MSZ-08-1783/6: 1983
Foszfortartalom, Spektrofotometria	MSZ-08-1783/28: 1985

3.2.5 A kísérleti eredmények biometriás értékelése

Mind a faiskolai, mind pedig a laboratóriumi kísérletek eredményeit statisztikai vizsgálatoknak is alávettem. A statisztikai vizsgálatok során a *StatistiXL* programot használtam. Először elkülönítettem a kiugró értékeket, amelyek eltorzíthatják a statisztikai értékelés eredményét. Ehhez négyféle tesztet alkalmaztam: Grubbs, Gauss, IQR és Dixon teszt. Annak ellenére, hogy az adatokat a biometriai értékelések széles skáláján bevizsgáltam, elsősorban három csoportba tartozó statisztikai elemzésekre koncentráltam:

- t-próba tesztek,
- Varianciaanalízisek csoportja: egy és kétoldalú ANOVA, MANOVA tesztek,
- Korreláció analízisek csoportja (egy és több változós),
- Regresszió analízisek és összehasonlító regresszió analízis.

A t-próba alkalmazásánál minden esetben a Null-hipotézis az volt, hogy a mérések eredményei között a különbség elhanyagolható. A hipotézis valószínűségét $P=0.05$ (95%) szignifikancia határok között vizsgáltam.

A variancia-analízis segítségével megoldható feladatokat két nagy csoportra osztottam:

- Több azonos szórású, normális eloszlású valószínűségi változó várható értékének összehasonlítása. (Egy szempontos variancia-analízis).
- A vizsgált változó értékét szignifikánsan befolyásoló hatások kiválasztása. (Egy- és több szempontos variancia-analízis).

A variancia-analízis során a számított értékeket összehasonlítottam az "F" táblázatban megadott értékekkel $F_{0,05}$, Szf nevező, Szf számláló értékeivel (95%-os valószínűségi szint mellett). Szignifikánsnak számít a különbség, ha az "F" szám értéke nagyobb, mint a táblázatban megadott érték, ezért azt mondjuk, hogy az összehasonlított sokaságok várható értékei között szignifikáns különbség van.

Kvantitatív változók sztochasztikus, a statisztikai valószínűségen alapuló kapcsolatának vizsgálatára a regresszió-számítást alkalmaztam. A regresszió-számítás során matematikai összefüggést kerestünk a változók között. Az $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ összefüggésben a függő változó (y) valószínűségi változó, míg a független változók (x_1, x_2, \dots, x_n) a leggyakoribb esetben nem valószínűségi változók. A számításokhoz az egy független változós lineáris regresszióval dolgoztam, melynek általános alakja $y = m \cdot x + a$, egy egyenes egyenlete, ahol a meredekség az "m", a tengelymetszet pedig "a". A továbbiakban a független változó (x) értékeit nem tekintettem valószínűségi változónak. A mérési pontok és a számított egyenes közötti illeszkedés szorosságát a

determinációs együttható adta meg. A determinációs együttható (R^2) kifejezi, hogy a függő változó (y) értékei közötti eltérés hányadrésze vezethető vissza a lineáris összefüggésre, $1-R^2$ pedig a véletlenre visszavezethető eltérések arányát adta meg.

A gyakorlatban a determinációs együttható helyett nagyon sokszor annak előjeles négyzetgyökét, a korrelációs együtthatót szokták használni a kapcsolat szorosságának jellemzésére. Ennek előnye, hogy előjele révén a kapcsolat irányára is utal (Korreláció analízisek csoportja). A korrelációs együttható értéke (hasonlóan a determinációs együtthatóhoz) 0 és 1 között változik. A 0-hoz közeleső értékek gyenge, vagy nem szignifikáns kapcsolatra utalnak, míg teljes függvénykapcsolat esetén $R=1$. A korrelációs együttható szignifikáns kapcsolatra utaló küszöb-értékeit a regressziószámítás szabadsági foka ($n-2$) függvényében vizsgáltam. A meredekség és a tengelymetszet hibájának ismeretében eldönthető volt, hogy "m" és "a" értékei szignifikánsan különböznek-e egy hipotetikus m' és a' értéktől (Próbastatisztika). Ha a számított értékek nagyobbak, mint az $n-2$ szabadsági fokhoz tartozó táblázatos "t" érték, az összehasonlított paraméterek között az adott szinten szignifikáns különbség van.

Lényeges szempont volt annak eldöntése, hogy van-e egyáltalán összefüggés a függő és független változó között, azaz "y" értéke változik-e "x" függvényében. Amennyiben nincs összefüggés, akkor "y" független "x"-től, azaz a számított egyenes meredeksége nem különbözik szignifikánsan 0-tól. Ennek eldöntésére a próbastatisztikában $m'=0$ értéket adtam meg, és "tm" értéke alapján vizsgáltam, hogy "m" értéke szignifikánsan eltér-e 0-tól. (Ez a próba a tengelymetszetre vonatkozóan is elvégezhető, de ez nincs kapcsolatban az összefüggés szorosságával.)

4 EREDMÉNYEK

4.1 Növényi kísérletek eredményei

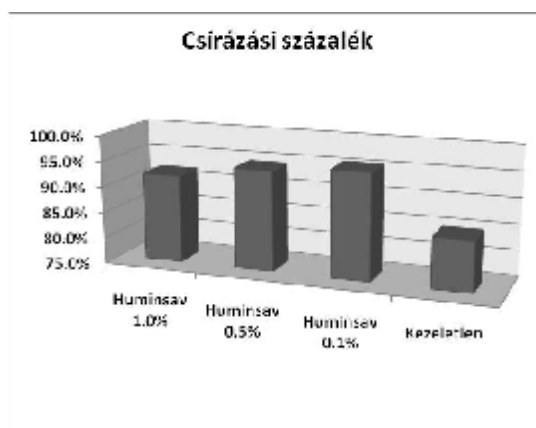
4.1.1 Angolperje csírázási kísérletének eredménye

A kísérletek egyértelműen megerősítették azokat a véleményeket, amelyek azt állítják, hogy huminsavas kezelés serkenti a növények csírázókéességét. Minden beállított kísérlet esetében a kezelt növények kelési százaléka jóval magasabb volt, mint a kezeletlen magoké (2. táblázat).

2. táblázat Különböző koncentrációjú huminsav oldattal kezelt tápközegben nevelt angolperje csírázási százaléka és növekedési erélye

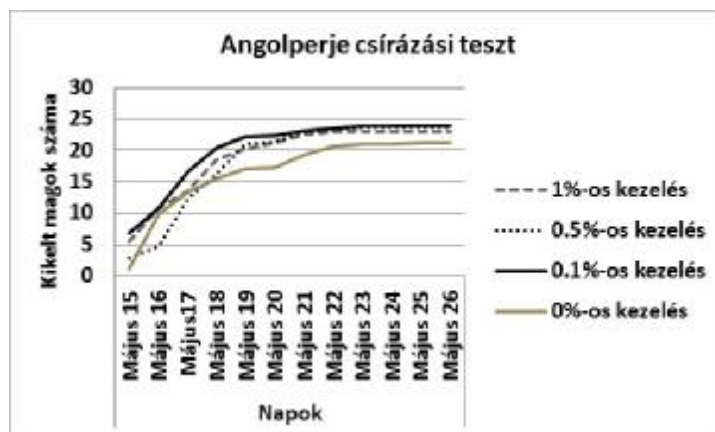
Növény:	Angolperje	
Kezelés	Átlagos	
	Csírázási százalék	Növekedési erély
Huminsav 1.0%	92.0%	3
Huminsav 0.5%	94.4%	3
Huminsav 0.1%	95.6%	4
Kezeletlen	84.8%	2

Ez a kelési százalék mellett a fejlődési vigorban is megnyilvánult. Az viszont meglepő eredménynek tekinthető, hogy a 0.1%-nál magasabb koncentrációjú kezelések hatására a kelési százalék értéke fokozatosan visszaesett. Ez arra enged következtetni, hogy magas koncentrációjú kezelés akár csírázásgátló hatású is lehet. A legjobb eredmény 95.6%-os kelési arányt mutatott 0.1% kezelés hatására, ellentétben a kezeletlen magok 84.8%-os kelési arányával szemben. Az 1.0%-os kezelés viszont már csak 92.0%-os kelési arányt eredményezett (1. ábra).



1. ábra Különböző koncentrációjú huminsav oldattal kezelt tápközegben nevelt angolperje csírázási százaléka

A kísérlet eredményeinek vizsgálatakor az is megállapítható volt, hogy a kezdeti időszakban a 0.1%-os huminsav oldattal kezelt magok csírázási erélye nagyobb volt, mint az a többi kezelés esetén megfigyelhető volt (2. ábra).

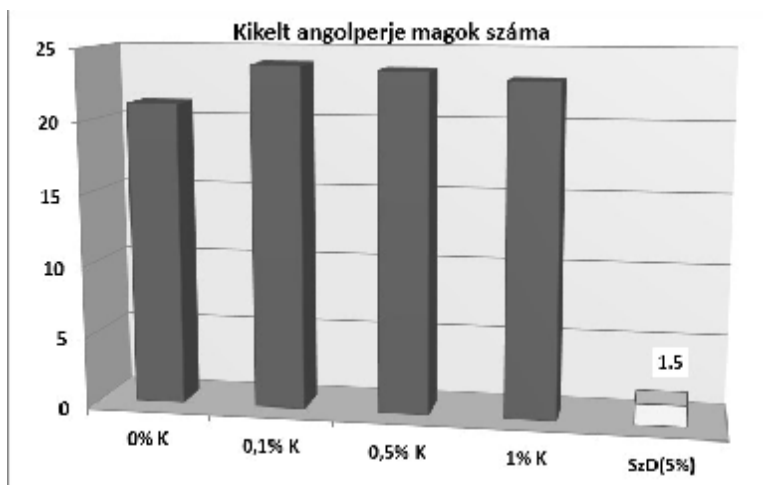


2. ábra Különböző koncentrációjú huminsav oldattal kezelt angolperje magok csírázási erélye a kelési időszakban

A kezelés hatását kifejező átlagok közötti különbséget ez utóbbi elemzésből származó $SzD_{(5\%)}$ ($LSD_{(5\%)}$) értékkel vizsgáltuk. Ezt azzal indokoljuk, hogy egyrészt a nagyobb számú ismétlés segítségével pontosabban becsülhető a kísérlet hibája. Másrészt a varianciaanalízis alkalmazásának kiinduló feltétele az, hogy az adatok szórása nem függ a kezeléstől.

A hatások összehasonlítására megvizsgáltuk, hogy ezek átlagai nagyobb mértékben térnek-e el egymástól, mint az $SzD_{(5\%)}=1,5$ érték. Az ábrán is látható, hogy a humuszkészítménnyel nem kezelt minta, illetve a kezelt minták eredményeinek hatásához képest a kezeléssel szignifikáns mértékben lehetett nagyobb hatást elérni (melléklet 2.3; 50. táblázat).

A különböző koncentrációkban alkalmazott huminsav hatására nem jött létre szignifikáns változás a mért csírázási adatokban az egyes kezeléseik között. A tendencia jellegű pozitív hatás az 0,1% os kezelés esetén statisztikailag nem igazolható az adatok nagy szórása és az ebből számított nagy $SzD_{(5\%)}=1,5$ miatt (3. ábra).



3. ábra Különböző koncentrációjú huminsav oldattal kezelt angolperje magok csírázási adatainak összehasonlítása

A varianciaanalízis eredményeként kapott "F" értékek (13.865; 13.550; 13.483 – P=0.000) nagyobbak voltak, mint a 95%-os szignifikancia szintnél megállapított F=1.6 érték, ami szignifikáns különbséget jelez a tesztelt minták populációi között (3. táblázat). A Pearson féle korrelációs index erős pozitív korrelációt mutat a kezelt és kezeletlen minták között (4. táblázat).

3. táblázat Különböző koncentrációban huminsavval kezelt angolperje csírázási tesztjének varianciaanalízise

Soktényezős variancia analízis - $F_{0.05; 69, 282} = 1.3$			
Csírázási teszt	Szf	F	Prob.
Teszt-Kontroll	69; 282	5.696	0.000
Egy tényezős variancia analízis - $F_{0.05; 23, 96} = 1.57$			
Koncentráció	Szf	F	Prob.
Hu-1.0%	23; 96	13.865	0.000
Hu-0.5%	23; 96	13.550	0.000
Hu-0.1%	23; 96	13.483	0.000

4. táblázat Különböző koncentrációban huminsavval kezelt angolperje csírázási tesztjének Pearson féle korreláció analízise

Pearson Korreláció: Teszt-Kontroll Növény		
Koncentráció	R	Prob.
Hu-1.0%	0.745	0.000
Hu-0.5%	0.790	0.000
Hu-0.1%	0.764	0.000

A teszt eredmények és a modell által megadott értékek közötti különbségek (Residuals) vizsgálatára felállított normál valószínűségi grafikon nem mutatott kiugró értékeket, azaz a modell biztonsággal alkalmazható.

Az egyes kezelések analizéséből kapott lineáris regressziók összehasonlítása varianciaanalízissel szignifikáns különbséget állapított meg. Az ennek alapján elvégzett soktényezős összehasonlítási teszt eredménye az volt, hogy az egyes regresszióknak nincs közös lejtése (7. táblázat).

Specifikus értékre ($x=0$) vizsgált lejtések alátámasztották, hogy a legnagyobb különbséget a kezeletlen mintákhoz képest a 0.1%-os kezelés adja, mivel függő változó értéke ennél a legmagasabb ($y=8.931$).

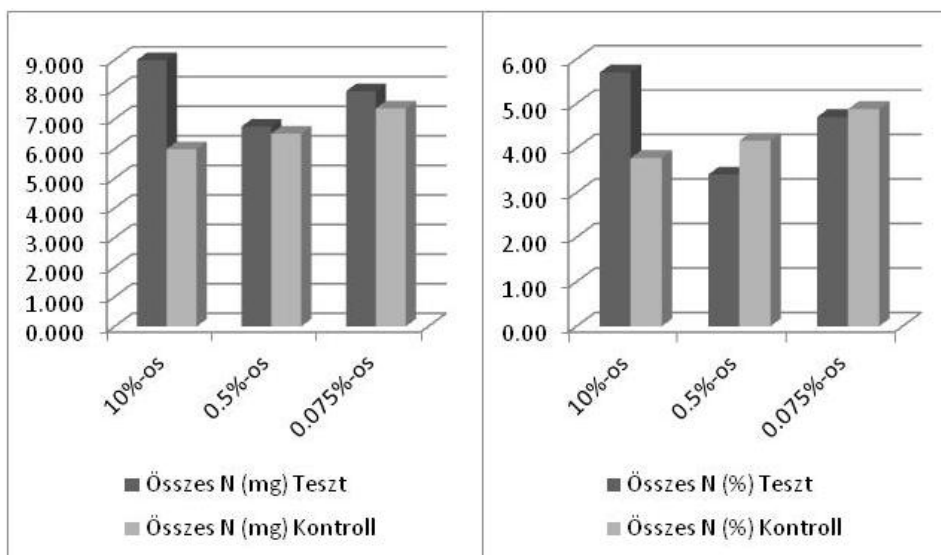
7. táblázat Különböző koncentrációban huminsavval kezelt angolperje csírázási tesztjére elvégzett regresszió analízisek összehasonlítása

Lineáris Regressziók Összehasonlítása										
Angolperje	Korreláció			F _{0.05;1,10} = 5.0		Regresszió Koefficiens				Számított
	R ²	R	Adj. R ²	F	Prob.	Intercept	Prob.	Kontroll	Prob.	y=a+bx
Regresszió 1.	0.754	0.868	0.730	30.698	0.000	2.664	0.342	1.463	0.000	2.664+(1.463*X)
Regresszió 2.	0.742	0.861	0.716	28.686	0.000	5.625	0.059	1.402	0.000	5.625+(1.402*X)
Regresszió 3.	0.748	0.865	0.723	29.656	0.000	0.808	0.817	1.834	0.000	0.808+1.834*X
Regresszió 4.	0.694	0.833	0.663	22.657	0.001	7.516	0.023	1.326	0.001	7.516+(1.326*X)
Közös Keresztelési Pont			4.153							

4.1.2 Angolperjével végzett laboratóriumi kísérletek eredményei

A növények által felvett összes nitrogén milligrammban megadott értékei azt mutatták, hogy a huminsav oldattal végrehajtott kezelések hatására mindhárom kezelési oldat koncentráció esetében a teszt növények által felvett összes nitrogén mennyisége nagyobb volt, mint a kezeletlen talajon nevelt kontroll növényeké. Különösen nagy különbség jelentkezett a 10%-os huminsav oldattal kezelt minták esetében.

A százalékosan megadott összes felvett nitrogén értéke csak a 10%-os kezelési oldat koncentrációnál haladta meg a kezeletlen mintáknál mért értékeket, míg a 0.5%-os és 0.075%-os kezelési koncentrációnál az értékek kisebbek voltak, mint a kontroll minták értékei (4. ábra).

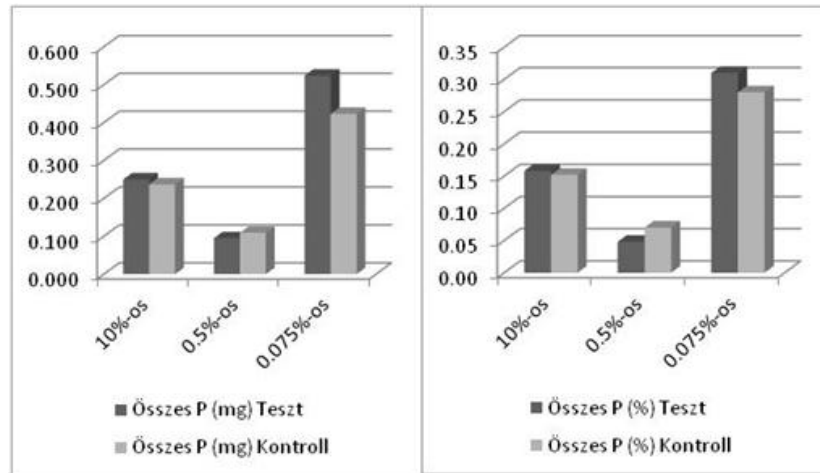


4. ábra Különböző koncentrációjú huminsav oldattal kezelt talajon nevelt angolperje levélminták N tartalmának összehasonlítása százalékosan és mg-ban

A felvett foszfor esetében mind a százalékos, mind pedig a milligrammban megadott értékek egyező tendenciát mutattak. Jelentős különbség volt megfigyelhető a kezelt és kezeletlen minták között a 0.075%-os huminsav oldattal kezelt talajról származó minták esetében a teszt növények javára.

Bár a 10%-os kezelési koncentrációnál a teszt minták jobbnak bizonyultak, mint a kontroll minták, ez a különbség sokkal kevésbé volt számottevő, mint azt a 0.075%-os kezelésnél tapasztaltuk.

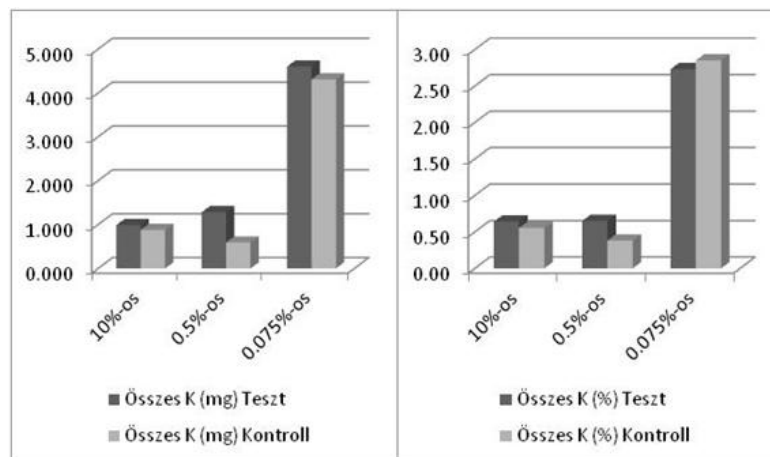
A 0.5%-os kezeléseknél, mind a százalékosan mind pedig a milligrammban megadott értékek azt mutatták, hogy a kontroll növények által felvett foszfor mennyisége nagyobb, mint a teszt növényeké (5. ábra).



5. ábra Különböző koncentrációjú huminsav oldattal kezelt talajon nevelt angolperje levélminták P tartalmának összehasonlítása százalékosan és mg-ban

A növények által felvett kálium mennyiségének vizsgálata során megfigyelhető volt, hogy a milligrammban kapott értékek mindhárom kezelési koncentráció esetében nagyobbak voltak a teszt növényeknél, mint a kontroll növényeké.

A százalékosan megadott értékeknél a 0.075%-os kezelési koncentráció esetében azonban ez az érték a kontroll növényekre nézve magasabb volt. Mindkét mértékegységben megadott értékeknél tapasztalható volt, hogy a különbségek a teszt és kontroll minták között szignifikánsan nagyobbak voltak a 0.5%-os kezelés esetében (a teszt növények javára), mint azt a másik két kezelésnél megfigyeltük (6. ábra).

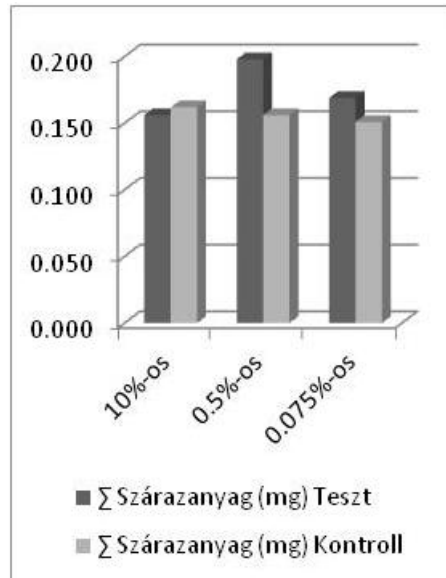


6. ábra Különböző koncentrációjú huminsav oldattal kezelt talajon nevelt angolperje levélminták K tartalmának összehasonlítása százalékosan és mg-ban

A szárazanyag tartalom mérésekor megállapítható volt, hogy a 0.5%-os és 0.075%-os kezelési oldat koncentráció esetében a kezelt talajról származó teszt növények szárazanyagtartalma magasabb

volt, mint a kontroll növényeké. Különösen a 0.5%-os kezelési koncentráció esetében voltak számottevőek ezek a különbségek.

A 10%-os kezelési koncentrációnál a tesztnövények szárazanyag tartalom értékei kisebbek voltak, mint a kontroll minták értékei (7. ábra).



7. ábra Különböző koncentrációjú huminsav oldattal kezelt talajon nevelt angolperje levélminták szárazanyag tartalmának összehasonlítása mg-ban

Az egyes tápelemek között függőségi tendencia nem volt megfigyelhető. A nitrogén esetében állítólagosan fennálló foszforfüggőség (K. M. Cimrin és I. Yilmaz, 2005) egyáltalán nem volt megfigyelhető, mivel a mért százalékos és milligrammos értékek azt mutatták, hogy a tesztnövények egészen másképpen reagálnak a különböző kezelési oldat koncentrációkra a két tápelem felvétele során (8. táblázat).

8. táblázat Különböző koncentrációjú huminsav oldattal kezelt talajon nevelt angolperje levelének százalékos és milligrammban megadott NPK és szárazanyag tartalma

Huminsav koncentráció	Összes N (mg)		Összes P (mg)		Összes K (mg)		Σ Szárazanyag (mg)	
	Teszt növény	Kontroll növény	Teszt növény	Kontroll növény	Teszt növény	Kontroll növény	Teszt növény	Kontroll növény
10%-os	9.000	5.990	0.250	0.237	0.990	0.880	0.156	0.162
0.5%-os	6.752	6.515	0.095	0.109	1.284	0.593	0.198	0.156
0.075%-os	7.950	7.369	0.524	0.423	4.603	4.310	0.169	0.151

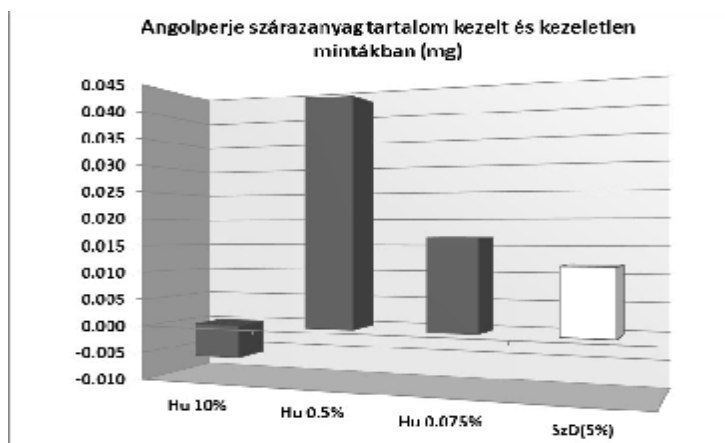
Huminsav koncentráció	Összes N (%)		Összes P (%)		Összes K (%)	
	Teszt növény	Kontroll növény	Teszt növény	Kontroll növény	Teszt növény	Kontroll növény
10%-os	5.700	3.780	0.158	0.152	0.640	0.554
0.5%-os	3.410	4.170	0.048	0.070	0.650	0.380
0.075%-os	4.700	4.880	0.310	0.280	2.730	2.850

A biometriás értékelés során egyszerre csak egyféle koncentráció hatását vizsgáltuk. A különböző időpontokban elvégzett kísérletek eredményei a nem vizsgált eltérő környezeti feltételek (hőmérséklet, fény, stb) miatt is eltérhettek. Ez a hatás oly módon keveredhetett a kezelések hatásával, hogy azok közvetlen összehasonlítása helytelen eredményekre vezetett volna. Ezért közvetlenül nem a hatásokat (növényi szárazanyag-produkció értékeket (yield) hasonlítottuk össze, hanem azok eltéréseit az azonos időben elvégzett kezeletlen (kontroll) mintákon mértekhez képest. A vizsgált mennyiségekből ismétlésenként kiszámítottuk a kezelt és kezeletlen mintára kapott értékek különbségét. Ezeket a különbségeket tekintettük a kezelések hatásának. Vizsgált tényezőnként így a 10% os kezelés esetén 5, a másik két kezelés (0,5%, 0,075%) esetén 10 ismétlésben kaptuk meg a hatás értékeket. Az eltérő ismétlésszám miatt az értékeléshez használt egytényezős variancia analízist (one-way ANOVA) két változatban készítettük el.

Az egyik változatban a 10 ismétlésben végzett kezelések adataiból, azokat páronként átlagolva 5 ismétlést képeztünk. Így a mindhárom kezelésszinten egységes 5 ismétlés alkalmazásával elvégeztük a variancia analízist (melléklet 2.3; 51. és 52. táblázat) . A másik változat szerint csak a két 10 ismétlést tartalmazó kezelés (0,5%, 0,075%) adataival végeztük el a számítást. Mindhárom kezelés hatását kifejező átlagok közötti különbséget ez utóbbi elemzésből származó $SzD_{(5\%)}$ ($LSD_{(5\%)}$) értékkel vizsgáltuk. Ezt azzal indokoljuk, hogy egyrészt a nagyobb számú (10) ismétlés segítségével pontosabban becsülhető a kísérlet hibája. Másrészt a varianciaanalízis alkalmazásának kiinduló feltétele az, hogy az adatok szórása nem függ a kezeléstől. Ezért a 0,5% és 0,075% os kezelések tíz ismétléséből számított szórása és a belőle számított SzD érték jogosan alkalmazható a 10% os kezelést kapott minták adataira is.

Először megvizsgáltuk a humuszkészítmény hatását az angolperje szárazanyag hozamára (melléklet 2.3; 53. táblázat). A hatások összehasonlítására megvizsgáltuk, hogy ezek átlagai nagyobb

mértékben térnek-e el egymástól, mint az $SzD_{(5\%)}=0,012$ értékek. Az ábrán is látható, hogy a 10% humuszkészítménnyel kezelt minta hatásához képest a 0,075%-os kezeléssel szignifikáns mértékben 0,023 mg-al nagyobb hatást lehetett elérni. Ennél is nagyobb pozitív hatást eredményezett a 0,5%-os kezelés. Ez szignifikánsan meghaladta a 0,075%-os kezeléssel kapott értéket is. A különbség 0,025 mg. A 10%-os kezeléshez képest a 0,5%-os kezelés hatása 0,048 mg-al bizonyult jobbnak (8. ábra).

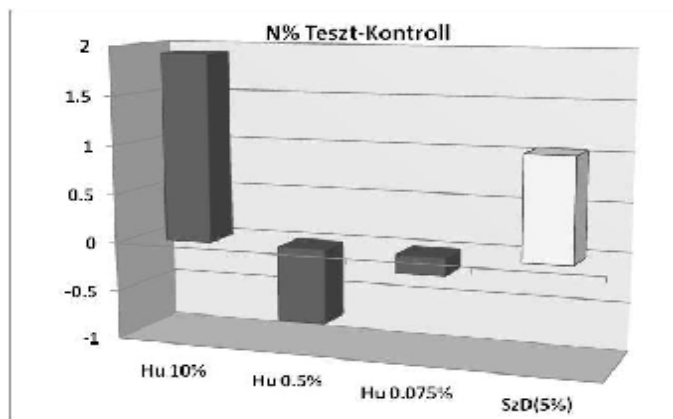


8. ábra A humuszkészítmény hatása az angol perje szárazanyag produkciójára (Kezelés-Kontroll)

Az eredmény rámutat arra, hogy a hatás jelentős mértékben dózisfüggő. Mind a magas, mind az alacsony dózisú alkalmazáshoz képest jelentős többlethatást mutathat egy közbűlő optimális kezeléskonzentráció érték.

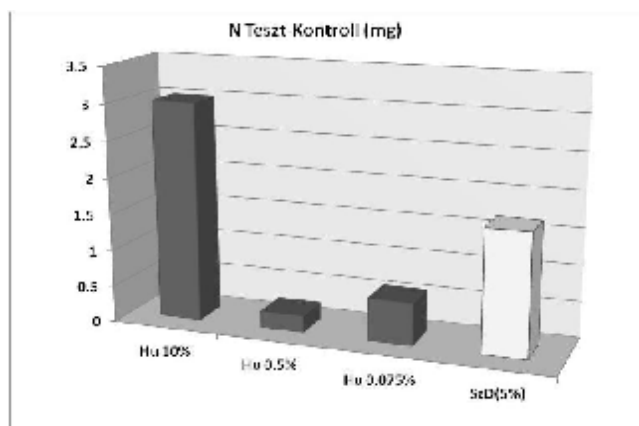
A kezelések szárazanyag-produkcióra gyakorolt hatásának vizsgálatához hasonlóan elvégeztük a növényminták NPK koncentrációjának és a tenyészedények talajából felvett NPK mennyiségek (mg) elemzését is. A koncentrációk és a felvett tápanyagmennyiség értékeinek elemzése hasonló eredményt mutatott.

A kezelések hatására létrejött nitrogén koncentrációváltozás a kontrollhoz képest azt mutatta, hogy az $SzD_{(5\%)}=1,67\%$ értékéhez képest jelentősen kisebb mértékben tér el egymástól a 0,5% és a 0,075% humuszkészítményt kapott növényekre gyakorolt hatás. Így ezek eltérése nem igazolható. Jelentősen eltérő, nagy N koncentráció-növekedést eredményezett a 10%-os humuszkészítmény alkalmazása. Ez a hatás mindkét alacsony humuszkészítmény kezelést kapott (0,5%, 0,075%) növényeken mértékhez képest jelentősen nagyobb N koncentráció-növekedést eredményezett a növényekben (9. ábra).



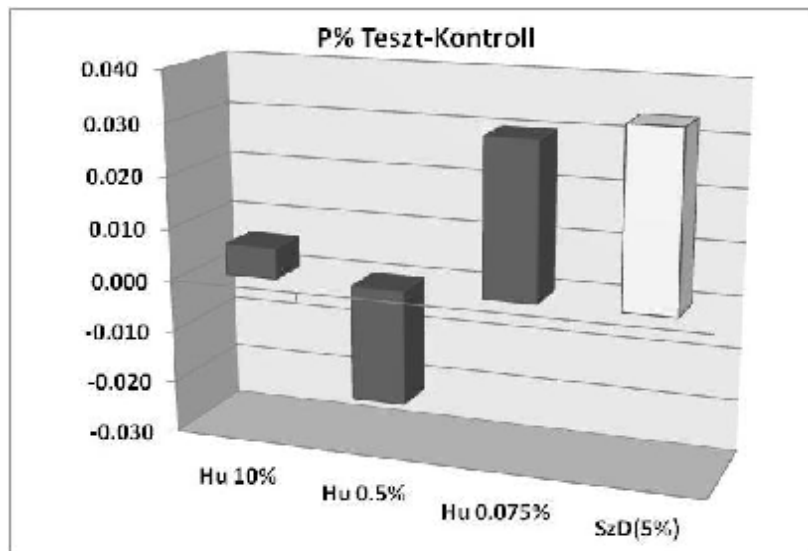
9. ábra A humuszkészítmény hatása az angol perje N koncentrációjára (Kezelés-Kontroll)

A növények által felvett N mennyiség értékeinek elemzése hasonló eredményt mutatott, mint amit növényekben mért N százalékok esetében tapasztaltunk. Az 0,5% és a 0,075% humuszkészítményt kapott tenyészedényben a kezelés hatására nem mutatható ki szignifikáns többlet N felvétel. Mindkettőhöz képest viszont jelentős mértékben nagyobb mértékben nőtt a felvett N mennyisége a 10% humuszkészítményt kapott kezelés esetében ($SzD_{(5\%)}=1,76$ mg) (10. ábra).



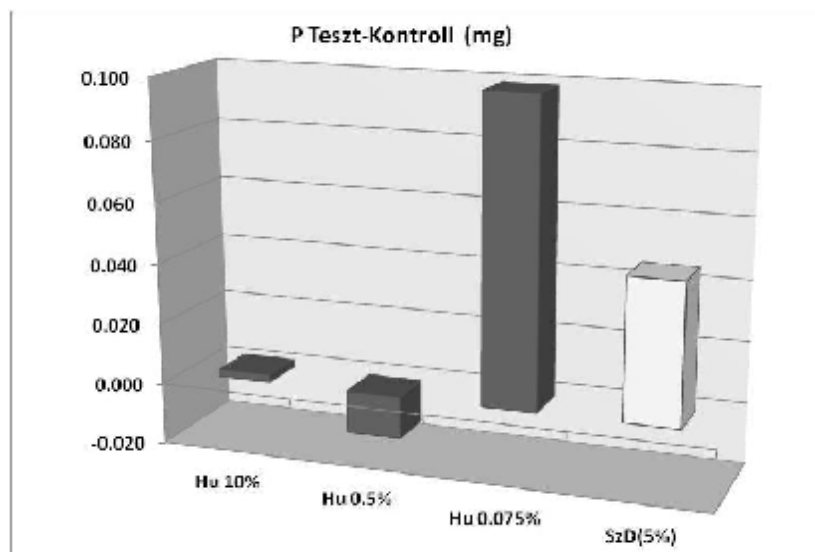
10. ábra A humuszkészítmény hatása az angol perje által felvett N mennyiségére (Kezelés-Kontroll)

A kezelések hatására létrejött foszfor koncentrációváltozás a kontrollhoz képest azt eredményezte, hogy a humuszkészítmény alkalmazása nem bizonyítható mértékben, de a 10%-os és a 0,075%-os kezelés hatását növelte, míg a 0,5%-os kezelés hatására csökkentette a növényekben a P koncentrációját. Szignifikáns különbséget mutat viszont az 0,5%-os kezelés P koncentrációt csökkentő és 0,075%-os kezelés P koncentrációt növelő hatásának eltérése ($SzD_{(5\%)}=0,034\%$) (11. ábra).



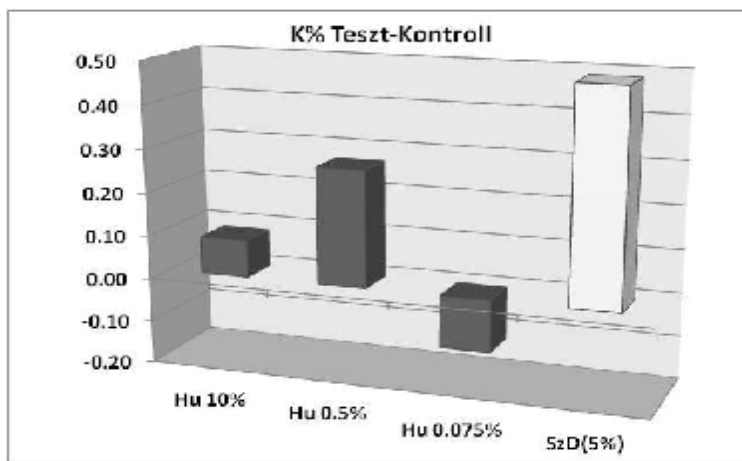
11. ábra A humuskészítmény hatása az angol perje P koncentrációjára (Kezelés-Kontroll)

A felvett P mennyiség értékeinek elemzése még markánsabb eltéréseket mutatott. Ebben az esetben a 0,075%-os kezelés felvett P tartalomnövelő hatása mind a 10%-os, mind az 0,5% kezelés hatására létrejött változást jelentősen meghaladta. A 10%-os és a 0,075%-os kezelés hatásának eltérése ebben az esetben sem bizonyított ($SzD_{(5\%)}=0,046$ mg) (12. ábra).



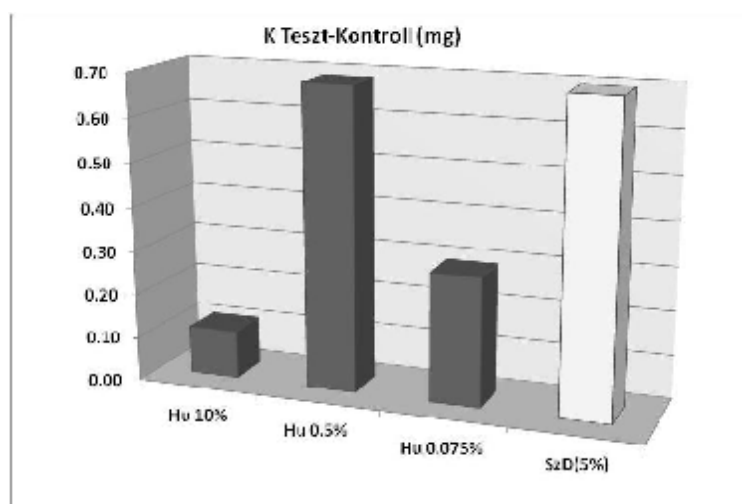
12. ábra A humuskészítmény hatása az angol perje által felvett P mennyiségére (Kezelés-Kontroll)

A kezelések hatására nem jött létre szignifikáns változás a növényekben mért K koncentrációkban (13. ábra)



13. ábra A humuskészítmény hatása az angol perje K koncentrációjára (Kezelés-Kontroll)

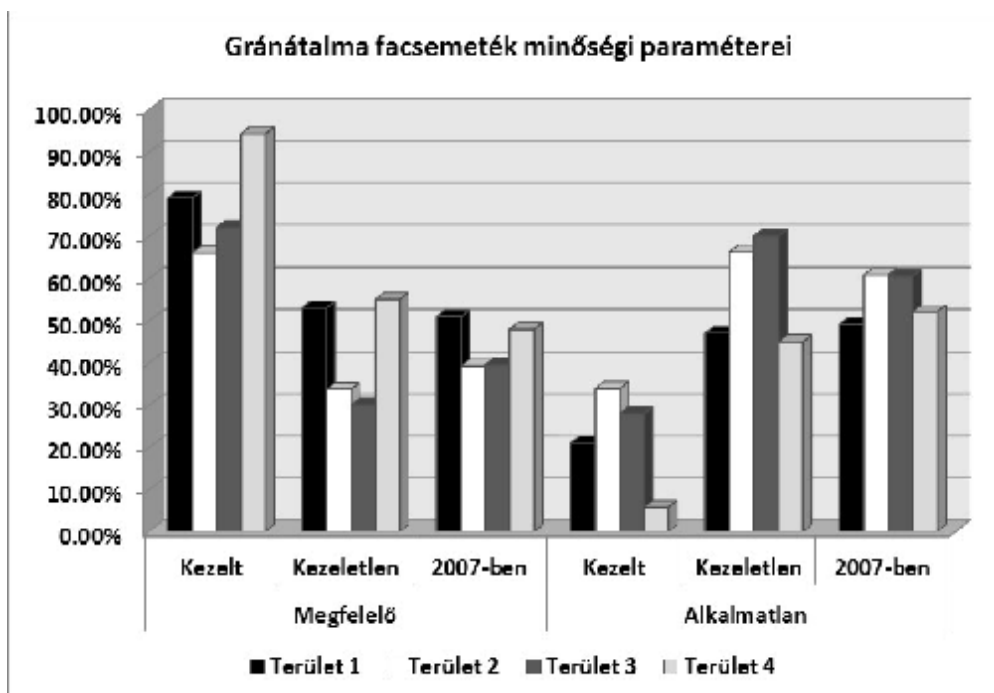
A tendencia jellegű pozitív hatás az 0,5% os kezelés esetén statisztikailag nem igazolható az adatok nagy szórása és az ebből számított nagy $SzD_{(5\%)}=0,49\%$ miatt. Ugyanez figyelhető meg a felvett K értékek összehasonlításával ($SzD_{(5\%)}=0,69$ mg) (14. ábra).



14. ábra A humuskészítmény hatása az angol perje által felvett K mennyiségére (Kezelés-Kontroll)

4.1.3 Gránátalma fasikolai kísérletének eredményei

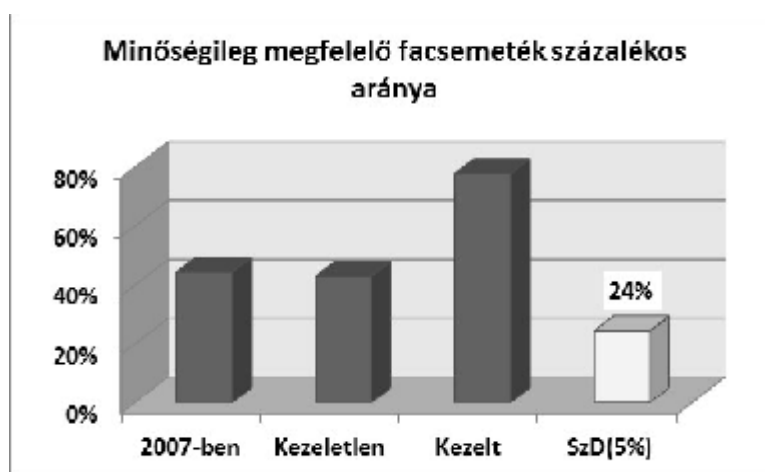
A betakarítás után először azt vizsgáltuk meg, hogy a kezelt és kezeletlen facsémének hány százaléka felelt meg a minőségi követelményeknek. Ugyancsak megvizsgáltuk az előző évben ugyanezen a területen nevelt gránátalma facsémének termelési mutatóit (15. ábra).



15. ábra Gránátalma facsetetek minőségi paramétereinek százalékos összehasonlítása

A facsetetek szabványos minősítése alapján a minőségileg megfelelő facsetetek aránya jelentősen nőtt. 2007-ben nem volt huminsavas kezelés, ezért az ugyanúgy kontrollnak tekinthető, mint a 2008-ban kezelést nem kapott kontroll sorokban nevelt facsetetek esetében. Az egytényezős varianciaanalízissel számolt $SD_{(5\%)}$ -kal összehasonlítva a kétféle kontroll nem mutat eltérést. Mindkettőhöz képest szignifikánsan többetér a minőségileg megfelelő facsetetek százalékos aránya a huminsavas kezelés esetében.

Ha a Minőségileg nem megfelelő arányait hasonlítjuk össze még szembeötlőbb a különbség. A huminsavas kezelés hatására még a felénél is kisebb mértékűre 57%-ról 22%-ra mérséklődött a minőségileg nem megfelelő facsetetek aránya (16. ábra).



16. ábra Minőségileg megfelelő facsetetek százalékos értékeinek összehasonlítása három mintából

A növények gyökérzetének vizsgálata is nagy különbségeket eredményezett. Amíg a kezelt növények gyökérzetének átlagos súlya 97.62 g volt betakarításkor, addig a kezeletlen növények esetében ez az érték átlagosan mindössze 37.23 g-ot mutatott (9. táblázat).

9. táblázat A gránátalma facsometék gyökérzetének súlyára vonatkozó adatok összehasonlítása

Kezelt	Gyökérzet súlya										Átlag
	Ismétlés 1	Ismétlés 2	Ismétlés 3	Ismétlés 4	Ismétlés 5	Ismétlés 6	Ismétlés 7	Ismétlés 8	Ismétlés 9	Ismétlés 10	
Terület 1	104.70	179.20	81.50	79.10	119.80	89.60	78.10	112.20	109.10	89.70	104.30
Terület 2	99.20	153.30	63.10	61.40	101.60	69.80	60.20	99.50	101.70	72.40	88.22
Terület 3	109.80	175.50	80.60	67.60	116.70	85.90	75.20	107.20	105.20	85.60	100.93
Terület 4	107.90	174.00	78.40	62.30	111.90	73.50	62.50	112.70	110.00	77.10	97.03
Átlag	105.40	170.50	75.90	67.60	112.50	79.70	69.00	107.90	106.50	81.20	97.62
Kezeletlen											
Terület 1	51.10	48.00	21.10	49.20	40.80	46.50	35.10	49.20	21.90	48.70	41.16
Terület 2	39.70	39.90	17.70	40.30	31.20	35.60	22.00	38.10	20.60	39.60	32.47
Terület 3	51.80	46.50	22.00	46.80	43.80	45.80	29.80	44.60	25.00	45.20	40.13
Terület 4	42.20	40.40	18.00	41.70	35.40	38.90	25.50	40.90	20.10	40.50	34.36
Átlag	46.20	43.70	19.70	44.50	37.80	41.70	28.10	43.20	21.90	43.50	37.03

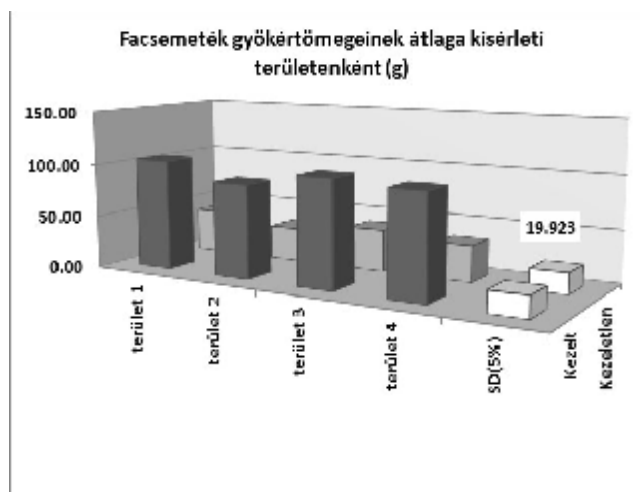
A négy kísérleti terület kezeletlen és kezelt soraiból vett minták gyökértömegeinek kiszámoltuk az átlagait és a szórásait A kezelt területekről származó csometék gyökértömegeinek átlaga: 97.6 g. A kezeletlen csometék gyökértömegeinek átlaga: 37.0 g. A különbség 60.6 g, ami jóval nagyobb, mint a variancia analízissel (one-way anova) 5% hibavalószínűséggel (probability) meghatározott szignifikáns differencia $SD_{(5\%)}=5.4$ érték (17. és 18. ábra).

A kezelt növények igazoltan nagyobb gyökértömege alátámasztja a humuszkészítmény alkalmazásának eredményességét, de vajon nem kedvezőtlen-e a kezelt növények gyökértömegeinek az 10. táblázatban látható nagyobb szórása. Fischer teszttel összehasonlítva a teszt növények gyökértömegeinek 4. területében számított legnagyobb szórás (34.0) értékét a kezeletlen növények gyökértömegeinek 2. területében számított legkisebb szórás (9.0) értékével a különbség jelentősnek ($p=0.026\%$) bizonyult (10. táblázat).

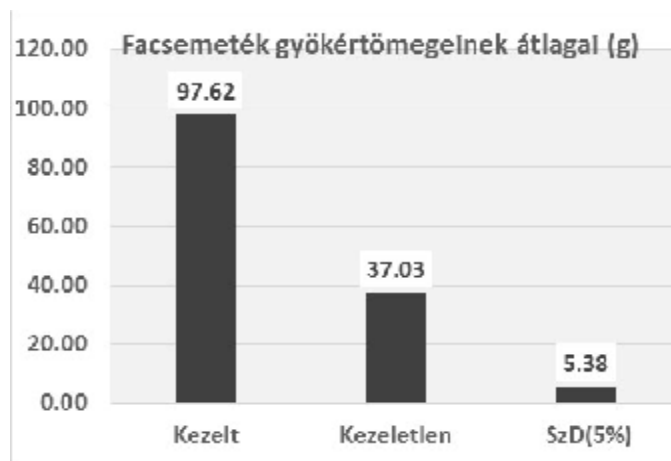
Figyelembe véve azt, hogy a kezelt csometék gyökértömegeinek átlaga jelentősen meghaladja a kezeletlen növények átlagait a szórások összehasonlítását realisabb a variációs koefficiensek összehasonlításával végezni. A variációs koefficiensek, amelyek a szórás értékeket a megfelelő átlag százalékában adják meg, már sokkal kisebb eltéréseket mutatnak (10. táblázat legelső sor). Fischer teszttel összehasonlítva a teszt növények gyökértömegeinek 4. területében számított legnagyobb CV% (35.0%) értékét a kezeletlen növények gyökértömegeinek 3. területében számított legkisebb CV% (26.0%) értékével a különbség nem bizonyul jelentősnek ($p=19.36\%$).

10. táblázat Variencia táblázat a gránátalma facsometék gyökérzetének súlyára vonatkozó adatok összehasonlítására

	Kezelt növények gyökértömegei				Kezeletlen növények gyökértömegei			
	Terület 1	Terület 2	Terület 3	Terület 4	Terület 1	Terület 2	Terület 3	Terület 4
Átlag	104,3	88,2	100,9	97,0	41,2	32,5	40,1	34,4
Szórás	30,2	29,0	30,9	34,0	11,4	9,0	10,4	9,4
CV %	29,0%	32,9%	30,6%	35,0%	27,7%	27,8%	26,0%	27,5%



17. ábra Humuszkészítménnyel kezelt és nem kezelt talajról származó gránátalma facsometék gyökérzetének súly átlagai termőterületenként



18. ábra Humuszkészítménnyel kezelt és nem kezelt talajról származó gránátalma facsometék gyökérzetének súly átlagai (Sándor F.: Kabul, Afganisztán, 2011)

A gyökér volumenek átlagainak vizsgálatakor, a 2 mm-nél nagyobb gyökerek száma a teszt növények esetében átlagosan 63 volt a kezeletlen növényeknél mért 18-al szemben. Ezek az értékek azt mutatják, hogy teszt növények gyökérzetének súlya átlagosan 2.62-szer, a 2 mm-nél vastagabb gyökerek száma pedig 3.5-ször volt magasabb érték.

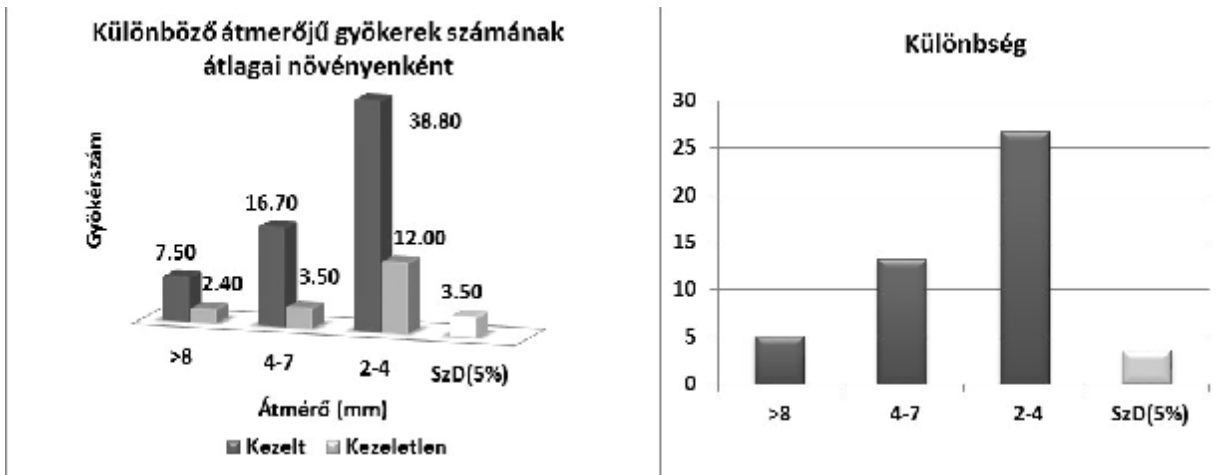
A gyökérszám eloszlása elsősorban a 4-7 mm átmérőjű gyökerek között mutatta ki a legnagyobb különbséget, ahol a tesztnövényeknél átlagosan 4.25-szor nagyobb ez az érték, mint a kezeletlen növényeknél. A 8 mm-nél nagyobb és a 2-4 mm közötti gyökerek számának aránya 4-szeres illetve 3.25-szörös volt a tesztnövények javára (11. táblázat).

11. táblázat Szántóföldön, huminsavval kezelt és kezeletlen talajon nevelt gránátalma facsemeték átlagos paraméterei a betakarítás után

Paraméterek	Egység	Kezelt Növény										Átl.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Magasság	cm	190.00	183.00	182.00	179.00	180.00	183.00	178.00	181.00	181.00	180.00	181.70
Gyökérmék átmérője	mm	16.13	15.17	15.32	15.11	16.10	16.00	15.07	15.71	15.23	15.35	15.52
Szárközép átmérője	mm	11.12	10.92	10.83	11.12	10.95	11.00	10.89	11.15	10.87	10.91	10.98
Felső harmad átmérője	mm	6.41	8.85	7.21	6.05	6.37	6.97	7.01	8.24	7.92	7.25	7.23
Gyökér súlya	g	105.40	170.50	75.90	67.60	112.50	79.70	69.00	107.90	106.50	81.20	97.62
Gyökerek száma (>8 mm)	db	9	11	4	7	8	7	5	9	8	7	8
Gyökerek száma (4-7 mm)	db	19	28	12	15	19	13	11	17	21	12	17
Gyökerek száma (2-4 mm)	db	56	49	39	31	35	37	34	41	31	35	39
Összes gyökerek száma	db	84	88	55	53	62	57	50	67	60	54	63
Paraméterek	Egység	Kezeletlen Növény										Átl.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Magasság	cm	109.00	104.00	112.00	107.00	107.00	103.00	109.00	111.00	105.00	102.00	106.90
Gyökérmék átmérője	mm	10.23	10.50	9.48	10.72	10.21	10.14	10.55	9.71	10.12	9.89	10.16
Szárközép átmérője	mm	7.27	8.34	6.61	8.91	8.45	7.39	8.21	7.46	7.85	6.87	7.74
Felső harmad átmérője	mm	3.32	4.52	3.29	5.11	4.92	3.86	4.17	3.75	4.11	3.28	4.03
Gyökér súlya	g	46.20	43.70	19.70	44.50	37.80	41.70	28.10	43.20	21.90	45.50	37.23
Gyökerek száma (>8 mm)	db	3	2	1	4	3	2	2	4	1	2	2
Gyökerek száma (4-7 mm)	db	5	4	1	3	3	6	3	2	3	5	4
Gyökerek száma (2-4 mm)	db	7	14	11	15	12	12	9	14	12	14	12
Összes gyökerek száma	db	15	20	13	22	18	20	14	20	16	21	18

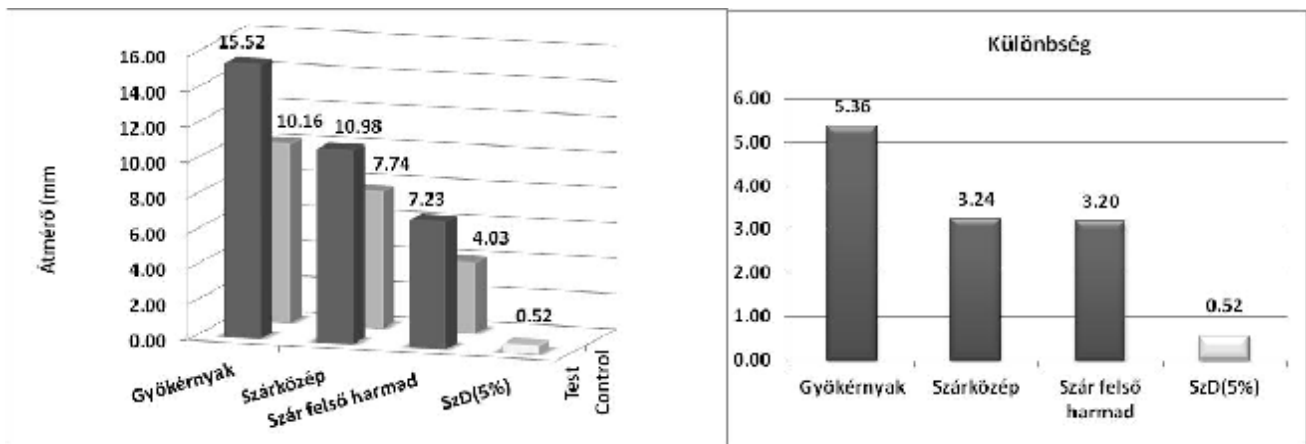
A kezelt és a kezeletlen facsemeték életképességének összehasonlításában fontos szerepe van a különböző vastagságú gyökerek előfordulási gyakoriságának is. Ezt kéttényezős varianciaanalízissel vizsgáltuk

Mind a kezeletlen mind pedig a kezelt mintákban a vékony gyökerek (diaméter:2-4 mm) fordultak elő legnagyobb számban. A kezeletlen és a kezelt minták közötti különbség mindhárom gyökérméret tartományban szignifikáns. A különbség az átmérő csökkenésével egyre nagyobb (19. ábra).



19. ábra A különböző átmérőjű (>8, 4-7, 2-4 mm) gyökerek előfordulása a kezeletlen és a kezelt gyökérmintákban. A jobb oldali ábrán a különböző átmérőjű (>8, 4-7, 2-4 mm) gyökerek előfordulásának kezeletlen és a kezelt gyökérmintákban számolt különbségei

Három szinten (Gyökérnyak, Szárközep, Szár felső harmad) összehasonlítottuk A kezelt és a kezeletlen facsometék törzsvastagságát is. Ezt is kéttényezős varianciaanalízissel vizsgáltuk. Mind a kezeletlen és a kezelt mintákban a gyökérnyaknál mért törzsátmérő a legvastagabb, és a törzsátmérő alulról felfele csökken. A kezeletlen és a kezelt minták közötti különbség mindhárom mérési ponton szignifikáns. A különbség a gyökér nyaknál a legnagyobb. A Szárközep és Szár felső harmad esetében ugyanazt az átmérő különbséget tapasztaltuk (20. ábra).



20. ábra A különböző helyeken (Gyökérnyak, Szárközep, Szár felső harmad) mért törzsátmérő átlagok a kezeletlen és a teszt facsometék esetén. A jobb oldali ábrán a különböző helyeken (Gyökérnyak, Szárközep, Szár felső harmad) mért törzsátmérő átlagok kezeletlen és a kezelt facsometéknél mért, számolt különbségek

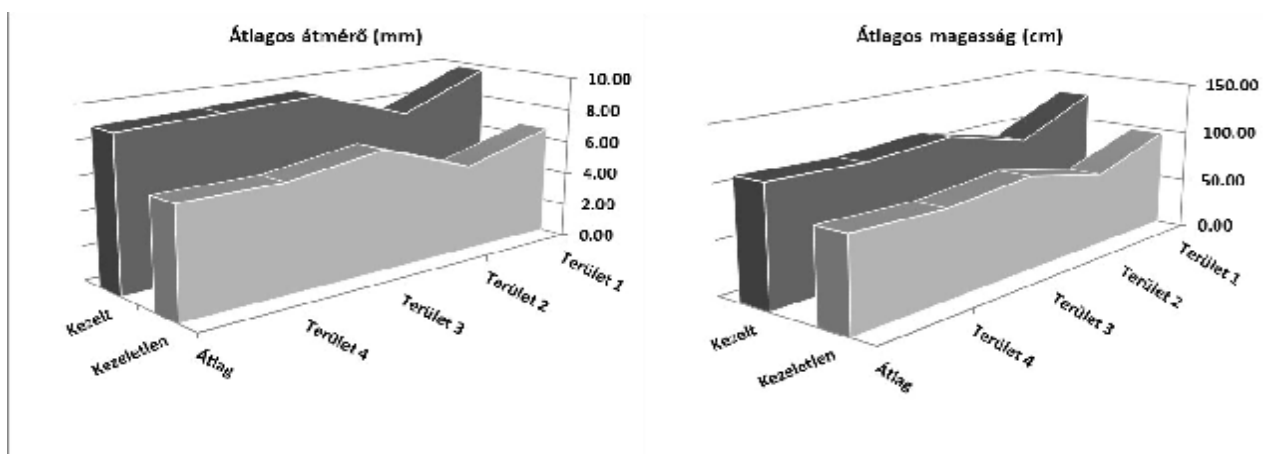
A folyamatosan végzett mérések azt mutatták, hogy a termesztési időszak végére a kezelt növények átmérője és magassága, melyeket huminsavval kezelt talajon termesztettek, átlagosan mintegy 30-

35%-al volt magasabb érték mint a kezeletlen növényeké (12. táblázat, 21. ábra). A betakarítási időszakban a kontroll növények átmérője átlagosan 69.7%-a volt a teszt növényekéhez képest. Ez 95.4%-os fejlődési különbséget jelent 30.3%-os méretarány különbséggel. Betakarításkor a kontroll növények magassága átlagosan csak 76.2%-a volt a teszt növényekének. Ez 23.8%-os méretarány különbséggel. (12. táblázat, 22. ábra)

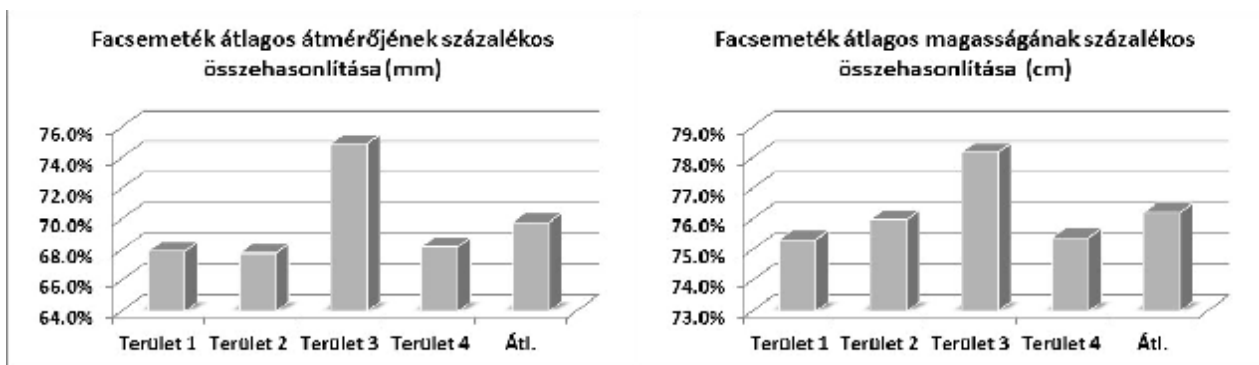
12. táblázat Gránátalma facsémék átlagos átmérője és magassága a termesztési ciklus kezdetén és betakarítás előtt

Átlagos átmérő (mm)											
2008	Kezelt növény					Kezeletlen növény					Kezeletlen/Kezelt
	Júl	Agu	Szep	Okt	Nov	Júl	Agu	Szep	Okt	Nov	
Terület 1	5.00	7.92	10.54	9.70	9.71	3.62	5.70	7.08	6.60	6.59	67.9%
Terület 2	1.54	5.29	7.89	6.88	7.58	0.74	2.96	5.00	5.13	5.14	67.8%
Terület 3	5.03	7.39	8.10	8.51	9.48	2.81	4.70	6.49	6.54	7.10	74.9%
Terület 4	3.76	6.29	7.93	8.48	9.21	1.78	3.87	5.14	6.57	6.28	68.2%
Átl.	3.83	6.72	8.61	8.39	9.00	2.24	4.31	5.93	6.21	6.28	69.8%

Átlagos magasság (cm)											
2008	Kezelt növény					Kezeletlen növény					Kezeletlen/Kezelt
	Júl	Agu	Szep	Okt	Nov	Júl	Agu	Szep	Okt	Nov	
Terület 1	82.02	100.36	123.09	138.16	127.41	55.45	75.68	86.16	93.35	95.98	75.3%
Terület 2	28.72	70.70	91.08	93.03	93.31	13.94	39.80	65.90	66.94	70.90	76.0%
Terület 3	82.06	99.08	95.20	107.85	113.79	44.13	56.50	85.33	84.43	88.95	78.2%
Terület 4	57.80	88.58	94.16	99.11	107.75	26.88	48.05	67.55	76.96	81.24	75.4%
Átl.	62.65	89.68	100.88	109.54	110.56	35.10	55.01	76.23	80.42	84.27	76.2%



21. ábra Gránátalma facsémék átlagos átmérője és magassága a betakarítás idején



22. ábra Huminsavval kezelt és kezeletlen talajon nevelt gránátalma facseteték átlagos átmérőjének és magasságának összehasonlítása a termesztési ciklus kezdetén és a betakarítás után

Betakarítás után a kezelt és kezeletlen minták átmérőjében és magasságában észlelt különbségek vizsgálatára kétféle t-próbát alkalmaztam. Mindkét esetben a Null-hipotézis, azaz a mérések eredményei között a különbség elhanyagolható, a $P=0.05$ (95%) szignifikancia határok között lett vizsgálva. Az egymintás t-próbából származó adatok mind a magasságra mind pedig az átmérőre számítva nagyobbak voltak, mint az előre megadott $P_{(0.05)}$ szignifikancia szinthez rendelt értékek, így a Null-hipotézis nem tartható fenn, azaz a kezelt és kezeletlen minták közötti különbségek nem elhanyagolhatók (13. táblázat).

13. táblázat Szántóföldön, huminsavval kezelt és kezeletlen talajon nevelt gránátalma facseteték átlagos átmérőjének és magasságának összehasonlítása 1-mintás t-próbával

t-Próba: 1-mintás t-Próba					
Kezelt-Kezeletlen	Mean Diff.	SE Diff.	t	DF	P
Átlagos átmérő	2.717	0.635	4.277	6	0.005
t0.05=1.943<t Szignifikáns különbség					
t-Próba: 1-mintás t-Próba					
Kezelt-Kezeletlen	Mean Diff.	SE Diff.	t	DF	P
Átlagos magasság	26.297	8.882	2.961	6	0.025
t0.05=1.943<t Szignifikáns különbség					

A másik alkalmazott t-próba (Paros t-próba) a négy ismétlésből (parcellából) begyűjtött adatokat hasonlította össze véletlenszerűen egymáshoz rendelt értékpároknál, melyek egyazon mintából származtak. Hasonlóan az 1-mintás t-próbához ez esetben is a számított t-értékek nagyobbak voltak és a Null-hipotézis nem volt fenntartható (14. táblázat).

14. táblázat Szántóföldön, huminsavval kezelt és kezeletlen talajon nevelt gránátalma facseteték átlagos átmérőjének és magasságának összehasonlítása Páros t-próbával

t-Próba: t-Próba Adatpárokra

Kezelt-Kezeletlen	Mean Diff.	SE Diff.	t	DF	P
Átlagos átmérő	2.717	0.181	15.014	3	0.000
t0.05=2.353<t Szignifikáns különbség					

t-Próba: t-Próba Adatpárokra

Kezelt-Kezeletlen	Mean Diff.	SE Diff.	t	DF	P
Átlagos magasság	26.297	1.908	13.786	3	0.000
t0.05=2.353<t Szignifikáns különbség					

Az egyfaktoros varianciaanalízis szignifikáns különbséget állapított meg a kezelt és kezeletlen növények között mind az átmérő (F=23.268, P=0.003) mind pedig a magasság tekintetében (F=9.507, P=0.022).

A hajtások számának vizsgálatakor azonban az "F" érték nem utalt ennyire nyilvánvaló különbségre (F=0.002), ami azonban nem jelenti azt, hogy ez a különbség nem létezik, amire egyébként a túl magas probabilitási érték is utal (P=0.968) (15. táblázat).

15. táblázat Varianciaanalízis gránátalma facsometék termésmutatóira vonatkoztatva

Variencia analízis - F_{0.05; 1, 6} = 6.0			
Termésmutatók	F	SZf	Prob.
Átmérő	23.268	7	0.003
Magasság	9.507	7	0.022
Hajtások száma	0.002	7	0.968
Vigor	9.475	7	0.022

A Pearson féle korrelációs szám erősen pozitív korrelációt tételez fel mindhárom termésmutatónál (átmérő R=0.766, magasság R=0.727 és hajtások száma R=0.917). A fejlődési vigor esetében ez az érték közepesen pozitív volt (R=0.478) (16. táblázat).

16. táblázat Korreláció analízis gránátalma facsometék termésmutatóira vonatkoztatva

Pearson féle Korrelációs Index Átmérő			Pearson féle Korrelációs Index Magasság		
Korrelációs Matrix (R)			Korrelációs Matrix (R)		
	T- Átmérő	K- Átmérő		T- Magasság	K- Magasság
Teszt- Átmérő	1.000	0.766	Teszt- Magasság	1.000	0.727
Kontroll- Átmérő	0.766	1.000	Kontroll- Magasság	0.727	1.000
Pearson féle Korrelációs Index Hajtások száma			Pearson féle Korrelációs Index Vigor		
Korrelációs Matrix (R)			Korrelációs Matrix (R)		
	T- Hajtás	K- Hajtás		T-Vigor	K-Vigor
Teszt-Hajtás	1.000	0.917	Teszt-Vigor	1.000	0.478
Kontroll- Hajtás	0.917	1.000	Kontroll-Vigor	0.478	1.000

A növények átmérőjének statisztikai vizsgálata kísérleti területenként ugyancsak szignifikáns különbséget mutatott ki a kezelt és kezeletlen növények között. A varianciaanalízis kapott "F" értékei 65.5 és 938.4 között találhatók $P=0.000$ és $P=0.06$ valószínűséggel (17. táblázat).

17. táblázat Gránátalma facsemeték átmérőjére elvégzett varianciaanalízis kísérleti területenként

Variencia analízis				
Átmérő	F	SZf	Prob.	"F érték" Táblázat
Terület 1.	165.025	79	0.062	$F_{0.05; 78, 2} = 20$
Terület 2.	938.470	79	0.000	$F_{0.05; 75, 4} = 5.6$
Terület 3.	423.194	79	0.000	$F_{0.05; 73, 6} = 3.7$
Terület 4.	65.562	79	0.003	$F_{0.05; 76, 3} = 8.5$

A facsemeték magasságának statisztikai elemzése $P=0.000$ valószínűséggel lényeges különbséget állapított meg a kezelt és kezeletlen növények között $F=233$ és 539 közötti eredményekkel termőterületenként (18. táblázat).

18. táblázat Gránátalma facsemeték magasságára elvégzett varianciaanalízis kísérleti területenként

Variencia analízis				
Magasság	F	SZf	Prob.	"F érték" Táblázat
Terület 1.	513.883	79	0.000	$F_{0.05; 60, 19} = 1.9$
Terület 2.	518.544	79	0.000	$F_{0.05; 62, 17} = 2.0$
Terület 3.	233.837	79	0.000	$F_{0.05; 47, 32} = 1.8$
Terület 4.	539.169	79	0.000	$F_{0.05; 48, 31} = 1.8$

A Pearson féle korrelációs index erős pozitív korrelációt eredményezett a kezelt és kezeletlen növények között, amely alátámasztja a huminsavas kezelés pozitív hatását a facsemeték fejlődésére (19. táblázat).

A felvázolt regresszió analízis görbe megerősítette, hogy a kapott eredmények megbízhatóak, a számított és begyűjtött értékek a lineáris tendencia vonalába esnek a megengedett hibaértékeken belül.

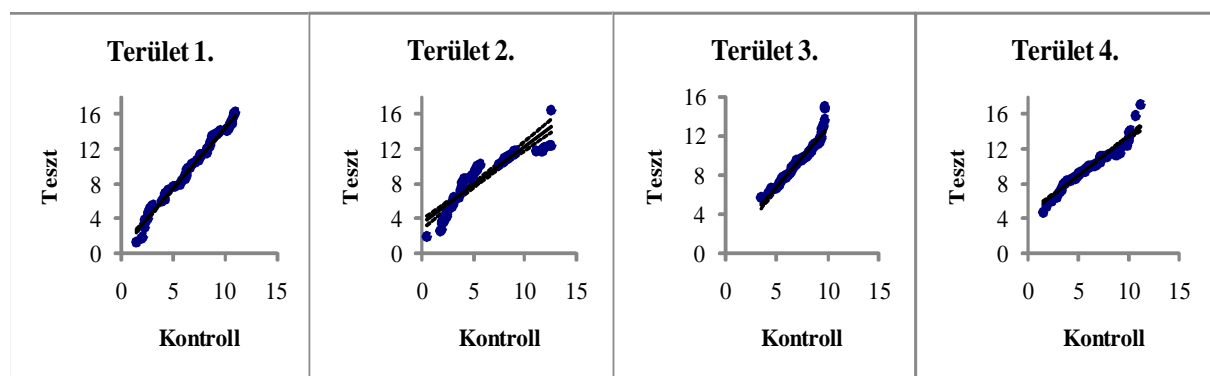
19. táblázat Gránátalma facsometék átmérőjére és magasságára elvégzett Pearson féle korrelációs analízis kísérleti területekenként

Korrelációs Matrix (R)			Korrelációs Matrix (R)		
Átmérő	Korreláció	Szignifikancia	Magasság	Korreláció	Szignifikancia
Terület 1.	0.993	0.000	Terület 1.	0.984	0.000
Terület 2.	0.913	0.000	Terület 2.	0.951	0.000
Terület 3.	0.970	0.000	Terület 3.	0.984	0.000
Terület 4.	0.968	0.000	Terület 4.	0.982	0.000

Az átmérőre felállított lineáris regresszió modellt a 2 számú kísérleti területen kívül mind a három másik területre kimutatta, hogy az értékek túlnyomó többsége a tendencia vonalába esik és a kapott alacsony "SE" értékek azt jelzik, hogy a teszt és kezeletlen növények különbsége 98.6%-ban ($R^2=0.986$) a huminsavas kezelés hatására alakult ki (20. táblázat). A kettes számú kísérleti terület esetében ez az érték $SE=1.22$ volt 83.3%-os modellt alkalmazhatósággal.

20. táblázat Gránátalma facsometék átmérőjére elvégzett lineáris regresszió analízis kísérleti területekenként

Átmérő	Lineáris Regresszió			Regresszió		Regresszió Koefficiens				Számított
	R^2	Összes R	Adj. R^2	F	Prob.	Intercept	Prob.	Kontroll	Prob.	$y=a+bx$
Terület 1.	0.986	0.993	0.986	5,490.7	0.000	0.396	0.005	1.412	0.000	$0.396+(1.412*X)$
Terület 2.	0.833	0.913	0.831	389.4	0.000	3.350	0.000	0.893	0.000	$3.350+(0.893*X)$
Terület 3.	0.941	0.970	0.941	1,255.0	0.000	0.779	0.002	1.212	0.000	$0.779+(1.212*X)$
Terület 4.	0.937	0.968	0.937	1,167.3	0.000	4.320	0.000	0.905	0.000	$4.320+(0.905*X)$



A

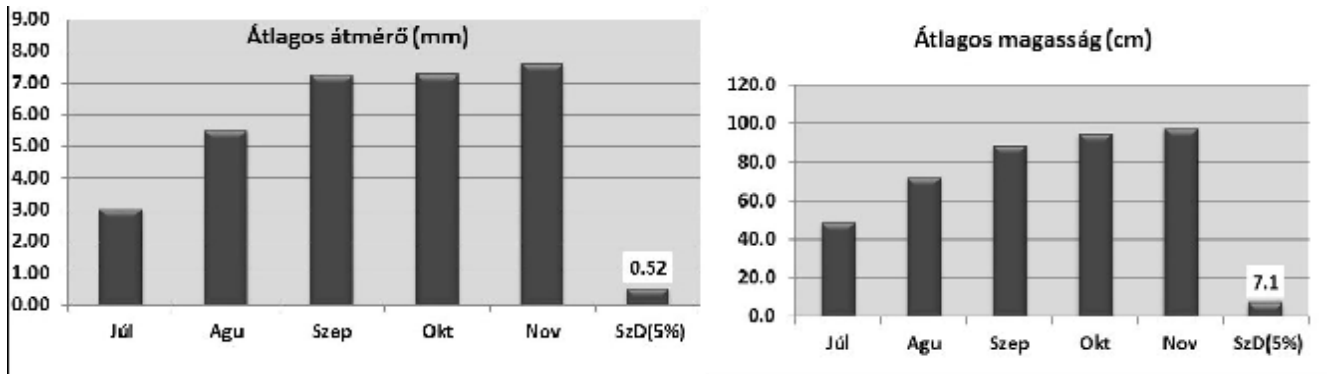
lineáris regresszió modell alkalmazása a facsometék magasságára vonatkozóan nem mutatott ki, az eredményeket számottevően befolyásoló kiugró értékeket, habár ez esetben is a 2. számú kísérleti területen mért értékek mutattak nagyobb szórást a tendencia vonalhoz képest (21. táblázat).

21. táblázat. Gránátalma facsemeték magasságára elvégzett lineáris regresszió analízis kísérleti területenként

Lineáris Regresszió										
Magasság	Összes			Regresszió		Regresszió Koefficiens				Számított $y=a+bx$
	R^2	R	Adj. R^2	F	Prob.	Intercept	Prob.	Kontroll	Prob.	
Terület 1.	0.967	0.984	0.967	2,311.92	0.000	6.289	0.023	1.269	0.000	$6.289+(1,269*X)$
Terület 2.	0.904	0.951	0.902	730.85	0.000	38.040	0.000	0.811	0.000	$38.04+(0.811*X)$
Terület 3.	0.968	0.984	0.968	2,397.38	0.000	3.751	0.079	1.140	0.000	$3.751+(1.140*X)$
Terület 4.	0.965	0.982	0.965	2,147.54	0.000	63.447	0.000	0.711	0.000	$63.447+(0.711*X)$

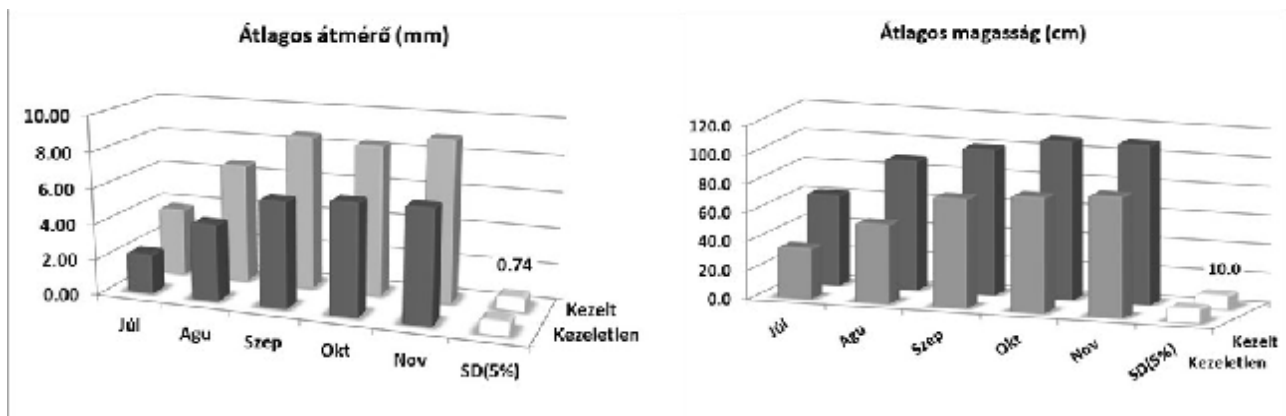
Terület 1.	Terület 2.	Terület 3.	Terület 4.

A kezelt és kezeletlen növények átmérőjét és magasságát a növekedési ciklus folyamán szintén megvizsgáltam, mivel ezek fontos információt szolgáltattak a huminsavas kezelés hatásáról. Ez esetben a szórások (F-próba) és az átlagok (szignifikáns differencia 5% hibavalószínűség mellett összehasonlításával foglalkoztam. A számításokhoz a kezelési idő utáni egy hónaptól a betakarítás kezdetéig rendszeresen begyűjtött adatokat használtam fel. A kezelés hatását kifejező átlagok közötti különbséget ez utóbbi elemzésből származó $SzD_{(5\%)}$ ($LSD_{(5\%)}$) értékkel vizsgáltuk. Ezt azzal indokoljuk, hogy egyrészt a nagyobb számú ismétlés segítségével pontosabban becsülhető a kísérlet hibája. Másrészt a varianciaanalízis alkalmazásának kiinduló feltétele az, hogy az adatok szórása nem függ a kezeléstől. Az átlagok különbségeinek időbeni változását a két minta egyenkénti, illetve kombinált átlagainak az összehasonlításával végeztem a szignifikáns differencia értékek figyelembevételével 5% hibavalószínűség mellett. A kombinált átlagok vizsgálata az átmérő esetében szeptemberig, a magasság esetében októberig bezárólag szignifikáns különbségeket mutat, mely differencia a további időszakban egészen a betakarításig már nem észlelhető (23. ábra).



23. ábra Kombinált átlagok vizsgálata szántóföldön, huminsavval kezelt és kezeletlen talajon nevelt gránátalma facsémék átmérőjére és magasságára a növekedési ciklus folyamán

A humusz készítmény kezelés hatása már a növények fejlődése során is jelentős különbségeket eredményezett. A növények fejlődését magasságmérés és törzsátmérő mérésekkel kísértük figyelemmel. A szignifikáns differencia meghatározásához „two-way Anova” elemzést végeztünk. Látható, hogy a tesztnövények minden hónapban jelentősen magasabbak voltak, mint a kontrol növények. A növekedés tendenciája mindkét esetben hasonló volt. Ezt jelezte az is, hogy a hónap x kezelés kölcsönhatás F-próbája (F-ratio=0.62) nem volt szignifikáns. A törzsátmérők időbeli változását vizsgálva ugyanolyan eredményre jutottunk, mint a magasságmérések esetében (24. ábra).



24. ábra Átlagok vizsgálata szántóföldön, huminsavval kezelt és kezeletlen talajon nevelt gránátalma facsémék átmérőjére és magasságára a növekedési ciklus folyamán

Az AxB re kapott F-arány értékei, ahol "A" a hónapokat és "B" a kezeléseket jelenti, kimutatta, hogy nincs kölcsönhatás, tehát azonos a tendencia időben, illetve mindig jobbak a kezelt növények (22. táblázat).

22. táblázat Variancia táblázat gránátalma facsometék átmérőjére és magasságára

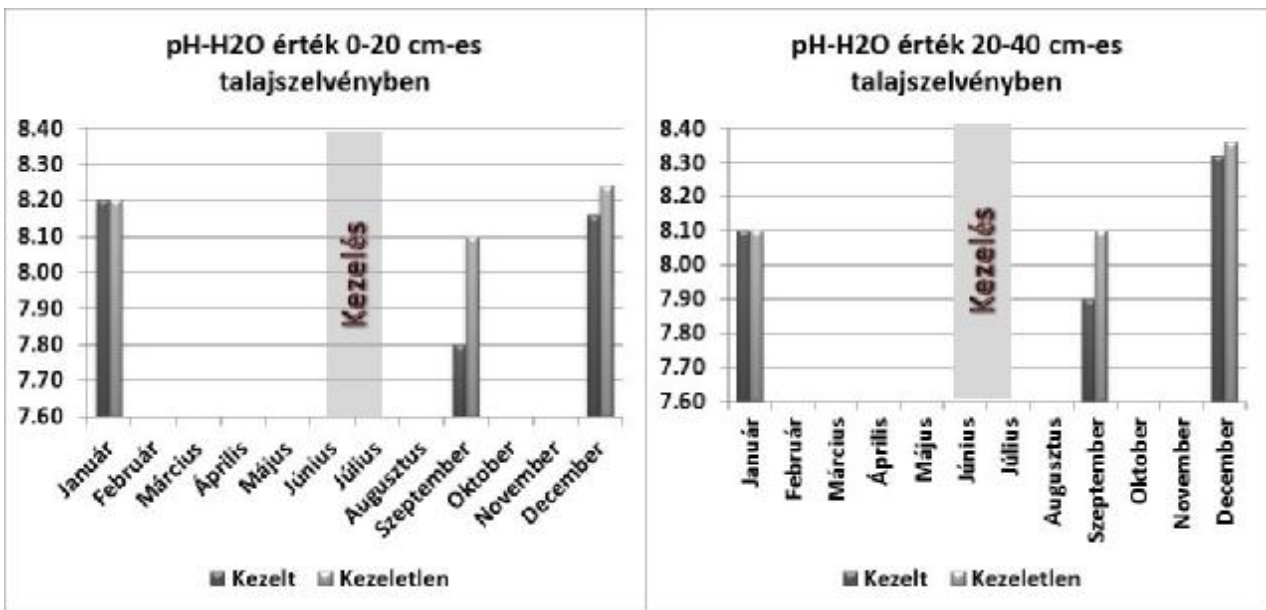
Variancia táblázat - Átmérő									
Tényező	SQ	FG	MQ	F-arány	F-0.1%	F-1%	F-5%	F-10%	SzD(5%)
összes	213.9395	39			***	**	*	+	
ismétlés	32.44351	3	10.8145	41.73	7.27	4.60	2.96	2.30	
kezelés	174.4991	9	19.38879	74.82	4.57	3.15	2.25	1.87	0.74
A=hónapok	119.0869	4	29.77171	114.88	6.33	4.11	2.73	2.17	0.52
B=kezelés	53.71575	1	53.71575	207.28	13.61	7.68	4.21	2.90	0.33
A x B	1.696527	4	0.424132	1.64	6.33	4.11	2.73	2.17	
hiba	6.996894	27	0.259144					CV%=	8.3

Variancia táblázat - Magasság									
Tényező	SQ	FG	MQ	F-arány	F-0.1%	F-1%	F-5%	F-10%	SzD(5%)
összes	29004.32	39			***	**	*	+	
ismétlés	6491.601	3	2163.867	45.77	7.27	4.60	2.96	2.30	
kezelés	21236.35	9	2359.594	49.91	4.57	3.15	2.25	1.87	10.0
A=hónapok	13019.39	4	3254.847	68.85	6.33	4.11	2.73	2.17	7.1
B=kezelés	8098.784	1	8098.784	171.32	13.61	7.68	4.21	2.90	4.5
A x B	118.1751	4	29.54378	0.62	6.33	4.11	2.73	2.17	
hiba	1276.375	27	47.27313					CV%=	8.5

4.2 Talajminták vizsgálati eredményei

4.2.1 A faiskolai területről vett minták talajvizsgálati eredményei

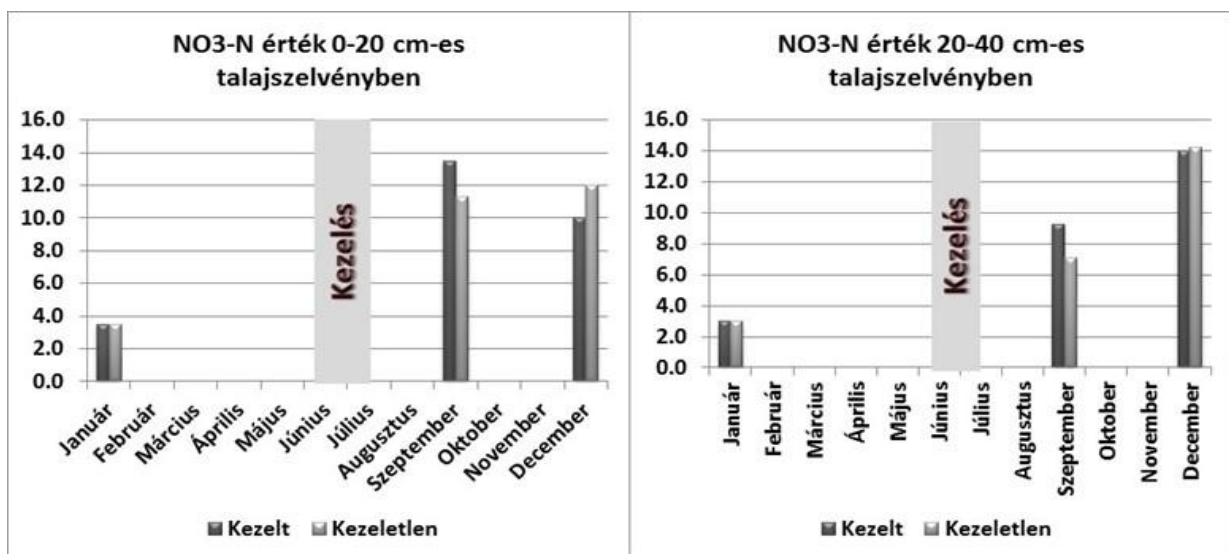
A vizsgálatok eredményei arra utalnak, hogy a talaj és az öntözővíz kémhatása összefüggésben van. A szeptemberi mérések világosan kimutatták a huminsav kémhatást szabályozó szerepét a huminsavval kezelt talajban, de a termelési ciklus végére enyhén megnövekedett pH érték azt mutatja, hogy az erősen lúgos víz kémhatása kedvezőtlenül befolyásolta a talaj kémhatását. Ez annál is inkább így van mivel a vízkeménységi érték magas és ugyanakkor a talaj kalcium karbonát tartalma is közepesen magas. Azt is meg kell említeni, hogy a kezelt talajban a termelési ciklus végén a pH alacsonyabb értéken stabilizálódott, mint a kontroll talajban, ami ugyancsak megerősíti a huminsav kémhatás szabályozó szerepét (25. ábra).



25. ábra pH érték változása a gránátalma faiskolai termesztésében huminsavas kezelés előtt, után és a betakarítás idején

A talaj vízforgalmi típusa párologtató. Ezt erősítik meg a mért klimatikus (magas hőmérséklet, elenyésző csapadék, alacsony páratartalom) és Eto (fokozott evapotranspiráció) adatok, valamint ezt segítette elő az elégtelen felszíni öntözés.

A kezelt talajban a termelési ciklus végére a NO₃-N tartalom kisebb a felső 0-20 cm-es rétegben, mint a kontroll talajoké (26. ábra). A nitrát tartalmú nitrogén kimosódása nagyobb, mint az ammóniumé. Ez arra utal, hogy a kezelt talajban az öntözés hatására a kimosódás mértéke megnövekedett. Minden szempontból a kezelt talajok fokozottabban reagáltak az öntözővíz minősége és a száraz meleg klíma okozta változásokra, mint a kontroll talajok (23. táblázat).



26. ábra NO₃-N tartalom változása a gránátalma faiskolai termesztésében huminsavas kezelés előtt, után és a betakarítás idején

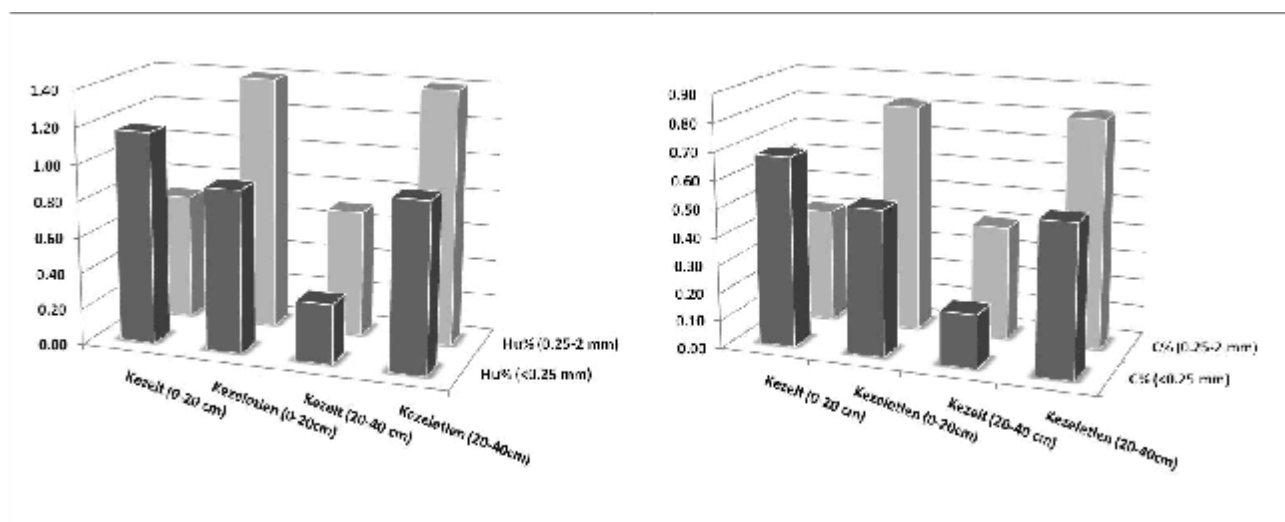
23. táblázat Talaj és a környezeti feltételek mérési adatainak átlagai és azok összehasonlítása

Huminsavas kezelés:				Huminsavas kezelés:				Huminsavas kezelés:			
pH-H ₂ O				So tartalom%				NO ₃ -N			
Dátum	Minta	Teszt	Kontroll	Dátum	Minta	Teszt	Kontroll	Dátum	Minta	Teszt	Kontroll
Jan-08	0-20cm	8.20	8.20	Jan-08	0-20cm	0.01	0.01	Jan-08	0-20cm	3.5	3.5
	20-40cm	8.10	8.10		20-40cm	0.02	0.02		20-40cm	3.0	3.0
Szep-08	0-20cm	7.80	8.10	Szep-08	0-20cm	0.03	0.05	Szep-08	0-20cm	13.5	11.3
	20-40cm	7.90	8.10		20-40cm	0.02	0.03		20-40cm	9.3	7.1
Dec-08	0-20cm	8.16	8.24	Dec-08	0-20cm	0.08	0.06	Dec-08	0-20cm	10.0	12.0
	20-40cm	8.32	8.36		20-40cm	0.06	0.05		20-40cm	14.0	14.2
Öntözővíz minosege				Öntözés módja: Felszíni - Barazdas							
Dátum	Kémhatás	EC	Keményiség	Mutatók		Egység	Érték	Hónap	Eső (mm)	Eto (mm)	
	pH	dS/m	ppm								
Jan-08	7.82	0.39	120	Keresztmetszet	m ²	0.064	Apr-08	0	5.31		
	Igen nagy	Jo	Kozepes	Vízibocsjájtás	liter/sec	5.41	May-08	5	6.84		
Szep-08	7.84	0.39	124	Öntözés hatásfoka	%	47.21	Jun-08	0	7.80		
	Igen nagy	Jo	Kemeny	Negyedes idő	perc	9.36	Jul-08	7	7.77		
Dec-08	7.81	0.38	120	Átlagos nedvesítési mélység	mm	180.38	Aug-08	32	7.13		
	Igen nagy	Jo	Kozepes	Kívánt nedvesítési mélység	mm	450	Sep-08	10	6.41		
				Kívánt öntözési idő	hrs	10.17	Oct-08	5	5.33		
				Átlagos öntözési idő	hrs	8	Nov-08	1	3.54		
Átlagos hőmérséklet (C°)			Átlagos relatív nedvesség (%)				Átlagos talajhőmérséklet (C°)				
Hónap	Max.	Min.	Átl.	7:00	13:00	17:00	Átl.	7:00	13:00	17:00	Átl.
Apr-08	28.8	15.9	22.4	57.3%	40.2%	35.9%	44.5%	19.9	27.8	25.0	24.2
May-08	37.7	23.4	30.6	49.0%	35.0%	36.2%	40.1%	24.1	28.6	27.2	26.6
Jun-08	41.7	29.5	35.6	70.7%	49.7%	46.8%	55.7%	29.3	31.6	32.4	31.1
Jul-08	41.5	29.3	35.4	77.8%	49.6%	52.6%	60.0%	30.2	31.9	32.2	31.4
Aug-08	41.1	27.4	34.3	73.8%	45.3%	43.8%	54.3%	28.9	30.4	31.2	30.2
Sep-08	41.0	23.8	32.4	72.2%	40.0%	40.3%	50.8%	26.3	28.5	28.7	27.8
Oct-08	39.4	18.5	29.0	64.5%	3.5%	32.7%	33.6%	22.0	24.4	25.3	23.9
Nov-08	20.7	11.3	16.0	67.3%	38.0%	38.3%	47.9%	15.5	17.0	17.9	16.8

A talajvizsgálati eredmények arra utalnak, hogy a huminsavval kezelt talajban a durva méretű szerves-anyagok (0.25-2.00 mm) aránya fele a kontroll mintáknál mért értékeknek. Ugyanakkor a 0.25 mm-nél kisebb humusztartalom a kezelt talajmintákban a felső 20 cm-es rétegben halmozódik fel, míg a kontroll mintáknál a 0-20 cm és 20-40 cm-es rétegben közel megegyezik. Ennek megfelelően a humusz százalék a felső 0-20 cm-es rétegben magasabb, míg az alsóbb 20-40 cm-es rétegben alacsonyabb a kezelt minták esetében, mint a kezeletlenél. A durva méretű (0.25-2.00 mm) humusztartalom mindkét esetben azonos értékeket mutat a mintavétel mélységétől függetlenül (27. ábra). A kezelt mintáknál a gyökérszónában (20-40 cm) mérhető alacsony 0.25 mm-nél kisebb méretű humusztartalom értéke arra utal, hogy a kezelés hatására a szerves-anyagok lebomlása, mineralizációja és a növény általa történő felvétele megnövekszik a kezeletlen mintákéhoz képest. (24. táblázat)

24. táblázat Huminsavval kezelt és kezeletlen talaj átlagos szerves-anyag tartalma betakarítás után

Talaj mélység (cm)	Szerves anyag státusz					
	Stabilitási index K		Hu% <0.25 mm		C% <0.25 mm	
	Kezelt	Kezeletlen	Kezelt	Kezeletlen	Kezelt	Kezeletlen
0-20	0.65	0.77	1.17	0.90	0.68	0.52
20-40	1.59	1.16	0.33	0.93	0.19	0.54
Talaj mélység (cm)	Izzítási veszteség i.v.% 2mm		Hu% 0.25-2 mm		C% 0.25-2 mm	
	Kezelt	Kezeletlen	Kezelt	Kezeletlen	Kezelt	Kezeletlen
	0-20	4.20	4.90	0.70	1.40	0.41
20-40	4.00	5.00	0.70	1.40	0.41	0.81



27. ábra Huminsavval kezelt talajfrakciók (0.25-2mm és <0.25mm) humusz és szerves szén tartalma különböző talajmélységben gránátalma faiskolai termesztésénél a betakarítás idején

A termelési mutatók növekedése a kezelt talajokban végrehajtott növénykísérleteknél a talajból történő tápanyagfelvétel fokozott mértékére utal. A betakarítás utáni talajminták vizsgálata ezt megerősítette. A mért $\text{NO}_3\text{-N}$ és $\text{Al-K}_2\text{O}$ értéke kisebb volt a kezelt talajoknál, mint a kontroll talajok esetében. Az összes humusztartalom értéke, mely a kezelt talajokban alacsonyabb értéket mutatott a termesztési időszak végére, mint a kontroll talajok esetében ugyancsak arra utal, hogy a szerves-anyagok mineralizációja fokozódott a kezelés hatására. Másfelől a szántóföldi kísérletekből származó kezelt mintáknál, a 0-20 cm-es szelvényben az $\text{NH}_4\text{-N}$ tartalom értéke jóval magasabb volt, mint a kontroll minták esetében. Ennek legvalószínűbb magyarázata, hogy a kezelés hatására az ammónium formában történő nitrogénvesztesség aránya lecsökkent. A felvehető foszfor aránya a kezelt talajokban lényegesen nagyobb volt, mint a kezeletlennél. Ezért egyértelműen a pH értéknek a kezelés hatására történt csökkenése a felelős. (25. táblázat)

25. táblázat Humin savval kezelt és kezeletlen talaj NPK tartalma betakarítás után

Talaj mélység (cm)	NPK státusz					
	Arany-féle index		Szabad mész tartalom		AL-P ₂ O ₅	
	K _A		CaCO ₃ %		P ₂ O ₅	
	Kezelt	Kezeletlen	Kezelt	Kezeletlen	Kezelt	Kezeletlen
0-20	41	35	9.40	10.56	439	260
20-40	36	38	10.05	11.35	237	144
Talaj mélység (cm)	AL-K ₂ O		NH ₄ -N		NO ₃ -N	
	K ₂ O		N		N	
	Kezelt	Kezeletlen	Kezelt	Kezeletlen	Kezelt	Kezeletlen
	0-20	183	263	4.6	3.7	10.0
20-40	168	185	4.5	4.5	14.0	14.2
Talaj mélység (cm)	Összes N		Humus		pH	
	ΣN		Hu%		H ₂ O	
	Kezelt	Kezeletlen	Kezelt	Kezeletlen	Kezelt	Kezeletlen
	0-20	0.08	0.09	1.87	2.30	8.16
20-40	0.08	0.09	1.03	2.33	8.32	8.36

A kicserélhető kationok és összes bázisok mennyisége szorosan összefügg a talajban mérhető elektromos vezetőképesség értékével, és bázikus talajokban a pH emelkedésével ez az érték megnövekszik. Ennek megfelelően a szabad kalcium-karbonát és kicserélhető nátriumtartalom nagymértékben függ a mérhető pH értékétől. A huminsavval kezelt talajmintáknál a pH értéke csökkent és ezzel együtt a szabad kalcium-karbonát értéke is csökkent. Ugyanakkor a kicserélhető nátriumtartalom enyhén megemelkedett. Az elektromos vezetőképesség értéke ugyanakkor utalt a talaj agyagásvány összetételére, melynek alapján meghatározható volt, hogy a mintákban domináló agyagásvány 2:1 típusú Montmorillonit. A talajban mérhető nagyon alacsony Al³⁺ és H₃O⁺ tartalom kizárta az Allofan típusú agyagásványok jelenlétét (26. táblázat).

26. táblázat Humin savval kezelt és kezeletlen talaj kolloid státusza betakarítás után

Talaj mélység (cm)	Talajkolloidstátusz					
	Só tartalom		Kicserélhető kationok		Kicserélhető bázisok	
	%		T		S	
	Kezelt	Kezeletlen	Kezelt	Kezeletlen	Kezelt	Kezeletlen
0-20	0.08	0.06	68.00	91.80	54.43	76.48
20-40	0.06	0.05	87.30	86.80	72.04	71.37
Talaj mélység (cm)	Savanyító hatású ionok		Bazisteltetés (%)		Teltetés (%)	
	T-S		V		U	
	Kezelt	Kezeletlen	Kezelt	Kezeletlen	Kezelt	Kezeletlen
	0-20	13.57	15.32	80.04	83.31	19.96
20-40	15.26	15.43	82.52	82.22	17.48	17.78
Talaj mélység (cm)	pH		pH		Kicserélhető savanyúság	
	KCl		H ₂ O		y ₂	
	Kezelt	Kezeletlen	Kezelt	Kezeletlen	Kezelt	Kezeletlen
	0-20	7.22	7.39	8.16	8.24	0.30
20-40	7.31	7.45	8.32	8.36	0.30	0.30
Talaj mélység (cm)	Hidrolitos savanyúság		Szabad mész tartalom		Kicserélhető Nátrium	
	y ₁		CaCO ₃ %		Na%	
	Kezelt	Kezeletlen	Kezelt	Kezeletlen	Kezelt	Kezeletlen
	0-20	0.75	0.75	9.40	10.56	0.37
20-40	0.75	0.75	10.05	11.35	0.08	0.17

Az Arany-féle kötöttségi szám értéke a kezelt talajminták esetében a felső 0-20 cm-es feltalajban magasabb a kontroll mintákéhoz képest ami egyértelműen arra utal, hogy a talajszerkezet a kezelés hatására javult.

Az egytényezős varianciaanalízis (melléklet 2.3; 55. táblázat) lényeges eltérést állapított meg a termesztési idő kezdetén és végső harmadában begyűjtött talajminta talajból felvehető N-NO₃ és P-PO₄ tartalmánál mindkét, a 0-20 cm-es és a 20-40 cm-es, szelvényben egyaránt. A felvehető kálium tartalom esetében azonban ez a különbség csak az alsó 20-40 cm-es rétegben mutatható ki. Ez arra utal, hogy az öntözővíz hatására a kálium ionok hajlamosak a kimosódásra és az alsóbb talajrétegekben való felhalmozódásra (27. táblázat).

27. táblázat ANOVA analízis huminsavval kezelt talajszelvények NPK tartalmának összehasonlítására

Variencia analízis - $F_{0,05; 1, 22} = 4.4$						
Tápanyag	Talajszelvény: 0-20 cm			Talajszelvény: 20-40 cm		
	F	SZf	Prob.	F	SZf	Prob.
N-NO ₃	42.790	23	0.000	73.372	23	0.000
P-PO ₄	60.511	23	0.000	28.076	23	0.000
K	1.909	23	0.181	55.798	23	0.000

A talaj pH értékének változását vizsgálva megállapítható, hogy nyolc hónap elteltével a pH érték szignifikánsan csökkent a talaj felső 0-20 cm-es szelvényében, míg az alsóbb 20-40 cm-es rétegben a változás nem volt statisztikailag jelentős (28. táblázat; melléklet 2.3; 56. táblázat).

28. táblázat ANOVA analízis huminsavval kezelt talajszelvények pH értékeinek összehasonlítására

Variencia analízis - $F_{0,05; 1, 22} = 4.4$						
pH	Talajszelvény: 0-20 cm			Talajszelvény: 20-40 cm		
	F	SZf	Prob.	F	SZf	Prob.
Jan-09	86.186	23	0.000	0.318	23	0.579
Sep-09						

A talaj sótartalmának vizsgálata egy fordított arányú tendenciát állapított meg a két talajszelvény esetében (melléklet 2.3; 57. táblázat). Míg a felső 0-20 cm-es szelvényben a sótartalom növekedése volt tapasztalható, addig az alsóbb 20-40 cm-es szelvényben a sótartalom csökkenése volt megállapítható. Ez két tényezőnek köszönhető, a talaj párologtató típusú vízháztartásának és az öntözővíz magas keménységi fokának. A számított F-érték azonban csak a 20-40 cm-es szelvényben állapított meg szignifikáns különbséget, amely valószínűleg a huminsav sótartalom

szabályzó hatásának következményeként tartotta alacsony szinten a felső talajszelelvény sótartalmát (29. táblázat).

29. táblázat ANOVA analízis huminsavval kezelt talajszelelvények sótartalmának összehasonlítására

Variencia analízis - $F_{0,05;1,22} = 4.4$						
Só tartalom	Talajszelelvény: 0-20 cm			Talajszelelvény: 20-40 cm		
	F	SZf	Prob.	F	SZf	Prob.
Jan-09	2.366	23	0.138	48.279	23	0.000
Sep-09						

4.2.2 A faiskolai területről származó talajmintákkal elvégzett laboratóriumi kísérletek talajvizsgálati eredményei

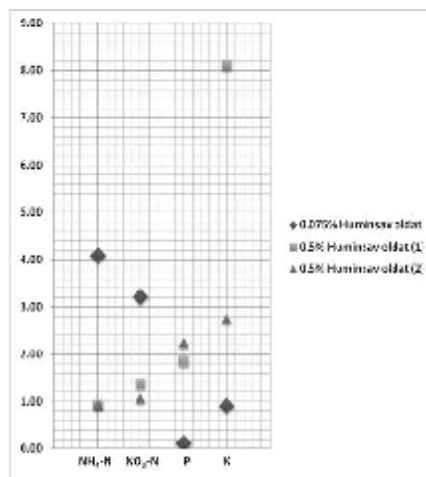
A talajminták vizsgálata mind a $\text{NO}_3\text{-N}$, foszfor és kalium esetében azt mutatta ki, hogy a magasabb koncentrációjú kezelés hatására a felvehető tápanyagok mennyisége is megnő a kezeletlen mintákhoz képest. Egyedül a $\text{NH}_4\text{-N}$ értéknél mutatták az eredmények ennek a fordítottját, ahol a kisebb 0.075%-os kezelésnél volt mérhető lényegesen magasabb érték.

A laboratóriumi körülmények között elvégzett talajminta kezeléseket és vizsgálatok eredménye egyértelműen kimutatta, hogy a kisebb koncentrációjú (0.075%) huminsavas kezelés jobban megnövelte a felvehető $\text{NO}_3\text{-N}$ tartalom mértékét, mint azt a magasabb koncentrációjú (0.5%) kezelésnél tapasztaltuk (30. táblázat).

30. táblázat Különböző koncentrációjú (0.075% és 0.5%) huminsavval kezelt talaj NPK és szerves szén tartalma

Kezelés	Minta	mg/kg				mg/100g
		$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	P	K	C
0.075% Huminsav oldat	Kezelt	13.90	406.90	0.347	45.47	19.67
	Kezeletlen	3.40	126.40	2.751	50.18	48.18
0.5% Huminsav oldat (1)	Kezelt	2.80	27.10	0.08	265.59	55.66
	Kezeletlen	3.00	19.60	0.04	32.70	31.02
0.5% Huminsav oldat (2)	Kezelt	1.40	18.30	0.12	198.05	46.61
	Kezeletlen	1.50	17.10	0.05	71.76	35.60

Mindkét esetben a felvehető $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyisége magasabb volt mint a kezeletlen talajmintáké. A felvehető kálium tartalom vizsgálata azt mutatta, hogy a 0.075%-os oldattal kezelt minták kálium tartalma kisebb, míg a 0,5%-os oldattal kezelt minták kálium tartalma lényegesen nagyobb volt mint a kezeletlen mintáké. A foszfor esetében ugyanazt tapasztalhattuk, mint a kálium tartalom esetében (28. ábra).



28. ábra Különböző koncentrációjú huminsavval kezelt vályogtalaj NPK tartalmának összehasonlítása

A talajminták statisztikai vizsgálata (melléklet 2.3; 58. táblázat) mind az NH₄-N mind pedig a NO₃-N tartalomnál lényegesen nagy különbséget eredményezett a kezelt és kezeletlen talajok között. Az NH₄-N esetében az “F” érték 89.987 volt 0.000 valószínűségi mutatóval, mely szignifikáns különbséget jelent ($F_{0.05; 3, 4}=6.6$).

A Pearson Korrelációs Index azonban egyértelműen nem támasztja alá azt a nézetet, hogy ez a különbség a kezeléskor alkalmazott koncentráció függvényének hatására alakult-e ki, vagy azt, hogy egyáltalán a kezelésnek tulajdonítható-e be. Erre utal a kapott 0.319 és 0.252 korrelációs index a kezeletlen talajoknál, illetve a kezelt és kezeletlen talajok között. A kezelt talajmintákon belül tapasztalható különbségek azonban egyértelműen a kezelésnél alkalmazott huminsav oldat koncentrációjának eredménye, amelyre egyébként az erős negatív korrelációs index is utal $R = -0.994$; $P = 0.006$ (31. táblázat).

31. táblázat Különböző koncentrációban (0.5% és 0.075%) huminsavval kezelt talajminták NH₄-N-re elvégzett variancia és Pearson féle korreláció analízisek eredménye

Variencia analízis: NH₄-N			
Forrás	F	SZf	Prob.
Átfogó modell	89.987	7	0.000
F _{0.05; 3, 4}	6.6		
Teszt effektus			
Teszt-Kontroll	75.480	1	0.001
Koncentráció	114.401	1	0.000
T.-K.*Kont.	80.079	1	0.001
Pearson féle korreláció: NH₄-N			
Forrás	Korreláció	Szignifikancia	
Koncentráció*Kontroll	-0.681	0.319	
Koncentráció*Teszt	-0.994	0.006	
Kontroll*Teszt	0.748	0.252	

A lineáris regresszió analízis során kapott determinációs együttható 98.3%-os valószínűséget mutat a minták értékeinek variációjára, azaz a minták között az F-erkekkel kimutatható szignifikáns különbségek 98.3%os valószínűséggel a kezelésnek és a kezelési koncentraciónak tudhatók be. A többszörös korrelációs együttható pedig kimutatta ($R=0,994$), hogy a kezelt és kezeletlen minták értékei erősen pozitíven korreálnak egymással (32. táblázat).

32. táblázat Különböző koncentrációban (0.5% és 0.075%) huminsavval kezelt talajminták $\text{NH}_4\text{-N}$ -re elvégzett regresszió analízis eredménye

Lineáris Regresszió										
	Összes			Regresszió		Regresszió Koefficiens				Számított
	R^2	R	Adj. R^2	F	Prob.	Intercept	Prob.	Koncentráció	Prob.	$y=a+bx$
$\text{NH}_4\text{-N}$	0.989	0.994	0.983	172.554	0.006	15.394	0.002	-26.588	0.006	$15.394+(-26.588*X)$

A regressziós koefficiens arra adott információt, hogy az egyes koefficiens és tesztértékek eltérnek-e nullától, azaz leírják a fennálló kapcsolatot az egyes változók között: $y=a+bx=15.394+(-26.588*\text{Koncentráció})$. A modellt alkalmazva az alábbi értékeket kapjuk a minták $\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/kg) tartalmára vonatkozóan (33.táblázat):

33. táblázat Különböző koncentrációban (0.5% és 0.075%) huminsavval kezelt talajminták $\text{NH}_4\text{-N}$ -re felállított regressziós modellből számított és a tesztmintákból kapott adatok összehasonlítás

Koncentráció	Kontroll	Teszt	Számított
0.500%	3.00	2.80	2.10
0.500%	1.50	1.40	2.10
0.075%	3.40	13.90	13.40
0.075%	3.11	12.90	13.40

A teszteredmények és a modell által megadott értékek közötti különbségek (Residuals) vizsgálatára felállított normál valószínűségi grafikon nem mutatott kiugró értékeket, azaz a modell biztonságosan alkalmazható. Így összességében elmondható, hogy a huminsavas kezelés, hatással van a talajminták $\text{NH}_4\text{-N}$ tartalmára, bár valószínűleg ez csak egy a lehetséges fő okok közül, melyek azt meghatározzák.

A minták $\text{NO}_3\text{-N}$ tartalmának vizsgálata (melléklet 2.3; 59. táblázat) sokkal egységesebb eredményt hozott. Mind a kezelés, mind pedig a kezelésnél alkalmazott oldat koncentrációja lényegesen szignifikáns különbséget okozott a kezelt és kezeletlen minták között ($F=732.6$ $P=0.000$), illetve a kezelt mintákon belül a koncentráció függvényében ($F=687.7$ $P=0.000$). Ezt a kapott Pearson féle

korrelációs index is megerősíti (RKoncentráció=-0.999, illetve RKezelt-Kezeletlen=1.000 P=0.000) (34. táblázat).

34. táblázat Különböző koncentrációban (0.5% és 0.075%) huminsavval kezelt talajminták NO₃-N-re elvégzett variancia és Pearson féle korreláció analízisek eredménye

Variencia analízis: NO₃-N			
Forrás	F	SZf	Prob.
Átfogó modell	1,193.255	7	0.000
F _{0.05; 3, 4}	6.6		
Teszt effektus			
Teszt-Kontroll	732.613	1	0.000
Koncentráció	2,159.405	1	0.000
T.-K.*Kont.	687.746	1	0.000
Pearson féle korreláció: NO₃-N			
Forrás	Korreláció	Szignifikancia	
Koncentráció*Kontroll	-0.999	0.001	
Koncentráció*Teszt	-0.999	0.001	
Kontroll*Teszt	1.000	0.000	

A lineáris regresszió modell ugyancsak alátámasztotta a tesztek eredményeit. (35. táblázat).

35. táblázat Különböző koncentrációban (0.5% és 0.075%) huminsavval kezelt talajminták NO₃-N-re elvégzett regresszió analízisének eredménye

Lineáris Regresszió										
	Összes			Regresszió		Regresszió Koefficiens				Számított
	R ²	R	Adj. R ²	F	Prob.	Intercept	Prob.	Koncentráció	Prob.	y=a+bx
NO ₃ -N	0.999	0.999	0.998	1511.738	0.001	464.582	0.000	-883.765	0.001	464.58+(-883.76*X)

A teszt-modell változók kapcsolatát leíró egyenlet: $y=a+bx=464.582+(-883.765 \cdot \text{Koncentráció})$, aminek alkalmazásával az alábbi eredményeket kapjuk a minták NO₃-N (mg/kg) tartalmára vonatkozóan (36. táblázat).

36. táblázat Különböző koncentrációban (0.5% és 0.075%) huminsavval kezelt talajminták NO₃-N-re felállított regressziós modellből számított és a teszt mintákból kapott adatok összehasonlítása

Koncentráció	Kontroll	Teszt	Számított
0.500%	19.60	27.10	22.7
0.500%	17.10	18.30	22.7
0.075%	126.40	406.90	398.3
0.075%	119.50	389.70	398.3

A teszt eredmények valamint a modell által megadott értékek közötti különbségek (Residuals) vizsgálata nem mutatott kiugró értékeket.

A talajminták foszfortartalmának vizsgálata (melléklet 2.3; 60. táblázat) az előzőekben leírtakhoz hasonló eredményt hozott. Az "F" értékkel mért szignifikáns különbségeket a kezelés és az alkalmazott oldat koncentrációja eredményezte magas valószínűségi szinttel. Ebben az esetben is az oldat töménysége és a kezelt talajokban mért foszfortartalom erős negatív korrelációt mutat (37. táblázat).

37. táblázat Különböző koncentrációban (0.5% és 0.075%) huminsavval kezelt talajminták foszfor tartalmára elvégzett variancia és Pearson féle korreláció analízisek eredménye

Variencia analízis: P-PO₄			
Forrás	F	SZf	Prob.
Átfogó modell	33.351	7	0.003
F _{0.05; 3,4}	6.6		
Teszt effektus			
Teszt-Kontroll	26.014	1	0.007
Koncentráció	45.243	1	0.003
T.-K.*Kont.	28.796	1	0.006
Pearson féle korreláció: P-PO₄			
Forrás	Korreláció	Szignifikancia	
Koncentráció*Kontroll	-0.974	0.026	
Koncentráció*Teszt	-0.992	0.008	
Kontroll*Teszt	0.951	0.049	

A regresszió analízis eredményei világosan tükrözik az összefüggést a teszt és kontroll minták között. A kapott determinációs együttható értéke valószínűsíti, hogy a kezelt-kezeletlen minták számára felépített modell kielégítően (97.5%-os valószínűséggel) ad magyarázatot a minták értékeinek variációjára. A többszörös korrelációs együttható pedig kimutatta, hogy a kezelt és kezeletlen minták értékei erősen pozitíven korreálnak egymással. (38. táblázat).

38. táblázat Különböző koncentrációban (0.5% és 0.075%) huminsavval kezelt talajminták foszfor tartalmára elvégzett regresszió analízis eredménye

Lineáris Regresszió										
P	Összes			Regresszió		Regresszió Koefficiens				Számított
	R ²	R	Adj. R ²	F	Prob.	Intercept	Prob.	Koncentráció	Prob.	y=a+bx
P	0.983	0.992	0.975	118.163	0.008	0.406	0.002	-0.614	0.008	0.406+(-0.614*X)

A regressziós koefficiens arra adott információt, hogy az egyes koefficiens és teszt értékek eltérnek-e nullától, azaz leírják a fennálló kapcsolatot az egyes változók között. Ebben az esetben ez a következőket jelenti: $y=a+bx=0.406+(-0.614*\text{Koncentráció})$. A modellben felállított egyenlettel a következő eredményeket kapjuk (mg/kg) (39. táblázat). A teszt eredmények és a modell által megadott értékek nem jeleztek kiugró értékeket, azaz a modell biztonsággal alkalmazható.

39. táblázat Különböző koncentrációban (0.5% és 0.075%) huminsavval kezelt talajminták foszfortartalmára felállított regressziós modellből számított és a teszt mintákból kapott adatok összehasonlítása

Koncentráció	Kontroll	Teszt	Számított
0.500%	0.042	0.078	0.0985
0.500%	0.053	0.119	0.0985
0.075%	2.751	0.347	0.3595
0.075%	1.985	0.372	0.3595

A minták kálium tartalmának vizsgálati eredményeit feldolgozó statisztikai értékelés (melléklet 2.3; 61. táblázat), bár különbséget állapított meg a talajminták között foszfortartalmat illetően, nem adott egyértelmű választ arra, hogy ez a különbség a kezelésnek tudható-e be vagy sem. A kapott korrelációs index mindössze egy negatív -0.153-as értéket eredményezett 0.847-es korrelációs szignifikanciával. Ugyanakkor, a kezelt talajminták között mért értékekre erősen pozitív korrelációs indexet adott a kezelésnél alkalmazott oldat töménységének függvényében. Ez megint csak arra utal, hogy a huminsavas kezelés és annak koncentrációja hatással van a talaj felvehető kálium tartalmára, de ezt más tényezők is befolyásolják, például a talajban lévő összes bázisok mennyisége, a pH, etc. (40. táblázat.)

40. táblázat Különböző koncentrációban (0.5% és 0.075%) huminsavval kezelt talajminták kálium tartalmára elvégzett variancia és Pearson féle korreláció analízisek eredménye

Variencia analízis: K			
Forrás	F	SZf	Prob.
Átfogó modell	22.014	3	0.006
$F_{0.05; 3,4}$	6.6		
Teszt effektus			
Teszt-Kontroll	20.046	1	0.011
Koncentráció	23.650	1	0.008
T.-K.*Kont.	22.345	1	0.009
Pearson féle korreláció: K			
Forrás	Korreláció	Szignifikancia	
Koncentráció*Kontroll	0.096	0.904	
Koncentráció*Teszt	0.969	0.031	
Kontroll*Teszt	-0.153	0.847	

A lineáris regresszió analízis során kapott determinációs együttható 90.8%-os valószínűséget mutat a minták értékeinek variációjára. A többszörös korrelációs együttható pedig kimutatta ($R=0,969$), hogy a kezelt és kezeletlen minták értékei erősen pozitíven korreálnak egymással (41. táblázat).

41. táblázat Különböző koncentrációban (0.5% és 0.075%) huminsavval kezelt talajminták kálium tartalmára elvégzett regresszió analízisének eredménye

Lineáris Regresszió										
K	Összes			Regresszió		Regresszió Koefficiens				Számított
	R^2	R	Adj. R^2	F	Prob.	Intercept	Prob.	Koncentráció	Prob.	$y=a+bx$
K	0.939	0.969	0.908	30.687	0.031	11.680	0.721	440.280	0.031	$11.68+(440.28*X)$

Az eredmények közötti összefüggést modellező képlet és a számított értékeket az alábbiakban leírtak mutatják (42. táblázat):

$$y=a+bx=11.680+(440.280* \text{Koncentráció})$$

42. táblázat Különböző koncentrációban (0.5% és 0.075%) huminsavval kezelt talajminták kálium tartalmára felállított regressziós modellből számított és a teszt mintákból kapott adatok összehasonlítása

Koncentráció	Kontroll	Teszt	Számított
0.500%	32.70	265.59	231.82
0.500%	71.76	198.05	231.82
0.075%	50.18	45.47	44.701
0.075%	48.97	43.93	44.701

A talajminták szerves széntartalmának statisztikai vizsgálatánál (melléklet 2.3; 62. táblázat), és mint az várható is volt, hiszen a huminsav önmagában is a szerves-anyagok lebomlásának egyik végterméke. Az "F" értékkel mért szignifikáns különbségeket a kezelés és az alkalmazott oldat koncentrációja eredményezte magas valószínűségi szinttel. Ebben az esetben is az oldat töménysége és a kezelt talajokban mért szerves széntartalom erős pozitív korrelációt mutat (43. táblázat).

43. táblázat Különböző koncentrációban (0.5% és 0.075%) huminsavval kezelt talajminták szerves széntartalmára elvégzett variancia és Pearson féle korreláció analízisek eredménye

Variencia analízis: C			
Forrás	F	SZf	Prob.
Átfogó modell	33.216	3	0.003
F _{0.05; 3,4}	6.6		
Teszt effektus			
Teszt-Kontroll	4.640	1	0.098
Koncentráció	11.607	1	0.027
T.-K.*Kont.	83.401	1	0.001
Pearson féle korreláció: C			
Forrás	Korreláció	Szignifikancia	
Koncentráció*Kontroll	-0.976	0.024	
Koncentráció*Teszt	0.980	0.020	
Kontroll*Teszt	-0.999	0.001	

A lineáris regresszió (44. táblázat) modellből kapott eredmények a következőket adják a minták szerves széntartalmára (mg/100g) vonatkozóan:

$$y=a+bx=13.453+(75.365*\text{Koncentráció}) \text{ (45. táblázat)}$$

44. táblázat Különböző koncentrációban (0.5% és 0.075%) huminsavval kezelt talajminták szerves széntartalmára elvégzett regresszió analízis eredménye

Lineáris Regresszió										
	Összes			Regresszió		Regresszió Koefficiens				Számított
	R ²	R	Adj. R ²	F	Prob.	Intercept	Prob.	Koncentráció	Prob.	y=a+bx
C	0.961	0.980	0.942	49.335	0.020	13.453	0.073	75.365	0.020	13.453+(75.365*X)

45. táblázat Különböző koncentrációban (0.5% és 0.075%) huminsavval kezelt talajminták szerves széntartalmára felállított regressziós modellből számított és a tesztmintákból kapott adatok összehasonlítása

Koncentráció	Kontroll	Teszt	Számított
0.500%	31.02	55.66	51.135
0.500%	35.60	46.61	51.135
0.075%	48.18	19.67	19.105
0.075%	47.69	18.54	19.105

4.3 Az új tudományos eredmények összefoglalása

1. A gránátalma facsometék minőségi mutatói (átmérő, magasság, gyökérsúly, volumene és száma) szignifikánsan nagyobb értékeket adnak huminsav kezelés hatására, mint az a kezeletlen talajokon fejlődő növényeknél volt mérhető.
2. A huminsav kezelés serkentette a dugványok járulékos gyökérsúlyának kialakulását, ami nagymértékben növeli a csometék túlélési arányát. Ezzel a dugványiskolában elkerülhető az erős metszés gyakorlata, amely kedvezőtlenül hat a későbbiekben a csometék túlélési arányára.
3. A kezelési koncentráció növelésével a magvak kelési százaléka lecsökken. A legmagasabb kelési értéket a 01 %-os kezelés mutatta.
4. A huminsavas kezelés hatására a durva méretű humuszanyagok (>0.25mm) aránya a talajban lecsökken, ugyanakkor az ennél kisebb méretűeké viszont megnő.
5. A növények által felvett kálium mennyisége egyenes arányban, a nitrogén és foszfor mennyisége pedig fordított arányban viszonyul a huminsavas kezelési oldat koncentrációjához.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

5.1. Értékelés

5.1.1. A csírázási kísérletek eredményeinek értékelése

Egyértelműen igazolták az angolperjével végzett csíráztatási kísérletek Pena-Mendez (2004) és KOTOB (2009) megállapítását, hogy a huminsav serkentő hatással van a növényi magvak csírázóképeségére. Bár az eredmények minden kezelési koncentráció esetében magasabb kelési százalékot mutattak, mint a kezeletlen magoknál, az viszont mindenképpen megemlítendő és erről az átnézett szakirodalomban sincs említés, hogy a kezelési koncentráció növelésével a kelési százalék értéke lecsökken. A legmagasabb kelési arányt a 01 %-os kezelés mutatta.

A kezelések összehasonlítása a kikelt magok számát tekintve nem mutatott ki lényeges különbséget az egyes huminsav kezelési oldat koncentrációkra, de megfigyelhető volt, hogy a kezelési koncentráció csökkenésével a kelési arány jobb lett. Bár statisztikailag ez nem volt bizonyítható, de ez a tendencia minden kétséget kizáróan megfigyelhető volt.

Ugyancsak megfigyelhető volt, hogy a 0.1%-os kezelésnél a kezdeti időszakban nagyobb számban csíráztak ki a magok, amely tendencia a későbbi kelési periódus során fokozatosan kiegyenlítődött az egyes kezelések között. A csírázás megindulásának idejét tekintve az egyes kezelések között nem volt különbség. Ezekből a megfigyelésekből az alábbi következtetések vonhatók le:

- A csírázás megindulása azonos időpontban vette kezdetét minden egyes minta és ismétlés esetében, tehát ilyen vonatkozásban a huminsavas kezelésnek nincs hatása, a kelési folyamat a növény élettani funkciói által szabályozottak.
- A kis koncentrációban alkalmazott huminsav kezelés a csírázás beindulása után, a kelési időszak kezdetén jobban felgyorsítja a csírázási folyamatot, mint a magasabb koncentrációjú kezelések. Ez a tendencia a 0,1%-os kezelésnél mutatható ki legjobban.
- A huminsavas kezelés minden esetben nagyobb kelési arányt eredményezett, mint a kezeletlen mintáké, tehát megállapítható, hogy a humuszkészítmények serkentik a magok csírázóképeségét.
- A kikelt magok számának végeredményét nézve megállapítható, hogy a kisebb koncentrációban alkalmazott huminsav kezeléseknél a hatása tendenciálisan jobb annak ellenére, hogy ez statisztikailag nem volt bizonyítható.

5.1.2. Angolperjével végzett laboratóriumi kísérletek eredményeinek értékelése

Katkat és kutatócsoportjának munkája azt az eredményt hozta, hogy a huminsav alkalmazása 0.1% dózisban főleg a tápelemek felvételére volt hatással (N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn és Mn), míg 0.2%-os dózisonál főleg a szárazanyag tartalom növekedése és a nitrogén felvétele volt megfigyelhető.

Ez az állítás csak részben volt bizonyítható, illetve elfogadható. A felvett nitrogén milligrammban mért értékei azt mutatták, hogy a 10%-os koncentrációjú huminsavas kezelésnél a felvett nitrogén mennyisége szignifikánsan nagyobb volt, mint az alacsony koncentrációjú kezelések esetében tapasztalható volt. Az azonban megfigyelhető volt, hogy a 0.075%-os és 0.5%-os tartományban a kezelési koncentráció növekedésével a nitrogén felvétele csökkent, mely tendencia viszont alátámasztja Katkat megfigyeléseit.

Ugyancsak helytállóan bizonyultak Katkat megfigyelései a felvett foszfor és kálium tekintetében, hogy a huminsav alkalmazása 0.1% dózisban a tápelemek felvételére volt hatással. Ezt a határt a kísérletek a 0,075%-os kezelési koncentrációnál húzták meg.

A szárazanyag tartalom vizsgálatakor kiderült, hogy a nagy koncentrációban (10%-os) alkalmazott kezelések hatására a szárazanyag tartalom milligrammban mért mennyisége drasztikusan visszaesik, míg a kisebb koncentrációjú kezeléseknél, a 0.075%-os és 0.5%-os tartományban, KATKAT megfigyelései bizonyultak helytállóknak, miszerint a kezelési oldat koncentrációjának növekedésével a szárazanyag tartalom mennyisége is megnövekszik.

Megállapítható, hogy KATKAT és kutatócsoportjának megfigyelései csak bizonyos kezelési oldat koncentráció határok között igaz, mely határértéknél magasabb koncentrációban alkalmazott kezelések esetén, a nitrogén kivételével, mind a tápanyagok felvétele, mind pedig a szárazanyag tartalom értéke csökken.

A kísérletek eredményei nem támasztották alá CIMRIN ÉS YILMAZ (2005) álláspontját, miszerint a huminsavnak nincs hatása a növényi tápanyagfelvételre a talajból. Véleményük szerint a makroelemek felvétele a kijuttatott foszforműtrágya mennyiségétől (foszforfüggőség) és nem az alkalmazott huminsavtól függ. A kísérleti eredmények arra utalnak, hogy a makroelemek felvehetőségének mértéke, a foszfor esetében is, az alkalmazott huminsav koncentráció függvénye. A nitrogénre és foszforra mért értékek teljesen eltérően viselkedtek a koncentráció változás függvényében és köztük fennálló állítólagos foszforfüggőség sem tendenciálisan, sem pedig statisztikailag nem volt kimutatható. Ez ugyanakkor nem zárja ki annak lehetőségét (főleg a Leibig-i minimum törvény értelmében), hogy a növény által felvett foszformennyiségnek lehet bizonyos szabályzó szerepe a többi tápanyagok tekintetében.

5.1.3. *Gránátalma fasikolai kísérletek eredményeinek értékelése*

A gránátalma facsetetékkel végzett szántóföldi kísérletek eredményei egyértelműen szemben állnak FEIBERT, SHOCK és SAUNDERS (2000) által publikált eredményeknek, miszerint a huminsav alkalmazása nincs hatással a fontosabb termésmutatókra. A facseteték esetében minden növényi szervnél lényeges gyarapodás volt kimutatható mind súlyban, átmérőben, magasságban és a gyökérszövet volumenében egyaránt a kontroll növényekéhez képest. A növények magasságáról és átmérőjéről begyűjtött és megvizsgált adatok eredményei kétséget kizáróan bebizonyították, hogy a kezelt és kezeletlen növények fejlődési tendenciája időben azonos, közöttük nem áll fenn összefüggés és a kezelt növények paraméterei mindig jobbnak bizonyultak.

Ezzel a kísérletek megerősítik ALBAYRAK és CAMAS (2005) eredményeit, melyek gyökeresen szemben állnak Feiberték véleményével és azt állítják, hogy a huminsav alkalmazása szignifikáns javulást okoz a főbb termésmutatókban.

A facseteték fejlődésének és a talajban végbemenő változásoknak a megfigyelése ugyancsak mutatott pozitív tendenciákat. A facseteték termésmutatóinál jelentkezett javulás és a kismennyiségben kijuttatott műtrágya alkalmazása arra enged következtetni, hogy a huminsavas kezelés serkenti a növény tápanyagfelvételét a talajból. Ez megerősíti CHEN és PENA-MENDEZ egymástól függetlenül megfogalmazott állításait a növényi tápanyagfelvétel növekedése és a huminsav alkalmazása között megfigyelhető ok-okozati összefüggéssel kapcsolatban.

A dugványról nevelt jó minőségű és életképes facseteték termelésének alapvető feltétele a fejlett járulékos gyökérrendszer kialakulása. Ezt a dugványtörzsültetvényekben termelt dugványoknál az erős metszéssel segítik elő, ami viszont a veszéllyel jár, hogy a cseteték túlélési esélye romlik (HROTKÓ K. et al. 1999). A kísérletek eredményei arra engednek következtetni, hogy a huminsavas kezeléssel ez a gyakorlat leváltható. A kezelés hatására kialakuló fejlett járulékos gyökérrendszer lehetővé teszi a facseteték számára a fokozott tápanyag és víz felvételét a talajból, aminek eredményeképpen egységesebb növényállomány alakítható ki, ahol a növények legtöbbször megfelel a faiskolai ültetvényanyagok minőségi követelményeinek. Ugyanakkor a lecsökken azoknak a növényeknek a száma, amelyeket az erősítő iskolákban kell telepíteni további nevelés céljából. Ez jelentős költségmegtakarítással járhat.

5.1.4. *A faiskolai területről származó talajmintákkal elvégzett laboratóriumi kísérletek talajvizsgálati eredményeinek értékelése*

YUSUF, AHMAD és MAJIB (2009) megfigyelte, hogy a huminsav hatására a talaj ammóniumtartalmának vesztesége lecsökken. Ez ugyancsak megfigyelhető volt a faiskolából vett

talajminták esetében. Míg a 0-20 cm-es talajszelvényben a kezeletlen mintáknál az ammóniumtartalom 3.7 mg/kg-ra csökkent a kezelt minták esetében ez 4.6 mg/kg volt. A 20-40 cm-es talajszelvényben mindkét mintánál az ammóniumtartalom változatlan maradt (4.5 mg/kg).

Ugyancsak megfigyelhető volt, hogy a termesztési ciklus közepén a kezelés hatására a növény által felvehető nitrogén mennyisége megnövekedett, de ez az érték a termesztési időszak végére lecsökkent a kontroll mintáknál mért érték alá. Ebből két dologra lehet következtetni: először, MIKKELSEN (2005) azon véleménye, hogy a huminsav megnöveli a növényi tápanyagfelvételt, valamint Kussow (2005) megállapítása a kicserélhető kationok mennyiségének növekedéséről, helytálló következtetések. Másodszer a huminsav által felszabadított tápanyagok kimosódási veszélye a talajszelvényből megnő. Ezt a negatív hatást fokozta a kísérleteknél használt felszíni barázdás öntözés gyakorlata. Ezt megerősíti az a megfigyelés, hogy a kicserélhető kationok mennyisége a felső 20 cm-es talajszelvényben lecsökkent, míg az alsóbb 40 cm-es talajszelvényben megnőtt a kontroll mintákéhoz képest.

A talajminták kezelése huminsavval majd az eredmények vizsgálata kimutatta, hogy a kezelési koncentráció növekedésével a felvehető tápanyagok mennyisége is megnő a kezeletlen mintákhoz képest, azaz a huminkészítmények nemcsak növelik a felvehető tápanyagok mennyiségét, de ez a hatás egyenesarányú függőséget mutat az alkalmazott oldat koncentrációjával is. Ez alól egyedül a $\text{NH}_4\text{-N}$ érték volt kivétel, ahol a kisebb 0.075%-os kezelésnél volt mérhető lényegesen magasabb $\text{NH}_4\text{-N}$ érték. A mért felvehető $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyiség mindkét esetben magasabb volt mint a kezeletlen talajmintáké.

Az is megállapítható volt, hogy a huminsavas kezelés hatására a durva méretű humuszanyagok (>0.25mm) aránya a talajban lecsökken, ugyanakkor az ennél kisebb méretűeké viszont megnő. Ugyanakkor az Arany-féle kötöttségi szám értéke a kezelt talajokban magasabb volt mint a kezeletnekében.

A talaj huminsavas kezelése lúgos talajoknál a pH csökkenését eredményezi. Ezzel párhuzamosan a szabad kalcium-karbonát mennyisége is csökken és a felvehető foszfor mennyisége megnő.

5.2. Következtetések

Az elvégzett kísérletek eredményei arra utalnak, hogy a huminsavas kezelés hatására a talajszerkezet javul. Ezt a tényt két dolog támasztja alá: először is a mérhető Arany-féle kötöttségi szám értéke a huminsavval kezelt talajokban megnövekszik. Másrészt, a durva méretű szervesanyagok mennyisége a talaj felső 20-25 cm-es rétegében lecsökkent, míg az ennél finomabb méretű frakciók aránya közel a duplájára emelkedett. Ez arra is utal, hogy a huminsav hatására a szervesanyagok lebomlása a talajban fokozódik.

A lúgos környezetben nehezen oldódó tápanyagok mennyisége huminsavas kezelés hatására nő. Ez a hatás közvetve jelentkezik, mivel a huminsav jelenlétének következtében a talaj pH értéke a semleges tartomány irányába mozdul el. Ezt megfelelően demonstrálja a felvehető foszfortartalom mennyiségének növekedése a kezelt mintákban.

A huminsavval kezelt és kezeletlen talajminták összehasonlításakor az volt tapasztalható, hogy a felvehető $\text{NH}_4\text{-N}$ mennyisége fordított arányban, míg a felvehető $\text{NO}_3\text{-N}$, kálium és foszfor mennyisége egyenes arányban van a kezelési oldat koncentrációjának értékével. Ebből az következik, hogy a kezelési oldat koncentrációjának változtatásával hatni lehet a különböző növény által felvehető tápanyagok mennyiségére a talajban.

A felvehető összes nitrogéntartalom mennyiségének vizsgálata során arra lehet következtetni, hogy a huminsavas kezelés hatására megváltozó összes felvehető nitrogén mennyisége elsősorban a nitrát- nitrit jellegű nitrogénvegyületek mennyiségeinek változására következik be, mivel a kísérletek során az $\text{NH}_4\text{-N}$ tartalom a kezelt és kezeletlen talajoknál sokkal kisebb mértékű változásokat eredményezett.

Megállapítható, hogy 0.075% és 0.5% közötti kezelési koncentrációban KATKAT (2009) megfigyelései elfogadhatók, és a kísérletek eredményei alátámasztják azt az állítást, miszerint az alacsony koncentrációban alkalmazott kezelések a tápanyagfelvételre, elsősorban a nitrogén és foszfor felvételére, míg a magasabb koncentrációjú kezelések a szárazanyag tartalom növekedésére vannak hatással.

A kísérleti eredmények egyértelmű cáfolták azt az állítást (K. M. CIMRIN ÉS I. YILMAZ, 2005), hogy a növény által felvett nitrogéntartalom mennyisége a felvett foszfortartalom mennyiségétől függ. Az elvégzett vizsgálatok eredményeinek összehasonlítása az alábbi megállapításokra enged következtetni:

- a- A felvehető foszformennyiség a talajban pH függő. A huminsav pH szabályzó hatása a felvehető foszformennyiség növekedéséhez vezet.
- b- A felvehető $\text{NO}_3\text{-N}$ és foszfortartalom a talajban az alkalmazott huminsav oldat koncentrációjától függ.
- c- Mind a növény által felvett $\text{NO}_3\text{-N}$ és foszfor mennyisége elsősorban a huminsav kezelési oldatának koncentrációjától függ és nem a két tápanyag felvett mennyiségeinek egymáshoz való viszonyától.

A fentiekben leírt megállapításokból egyértelműen levonható az a következtetés, hogy a huminsavas kezelés és a kezelés során alkalmazott oldat töménysége hatással van a növény által felvett $\text{NO}_3\text{-N}$ és foszfor mennyiségére.

Gyakorlati termelési szempontból a kísérletek legfontosabb eredményeit a termelési mutatókban megfigyelhető változások hozták. Ebben az esetben mivel facsemeték neveléséről van szó,

termelési mutatók alatt a növény magassága, szár átmérője és a gyökérszétlet fejlettsége értendő elsősorban.

Összességében megállapítható, hogy a huminsavas kezelés nagymértékben stimulálja a növény növekedését és fejlődését. Különösen jelentősek voltak a különbségek a növényi minták magasságában és átmérőjében. Ugyanakkor az oldalhajtások és elágazások számát tekintve ez a különbség nem volt észlelhető, legalábbis nem jelentős mértékben. Azonban nagy különbségek voltak mérhetőek a gyökérszétlet volumenének, súlyának és gyökérszámának tekintetében a kezelt és kezeletlen talajon nevelt facsemeték között a kezelt talajon nevelt növények javára. Ez nem csak azért fontos mert a nagyobb gyökérszétlettel rendelkező növények nagyobb fizikai támasszal kötődnek meg a talajban, hanem ez azért rendkívül fontos, mert ezeknek a növényeknek a víz és tápanyagfelvételi kapacitása is megnő. Intenzív gyümölcsstermesztési technológiáknál találkozhatunk olyan sövény kialakítású formákkal, melynek során a facsemetéket dőléssel ültetik és az oltvány szárának egy része (az oltási ponttal együtt) a talajba kerül (Bouche-Thomas sövény). Ennek célja, hogy az oltvány is legyökeresedjen és így a kiegészítő gyökérrendszerrel megnövelt gyökérszétlet fokozott mértékben szállítson vizet és tápanyagokat a növényi részeknek.

Végezetül megállapítható, hogy a huminsav serkenti és fokozza a magok kicsírázását, kelését. A kísérleti eredmények alapján legjobb eredmények ez esetben is a 0.075% és 0.1%-os kezelési oldat koncentrációval érhetőek el. A szántóföldi és laboratóriumi kísérletek eredményei információt szolgáltatnak a huminsavnak a gyakorlatban történő felhasználásához. Ehhez a tapasztalatok alapján, a következő javaslatokat lehet megtenni:

5.3. Javaslatok

- a- A huminsav termékek közül a por alakban előállított (humate) termékek kezelése a legegyszerűbb és legolcsóbb.
- b- Célszerű ezeknek a termékeknek a dúsítása különböző makro és mikro tápanyagokkal és az így előállított humate alkalmazása a növényi tápanyagellátásban. Ez két szempontból is fontos. Elsősorban azt kell figyelembe venni, hogy a huminsav termékek nem műtrágyák hanem olyan biokatalizátorok, amelyek a talajban meglévő tápanyagok felvehetőségének és a növény tápanyagfelvételének hatásfokát serkentik. Megfelelő tápanyagutánpótlás hiányában előbb vagy utóbb talajzsarolás jelensége léphet fel. Másodsorban, a tápanyagokkal dúsított humattal a tápanyagok talajban történő szállítását és felvételét lehet megjavítani anélkül, hogy jelentős mennyiségű tápanyag a gyökérszétletből kimosódna. Ezzel lényegesen lehet csökkenteni a kijuttatandó műtrágya mennyiséget és célspecifikusan lehet

- irányítani a növényi tápanyagellátást (megfelelő arányban és mennyiségben kijuttatott tápanyagok).
- c- Komposztrágyák előállításánál célszerű az alapanyagok huminsavval történő kezelése. Ilyen módon a komposztálás folyamatához szükséges idő lecsökken, a komposztálás minősége javul és a tápanyagveszteség lecsökken.
 - d- Huminsavak vizes oldata öntözővízzel együtt is kijuttatható, csökkentve a termelési költségeket
 - e- Ipari melléktermékek, mint például a melasz, huminsavval kezelhetők és növényi tápanyagellátásra felhasználhatók.
 - f- Szikesedésre hajlamos talajoknál a huminsav megköti a nátrium ionokat és azokkal együtt a talajból kimosódik, aminek révén a talajszerkezetet fellazítja.
 - g- Huminsavas kezelést két részletben a legcélszerűbb alkalmazni: először az alaptrágyázással együtt, majd később a virágzás kezdete előtt közvetlenül. Mivel a huminsav lehetővé teszi a szerves és műtrágyák gyors hasznosulását a talajban, ily módon két fontos periódusában jut megfelelő mennyiségű tápanyaghoz a növény, a vegetatív és a generatív fejlődés kezdeti időszakában.
 - h- Gondosan kell ügyelni a huminsav oldat hígítási koncentrációjára, ezért a legmegfelelőbb vízzel történő hígítási arány az 1:10.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A terméshozzájárulásra használt humusztartalmú anyagok hatásfoka és alkalmazhatósága teljességében még nem tisztázott a tudományos szakirodalomban. Ennek ellenére folytatódik ezeknek az anyagoknak használata. A kutatás célkitűzése az volt, hogy gránátalma faiskolában nevelt facseteték minőségi mutatóit javítsa humin és fulvosavas kezeléseknek a fejlődési periódusban történő alkalmazásával. A humuszanyagokkal végzett kezeléseknek szignifikánsan pozitív hatása volt a minőségi termelési mutatókra, megnövelve a facseteték átmérőjét és magasságát is. A termelési mutatókról begyűjtött adatok arra utalnak, hogy csökkentett mennyiségű műtrágya alkalmazását a humuszanyagok képesek kompenzálni a növény tápanyagfelvételének serkentése által. Az is kimutatható volt, hogy a szerves-anyagok lebomlása és a mineralizációs folyamatok a talajban fokozódnak. A humuszanyagoknak ugyanakkor pH és sótartalom szabályzó hatása is van és segíti a szerves-anyagok visszatartását a talaj felszíni rétegeiben, miközben onnan a sótartalom az alsóbb rétegekbe mosódik ki.

A kiegészítő kísérletek azt vizsgálták, hogy a huminsavas kezelésnek milyen hatása van a talajból felvehető főbb tápanyagok felvételére és a növény tápanyagfelvételére. Ezek a kísérletek gyorsan csírázó angolperje magokkal lettek végrehajtva. A kapott adatok kimutatták, hogy a huminsav megnöveli a talajból felvehető nitrogén, foszfor és kálium mennyiségét. A levelek analízise feltárta, hogy a növények tápanyagfelvétele nagymértékben függ az alkalmazott huminsavas oldat koncentrációjától. Az angolperje magokkal végzett csírázási kísérletek kimutatták, hogy már kis koncentrációban alkalmazott huminsavas kezelés (0.075%) is szignifikánsan megnöveli a kelési százalékot és növekedési erélyt. Ugyanakkor az is kimutatható volt, hogy magas koncentrációjú kezelésnél (10%) a kelési arány visszaesik. Ez arra utal, hogy egy bizonyos dózis felett a huminsav gátolja a csírázást.

SUMMARY

The efficacy and reliability to use humic substances for increasing crop yields have not been widely established in the scientific literature. Yet use of these products continues. The aim of the research had been to increase pomegranate cutting survival rate and the number of quality saplings in nursery production through humic and fulvic acid application during the growing period. The application of humic substances in the pomegranate nursery resulted in a significant positive effect for the quality of the sapling increasing both diameter and height. The data about yield indicates that reduced fertilizer use is balanced by the humic acid through the increase of nutrient uptake by the plant. It also showed that organic matter decomposition and the mineralization processes in the

soil increases. The humic substances also tend to regulate soil pH and soil salinity and help to retain organic matter in the surface layer, meanwhile the salt content is leaching out from the surface layer accumulating in the layers below.

Additional experiments had been conducted to observe the effect of humic acid application on the availability of major soil nutrients for plant growth and nutrient uptake by the plant. The experiments used fast growing meadow grass seeds. The received data confirmed that humic acid increases the available nitrogen, phosphorus and potassium content in the soil. The leaf analysis of the meadow grass revealed that the plant's nutrient uptake very much depends from the applied dose of the humic acid solution. The experiment with meadow grass seeds exposed that the germination rate and growing vigor significantly increased already at a low level of application dose (0.075%). However, it also revealed that at higher level of application dose (10%) the germination rate slowly fall back. This fact suggests that over a certain dose the humic acid may block the seed from germinating.

7. MELLÉKLETEK

M-1. Irodalomjegyzék

- AIKEN G. R. (1985): Humic Substances in Soil, Sediment, and Water: Geochemistry, Isolation, and Characterization, New York, Wiley, p. 692
- ALBAYRAK S., CAMAS N. (2005): Effects of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield components of forage turnip, *Journal of Agronomy* 4 (2), p. 130-133
- ALBERTSEN M., MATTHESS G. (1980): Verhalten relevanter Radioisotope in drei typischen Sandboden des Norddeutschen Flachlandes, *Meyniana* 32, p. 7-72
- ALEXA L., DER S. (2001): Szakszerű komposztálás, Zenith Rt., Budapest, p. 13-31
- American Society of Agronomy (1965): Methods of Soil Analysis, Part 1-2, Madison, Wisconsin
- ÁNGYÁN J. (2003): Védett és érzékeny természeti területek mezőgazdálkodásának alapjai, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, Hungary
- Baigorri R. et. al. (2009): Complementary Multianalytical Approach To Study the Distinctive Structural Features of the Main Humic Fractions in Solution: Gray Humic Acid, Brown Humic Acid, and Fulvic Acid, *J. Agric. Food Chem.*, **2009**, 57 (8), p. 3266–3272
- BAR-NESS E., CHEN Y. (1991): Manure and peat based Fe-enriched complexes: 11. Transport in soils, *Plant Soil* 130, p. 45-50
- BENOIT P. et al. (1996): Influence of the nature of soil organic matter on the sorption-desorption of 4-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol and the herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4D), *Eur. J. Soil Sci.* 47, p. 5 67-578
- BEVERIDGE A., PICKERING W. (1985): Influence of humate-solute interaction on aqueous heavy metal ion levels, *Water, Air and soil pollution* 14, p. 171-185
- BIGMAN C. (1996): Humus, humic acid and natural chelating agents, AFQ, <http://www.thekrib.com/Chemistry/humic.html>
- BLUMENFELD A. et al. (2000): Cultivation of pomegranate. *Options Méditerranéennes Série A, Séminaires Méditerranéens* 42, p. 143-147
- BORMAN M. M. et al. (1991): Effects of established perennial grasses on yields of associated annual weeds. *Journal of Range Management.* 44(4) p. 318-322
- BUZAS I. (1993): Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerek, Budapest
- CAMARGO DE OLIVEIRA L. et. al. (2009): Thermal decomposition kinetics of humic substances extracted from mid-Rio Negro (Amazon Basil) soil samples, *J. Braz. Chem. Soc.* Vol. 20, No. 6, Sao Paulo

- CHEN Y., MAGEN H., CLAPP C. (2001): Plant growth stimulation by humic substances and their complexes with iron, The International Fertiliser Society, Proceedings No. 470, ISBN 0 85310 106 X, p. 5
- CHEN Y., AVIAD T. (1990): Effect of humic substances on plant growth, Soil Science Society of America, Madison, WI, p.161-186
- CHIEN CH. SH. et. al. (2003): Reaction of refuse compost-derived humic substances with lead, copper, cadmium and zinc, International Journal of Applied Science and Engineering, 2003. 2, p. 137-147
- CHIEN Ch. Sh. et. al. (2003): Analytical and spectroscopic characteristics of refuse compost-derived humic substances, International Journal of Applied Science and Engineering 1, p. 62-71
- CIMRIN K.M., YILMA I. (2005): Humic acid applications to lettuce do not improve yield but do improve phosphorus availability, Acta Agriculture Scandinavica, Vol. 55, Issue 1, p. 58-63
- CONWAY, J.S. (1985): Soil Practical Handbook, Royal Agricultural College, England
- COOPER R. J. et. al. (1998): Influence of humic substances on rooting and nutrient content of creeping, Crop Sciences, November 1998
- DEC J., BOLLAG J. (1997): Determination of covalent and noncovalent binding interactions between xenobiotic chemicals and soil, Soil. Sci. 162, p. 858-874
- DIERCKS, R. (1983): Alternativen in Landbau. Eine kritische Gesamtbilanz. Ulmer, Stuttgart, Federal Republic of Germany, p. 379
- DORER S., PEACOCK C. (1997): The effect of humate and organic fertilizer on establishment and nutrition of creeping bentgrass, Journal of the International Turfgrass Research Society 55, p. 111-118
- DURSUN A., GUVENC I. (1999): Effects of different levels of humic acid on seedling growth of tomato and eggplant, International Symposium Greenhouse Management for Better Yield & Quality in Mild Winter Climates, ISHS Acta Horticulturae 491, p. 235-240
- FAO (2010): The state of food insecurity in the world, Rome, October 2010, <http://www.fao.org/publications/sofi>
- FEIBERT E. et al. (2003): Nonconventional additives leave onion yield unchanged, HortScience 38, p. 381-386
- FEIBERT E. et. al. (2000): Evaluation of humic acid and other nonconventional fertilizer additives for onion production, Malheur Experiment Station, Oregon State University, USA, www.cropinfo.net/AnnualReports/2000/onihumic00.htm, p. 14

- FERNALD M. L. (1950): Gray's manual of botany. [Corrections supplied by R. C. Rollins].
Portland, OR: Dioscorides Press. P. 1632, (Dudley, Theodore R., gen. ed.; Biosystematics, Floristic & Phylogeny Series; vol. 2)
- FIRAKE N., KUMBHAR D. (2002): Effect of different levels of N, P and K fertigation on yield and quality of pomegranate, J. Maharashtra Agr. Univ. 27(2), p. 146-148
- FRAKES R. V. (1973): The ryegrasses. In: Heath, M. E.; Metcalfe, D. S.; Barnes, R. F., eds. Forages, the science of grassland management. Ames, IA: Iowa State University Press, p. 307-313
- GOULD F. W. et al. (1983): Grass systematics. 2d ed. College Station, TX: Texas A&M University Press, p. 397
- GRIME J. P. (1979): Plant strategies & vegetation processes. Chichester, England: John Wiley & Sons, p. 222
- GROSS E. et al. (1989): Emergency watershed treatments on burned lands in southwestern Oregon. In: Berg, Neil H., technical coordinator. Proceedings of the symposium on fire and watershed management; 1988 October 26-28; Sacramento, CA. Gen. Tech. Rep. PSW-109. Berkeley, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, p. 109-114.
- HABERHAUER G. et al. (2001): Influence of dissolved humic substances on the leaching of MCPA in a soil column experiment, Austrian Research Center, A-2444 Seisbendorf, Austria, Chemosphere 46 (2002), p. 495-499
- HACH (1992): NPK-1 soil kit manual, CO 80539 USA
- HACH (1993): Soil and Irrigation water Interpretation Manual, 5-15-93-2ED, CO 80539 USA
- HAFENRICHTER A. L. et al. (1968): Grasses and legumes for soil conservation in the Pacific Northwest and Great Basin states. Agric. Handb. 339. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, p. 69
- HALL et al. (1977): Water Retention, Porosity and Density of Field Soils, Soil Survey Technical Monograph no. 9. Harpenden
- HARGITAI L. (1961): Gyors vizsgálati módszer humuszanyagok minőségének elbírálására, Keszthelyi Mg. Akadémia (4.6.6.)
- HAYES M. H., GRAHAM C. L. 2000: Procedures for the isolation and fractionation of humic substances. (E. A. Ghabbour and G. Davies, Humic Substances: Versatile Components of Plants, Soils and Water), Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, p. 106.
- HITCHCOCK A. S. (1951): Manual of the grasses of the United States. Misc. Publ. No. 200. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Administration,

- [2nd edition revised by Agnes Chase in two volumes. New York: Dover Publications, Inc.],
p. 1051
- HITCHCOCK C. L. et al. (1969): Vascular plants of the Pacific Northwest. Part 1: Vascular cryptograms, gymnosperms, and monocotyledons. Seattle, WA: University of Washington Press, p. 914
- HOLMAN HY. et al. (2002): Catalysis of PAH biodegradation by humic acid shown in synchrotron infrared studies, *Environ. Sci. Technol.* 36 (6), p. 1276-1280
- HROTKÓ K. et al. (1999): Gyümölcsfaiskola. A gyümölcsfák szaporításának elmélete és gyakorlata, Mezőgazda Kiadó, Budapest, Hu, p. 188-206
- IMBURGIA L. (2009): The fruit tree nursery industry of Afganisztan PHDP-Europe Aid, Kabul, p. 55
- JALIKOP S. (2003): Rosetted siblings in F2 of a cross in pomegranate can be useful model for resetting investigations, *Euphytica* 131, p. 333-342
- JALIKOP S. et al. (2005): Exploitation of sub-temperate pomegranate Daru in breeding tropical varieties. *Acta Hort.* 696, p. 107-112
- JONES J. B. Jr. (1980): Handbook on reference methods for soil testing Council on Soil Testing and Plant Analysis, revised edition, University of Georgia, Athens, Georgia, p.47
- JONES N. N. (2008): The analysis of humic substances as an electron donor for soil processes, Southern Illinois, University at Carbondale, P. No. 1446948, MAI 46/02, p., Apr 2008, p. 74
- KÁDÁR I. (2011): A műtrágyázási szaktanácsadás alapelve és módszere, *Szemle, Növénytermelés* 60 (2), p. 137-155
- KATKAT A. V. et al. (2009): Effects of soil and foliar application of humic substances on dry weight and mineral nutrients uptake of wheat under calcareous soil conditions, *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(2), p. 1266-1273
- KISS G. et al. (2003): Estimation of average molecular weight of humic-like substances isolated from fine atmospheric aerosol, *Chemosphere* 37, p. 3783-3794
- KOTOB S.I. (2009): Application of Actosol-Humic acid products in Egypt, *Hort. Res. Ins. Egypt*
- KREYBIG L. (1955): Trágyázástan (A talajélőlények és növények okszerű táplálásának irányelvei), Mezőgazdasági Kiadó Budapest, p. 471
- KUSSOW R. (2002): Humate and humic acid, Extension Horticulture, Texas Cooperative Extension, The Texas A&M University System, College Station, Texas,
<http://aggie-horticulture.tamu.edu/extension/newsletters/hortupdate/jun02/art4jun.html>,
- LEE D. Y., FRAMER W. J. (1989): Dissolved organic matter interaction with napropamide and four other nonionic pesticides, *J. Environ. Qual.* 18, 4 p. 68-474

- LEE Y. S., BARTLETT (1976): Stimulation of plant growth by humic substances, Soil. Sci. Soc. Of Am. J. 40, p. 876-879
- LEVIN G. M. (2006): Pomegranate roads: a Soviet botanist's exile from Eden, B. L. Baer (ed), Floreat Press, Forestville, CA, p. 15-183
- LEVIN G. M., SOKOLOVA E. A. (1979): Materials for the study of *Punica protopunica* (Punicaceae), Botanicheskii Zhurnal 64, p. 998-1005
- LIPSON D. A. et. al. (2010): Reduction of iron (III) and humic substances plays a major role in anaerobic respiration in an arctic peat soil, J. Geophys. Res., 115., G00106
- MACCARTHY P. (2001): The principles of humic substances, Soil Science 166, p. 738-751
- MACKOWIAK C. et. al. (2001): Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat, Soil Science Society of America Journal, Vol. 65, Issue 6, p. 1744-1750
- MAHMOUD A. (1973): A laboratory approach to ecological studies of grasses *Arrhenatherum elatius*, *Agrostis tenuis*, and *Festuca ovina*. Shetfield, England: University of Shetfield. Dissertation
- MAYHEW L (2004): Humic substances in Biological Agriculture, ACRES, Jan-Feb 2004, vol 34. No. 1&2.
- MEHLICH A. (1984): Photometric determination of humic matter in soils, a proposed method, Soil Sci. Plant Anal., Vol. 15, No. 12, p. 1417-1422
- MIKKELSEN R.L. (2005): Humic materials for agriculture, PPI/FAR Research Project TN-19F, Better Crops/Vol. 89
- MSZ-08-0206-1:1978 2. : Talajminta előkészítése, őrlése
- MSZ 20135:1999 4.1.3., 4.2.2.: Kálium-kloridos (KCl) talajkivonat készítése
- MSZ 20135:1999 4.1.3., 4.2.1.: Ammónium-laktátos (AL) talajkivonat készítése
- MSZ 20135:1999 4.1.5., 4.2.3.: EDTA-s (EDTA) talajkivonat készítése
- MSZ 20135:1999 4.1.6., 4.2.4.: Lakanen-Erviö (LE) talajkivonat készítése
- MSZ-08 0206/2:1978 2.1. szakasz: pH (H₂O) potenciometria, mérési tartomány: pH 2-13
- MSZ-08 0206/2:1978 2.1. szakasz: pH (KCl) potenciometria, mérési tartomány: pH 2-13
- MSZ 20135:1999 5.4.5. szakasz: Oldható (NO₃⁻ + NO₂⁻)-N tartalom (KCl-os kivonatból)
- MSZ-08-0458:1980: Összes nitrogén 1 mg/100 g talaj
- MSZ 20135:1999 5.4.2.2. szakasz: Oldható P₂O₅ tartalom (Ammónium-laktátos-os kivonatból)
- MSZ 20135:1999 5.4.3. szakasz: Oldható K₂O tartalom (Ammónium-laktátos-os kivonatból)
- MSZ 20135:1999 5.3. szakasz: Oldható nátrium tartalom (Ammónium-laktátos-os kivonatból)
- MSZ 20135:1999 5.2. szakasz: Oldható magnézium tartalom (KCl-os kivonatból)

- MSZ 20135:1999 5.2. szakasz: Oldható cink tartalom (EDTA-KCl-os kivonatból)
- MSZ 20135:1999 5.2. szakasz: Oldható réz tartalom (EDTA-KCl-os kivonatból)
- MSZ 20135:1999 5.2. szakasz: Oldható mangán tartalom (EDTA-KCl-os kivonatból)
- MSZ 20135:1999 5.4.1.1. szakasz: Szulfat tartalom (KCl-os kivonatból)
- MSZ 20135:1999 5.1.4. szakasz: Vastartalom ICP-AES
- MSZ 20135:1999 5.1.4. szakasz: Kalciumtartalom (Ammónium-laktátos-os kivonatból)
- MSZ-08 0205:1978 5.1. szakasz: Arany- féle kötöttségi szám (KA), plaszticitás vizsgálat
- MSZ-08-0205:1978 3.: Leiszapolható rész
- MSZ 14043-3:1979: Szemcseeloszlás
- MSZ 21470-52:1983 2.: Szerves szén, humusztartalom (spektrofotometria) 0,01 m/m%
- MSZ 21470-2:1981: Elektromos vezetés (VK 1:5) (konduktometria) 1,0 μ S/cm
- MSZ-08 0206/2:1978 2.4. szakasz: Vízben oldható összes só, konduktometria
- MSZ 21470-52:1983 2.: Szerves szén, humusztartalom (spektrofotometria) 0,01 m/m%
- MSZ 21470-52:1983 3.: Humusztartalom minősége (spektrofotometria) 0,01 (koefficiens)
- MSZ-08 0206/2:1978 2.2. szakasz: Szénsavas mésztartalom, gázvolumetria
- MSZ-08-0205:1978 4.fejezet: A talaj Higroszkópossága (hy1), tömegmérés
- MSZ-08 0206/2:1978 2.5. szakasz: Hidrolitos aciditás (y_1 -érték), acidi alkalimetria
- MSZ-08 0206/2:1978 2.6. szakasz: Kicserélődési aciditás (y_2 -érték) acidi alkalimetria
- MSZ-08-1783/1: 1983 3.3.2. és 4.3. szakasz: Növényi anyagok előkészítése őrlése
- FIA-13:1997: Növényi anyagok kénsavas es hidrogen-peroxidos roncsolása Kjeldhal módszerrel
- MSZ-08-1783/6: 1983: Növényi anyagok nitrogén tartalmának meghatározása Wagner-Parnas desztillációval
- MSZ-08-1783/28: 1985: Növényi anyagok foszfortartalmának meghatározása spektrofotometriás módszerrel
- MSZ-08-1783/29: 1985: Növényi anyagok káliumtalmának meghatározása lángfotometriás módszerrel
- MUNCY, J. A. (1989): Reclamation of abandoned manganese mines in southwest Virginia and northeast Tennessee. In: Walker, D. G.; Powter, C. B.; Pole, M. W., compilers. Reclamation, a global perspective: Proceedings of the conference; 1989 August 27-31; Calgary, AB. Edmonton, AB: Alberta Land Conservation and Reclamation Council, p. 199-208
- MUNZ P. A. (1973): A California flora and supplement. Berkeley, CA: University of California Press, p. 1905
- MUNZ P. A. (1974): A flora of southern California. Berkeley, CA: University of California Press, p. 1086

- MYNENI S.C.B. et. al. (1999): Imaging of Humic Substance Macromolecular Structures in Water and Soils," *Science* 286, p. 1335-1337
- MURPHY E. et. al. (1998): Interaction of Hydrophobic Organic Compounds with Mineral-Bound Humic Substances, *Environmental Science Technology*, 1994, Vol. 28, p. 1291-1299
- National Academy of Sciences (1971): Atlas of nutritional data on United States and Canadian feeds. Washington, DC: National Academy of Sciences, p. 772
- NICHOLLS P. H., EVANS A. A. (1991): Sorption of ionisable organic compounds by field soils, Part 1: Acids. *Pesticide Sci.* 33, p. 319-330
- NORMAN R. J. et. al. (2009): Changes in Alkaline Hydrolyzable Nitrogen Distribution with Soil Depth: Fertilizer Correlation and Calibration Implications. *Soil Sci Soc Am J.* 73, p. 2151–2158
- NORRIS L. A. et al. (1982): Brush Kontroll with herbicides on hill pasture sites in southern Oregon. *Journal of Range Management.* 35(1), p. 75-80
- ORLOV D.S. (1990): Humic acids of soil and the general theory of humification, MSU, Moscow, Russia
- PAING J. et al. (1999): ANALUSIS, 1999, Vol. 27, No. 5, EDP Sciences, Wiley-VCH 1999, p.436-438
- PANAHI M., AMIRI M. (2006): Influence of irrigation and mineral nutrients on growth, yield quantity and quality of pomegranate fruit, 1st Int. Symp. Pomegranate and Minor Mediterranean Fruits, Abstract 16-19 Oct., Adana, Turkey, p. 55
- PENA-MENDEZ E. M. et al. (2004): Humic substances, compounds of still unknown structure: applications in agriculture, industry, environment, and biomedicine, *J. Appl. Biomed.* 3: 13.24, 2005 ISSN 1214-0287, p. 12
- PERDUE E. (1985): Acidic functional groups of humic substances, *Humic substances in soil, sediment and water*, John Wiley & Sons, New York, USA, p. 493-526
- PICCOLO A. (2002): The supramolecular structure of humic substances: A novel understanding of humus chemistry and implications in soil science, *Advances in Agronomy*, Vol. 75, 2002, p. 57-134
- PICCOLO A., MBAGWU J. (1990): Effects of different organic waste amendments on soil microaggregates stability and molecular sizes of humic substances, *Plant Soil* 123, p. 27-37
- PICCOLO A. (2001): the supramolecular structure of humic substances, *Soil Science* 166, p. 810-832
- PINTON R. et al. (1995): Effect of soil humic substances on surface redox activity of oats roots, *Journal of Plant Nutrition*, Vol. 18, Issue 10, p. 2111-2120

- PLASTER E. (2009): Soil science & management, 5th Edition, Delmar cengage learning, USA, p. 124-139
- RADFORD A. E. et al. (1968): Manual of the vascular flora of the Carolinas. Chapel Hill, NC: The University of North Carolina Press, p. 1183
- QUAGGIOTTI S. et. al. (2004): Effect of low molecular size humic substances on nitrate uptake and expression of genes involved in nitrate transport in maize, *Journal of Experimental Botany*, Vol. 55, No. 398, p. 803-813
- QUALLS R. et. al. (2003): Formation and loss of humic substances during decomposition in a pine forest floor, *Soil Sci. Soc. Am. J.* VOL. 67, MAY–JUNE 2003, p. 899–909
- QUALLS R. (2000): Comparison of the behavior of soluble organic and inorganic nutrients in forest soils, *Forest Ecol. Manage.* 138, p. 29-50
- QUALLS R. et. al. (1991): Geochemistry of dissolved organic nutrients in water percolating through a forest ecosystem, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55, p. 1112-1123
- SAMADIA D., PAREEK O. (2006): Fruit quality improvement under hot arid environment, *Indian J. Hort.* 63, p. 126-132
- SANFORD P. (2006): Perennial pastures for Western Australia, Department of Agriculture and Food Western Australia, Bulletin 4690, Perth.
- SCHEFFER F., SCHACHTSCHABEL P. (1982) *Lehrbuch der Bodenkunde*, 11th edition, Enke, Stuttgart, p. 442.
- SCHNITZER M. (1969): Reaction between fulvic acid, a soil humic compound and inorganic soil constituents, *Soil Science Society of America Proceeding* 33, p. 75-81
- SCHNITZER M., KHAN S. U. (1978): Soil organic matter, *Development in Soil Sciences* 8, Elsevier, Amsterdam, p. 319.
- SCHNITZER M. 1982: Organic matter characterization, *Methods of Soil analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties*. American Society of Agronomy No. 9, p. 581-594.
- SCHROEDER C. et al. (2004): Introduction to horticulture, 4th Edition, *AgriScience & Technology Series*, New Jersey, USA, p. 104-127
- SHARMA K. K., DHILLON W. S. (2002): Evaluation of evergreen varieties of pomegranate under Punjab conditions, *Agr. Sci. Digest* 22, p. 42-44
- SIMPSON A. (2001): Determining the molecular weight, aggregation, structures and interactions of natural organic matter using diffusion ordered spectroscopy, *Magn. Reson. Chem.* 40, p. 72-82
- SIMPSON A. et al. (2001): Separation of structural components in soil organic matter by diffusion ordered spectroscopy, *Environ. Sci. Technol.* 35, p. 4421-4425

- SINGH D. B. et al. (2006): Conservation, characterization and evaluation of pomegranate germplasm under arid ecosystem of India, p. 15 In: ISHS, 1st Int. Symp., Pomegranate and Minor Mediterranean Fruits, Abstract contributed papers, 16-19 Oct., Adana, Turkey
- STEFANOVITS P., FILEP GY., FÜLEKY Gy. (1999): Talajtan, Mezőgazda Kiadó, Budapest, p. 47
- STEFANOVITS P. (1963): Magyarország talajai, 2. kiadás, Akadémia Kiadó, Budapest
- STEVENS R. G. et al. (1996): Soil test interpretation guide, Oregon State University, the US Department of Agriculture, Reprinted August 1999, EC 1478
- STEVENSON F. J. (1982): Humusz Chemistry, Genesis, Composition, Reactions, John Wiley and Sons, New York 1982, p. 443
- STEVENSON F. J., Chen Y. (1986): The role of organic matter in modern agriculture, Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, p. 73-116
- STEVENSON F. J., He X. (1990): Nitrogen in humic substances as related to soil fertility, Amer. Soc. Agronomy, Madison. WI, p. 91-109
- SULLIVAN J. (1992): Lolium perenne, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory, <http://www.fs.fed.us/database/feis/>
- SULOCHANAMMA B. et al. (2005): Effect of basin and drip irrigation on growth, yield and water use efficiency in pomegranate, Ganesh, Acta Hort., p. 277-279
- SUTTON R., SPOSITO G. (2005): Molecular structure in soil humic substances, Environmental Science & Technology, Vol. 39, No. 23, 2005, p. 9009-9015
- SVÁB J. (1973): Biometriai módszerek a kutatásban, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- SWIFT R. (1999): Macromolecular properties of soil humic substances, Soil Science 164, p.790-802
- SWINSCOW T. (1997): Statistics at square one, Ninth Edition, BMJ publishing Group, p. 119
- TALEBI B. et. al. (2003): Analysis of genetic diversity in pomegranates cultivars of Iran using random amplified polymorphic DNA markers, Proc. 3rd National Cong. Biotech. Mashad, Iran, p. 343-345
- TAN K.H. (2003): Humic matter in soil and environment, principles and controversies, Marcel Dekker Inc, NY USA
- TAN K.H. (1998): Colloidal chemistry of organic soil constituents, In: Principles of soil chemistry, Marcel Dekker Inc, NY USA, p. 177-258
- TERAKAMI S. N. et al. (2007): Agrobacterium-mediated transformation of the dwarf pomegranate (*Punica granatum* L. var. *nana*), Plant Cell Rep. 26, p. 1243-1251
- THENG B. (1979): Formation and properties of clay-polymer complexes, Developments in Soil Science 9. Amsterdam

- THOMPSON K. et al. (1979): Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *Journal of Ecology*. 67, p. 893-921
- TIMOTHY K., BOTTOMS T. (2010): Humic substances generally ineffective in improving vegetable crop nutrient uptake or productivity, *Horticulture Science*, Vol. 45, Issue 6, p. 906-910
- THOMASSON, A. J. (1975): *Soils and Field Drainage*, Soil Survey Technical Monograph no. 7. Harpenden
- TOMBÁ CZ E. (1999): Colloidal properties of humic acids and spontaneous changes of their colloidal state under variable solution conditions, *Soil Science* 164, p. 814-824
- TOMBÁ CZ E. (2002): Humuszanyagok a környezeti rendszerekben, *Magyar Kémikusok Lapja*, 57(8), p. 306-313
- TOMBÁ CZ E. (2002): A humuszanyagok határfelületi és kolloid tulajdonságai, *Magyar Kémiai Folyóirat*, 108(10), p. 435-443
- UBNER M. (2005): Interaction of metal cations with different humic substances from sea and lake sediments, Faculty of Science, Department of Chemistry, Tallinn University of Technology, Estonia, Estonian Ministry of Education and Research (doctorate grant No. 0172062s01)
- VAUGHAN D. et al (1985): Influence of humic substances on biochemical processes in plants, Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, p. 37-75
- VARANINI Z., PINTON R. (1995): Humic substances and plant nutrition, *Prog. Bot.* 56, p. 97-117
- VERLINDEN G. et al. (2009): Application of humic substances results in consistent increases in crop yield and nutrient uptake, *Journal of Plant Nutrition*, Vol. 32, Issue 9, p. 1407-1426
- VERLINDEN G. et al. (2010): Effect of humic substances on nutrient uptake by herbage and on production and nutritive value of herbage from sown grass pastures, *Grass and Forage Science*, Vol. 65, Issue 1, p. 133-144
- VINKLER P. et al. (1976): Infrared spectroscopic investigations of humic substances and their metal complexes, *Geoderma* 15, p. 231-242
- VOGEL W. G. (1981): A guide for revegetating coal minesoils in the eastern United States. Gen. Tech. Rep. NE-68. Broomall, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, p. 190
- WAITE R. et al. (1953): The water-soluble carbohydrates of grasses. 1. Changes occurring during the normal life-cycle. *J. Sci. Food Agric.*, 4 April, p. 197-204
- WANG X. et al. (1995): The effect of humic acids on the availability of phosphorus fertilizers in alkaline soil, *Soil use and management* 11(2), p. 99-117
- WARD D. et al. (1986): Willow planting guide. R-4 Hydrograph No. 54. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Range and Watershed Management, p. 12

- WERSHAW R. (1999): Molecular aggregation of humic substances, *Soil Science* 164, p. 803-811
- WESTERMAN R.L. (1990): *Soil testing and plant analysis*, No. 3. Book Series, Soil Science Society of America: Second edition, Madison, Wisconsin, p. 1-336
- WHEELER W. A. et al. (1957): Western grasses. In: *Grassland seeds*. Princeton, NJ: D. Van Nostrand, p. 525-529
- WILLIAMS C. F. et al. (2000): Facilitated transport of napropamide by dissolved organic matter through soil columns, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64, p. 590-594
- YUSUF M. T. M. et al. (2009): Effect of mixing urea with humic acid and acid sulphate soil on ammonia loss, exchangeable ammonium and available nitrate, *American Journal of Environmental Sciences* 5, p. 588-591
- ZADOW R. (2009): The real dirt on humic substances, *Maximum Yield, Canada*, Vol. Nov-Dec 2009, p. 40-44
- ZAMANI Z. A. et al. (2007): Genetic relationships among pomegranate genotypes studied by fruit characteristics and RAPD markers, *J. Hort. Sci. Biotech.* 82, p. 11-18
- ZUKOVSKIJ P. M. (1950): *Punica*, In: *Cultivated plants and their wild relatives*, State Publ. House Soviet Science, Moscow, p. 60-61

M-2. Számításokhoz használt kiegészítő táblázatok

46. táblázat Talajminták vizsgálati eredményei betakarítás után

Minta: Samarkhil, Afghanistan, January 2009															
Jele	Mélység	K _A	hy1	CaCO ₃ %	S ₆ %	pH _{KCl}	pH _{H₂O}	Humusz % 0.25mm	Humusz % 2mm	i.v. % 2mm	Al-P ₂ O ₅ mg/kg	Al-K ₂ O mg/kg	NH ₄ -N mg/kg	NO ₃ -N mg/kg	Összes N %
Teszt 1	0-20 cm	41	2.095	9.40	0.08	7.22	8.16	1.17	0.70	4.20	439	183	4.6	10.0	0.08
Teszt 2	20-40 cm	36	1.725	10.05	0.06	7.31	8.32	0.33	0.70	4.00	237	168	4.5	14.0	0.08
Kontroll 1	0-20 cm	35	1.797	10.56	0.06	7.39	8.24	0.90	1.40	4.90	260	263	3.7	12.0	0.09
Kontroll 2	20-40 cm	38	1.870	11.35	0.05	7.45	8.36	0.93	1.40	5.00	144	185	4.5	14.2	0.09

Jele	Mélység	HNO ₃ -as feltárás mg/kg				Savanyúság		Szín 10VR		labor	NH ₄ feltárás mg/100g				
		Cu	Fe	Mn	Zn	Kicsérél-hető y1	Hidroli-tos y2	Száraz	Nedves		K	Na	Ca	Mg	ΣS
Teszt 1	0-20 cm	5.60	461.70	73.70	7.00	0.75	0.30	6/3	4/4	52	0.50	0.20	49.46	4.27	54.43
Teszt 2	20-40 cm	4.90	432.30	68.10	6.20	0.75	0.30	6/3	4/4	53	0.46	0.06	66.96	4.56	72.04
Kontroll 1	0-20 cm	4.70	380.30	76.90	7.50	0.75	0.30	6/3	4/4	54	0.72	0.03	71.21	4.52	76.48
Kontroll 2	20-40 cm	4.40	374.40	81.00	5.60	0.75	0.30	6/3	4/4	55	0.52	0.12	66.21	4.52	71.37

Jele	Mélység	Homok %				Iszap %		Agyag %		S%			Humusz minőség	CEC (T)	labor
		0.25-2.0 mm	0.05-0.25 mm	0.02-0.05 mm	0.01-0.02 mm	0.005-0.01 mm	0.002-0.005 mm	>0.002 mm	K	Na	Ca	Mg	K		
Teszt 1	0-20 cm	12.7	78.9	2.4	1.7	0.3	3.7	0.3	0.92	0.37	90.87	7.84	0.6465	68.00	52
Teszt 2	20-40 cm	23.3	68.4	2.3	1.7	0.3	3.7	0.3	0.64	0.08	92.95	6.33	1.5858	87.30	53
Kontroll 1	0-20 cm	11.9	79.7	0.3	1.7	0.3	5.8	0.3	0.94	0.04	93.11	5.91	0.7734	91.80	54
Kontroll 2	20-40 cm	18.6	75.0	0.3	1.7	0.3	3.7	0.3	0.73	0.17	92.77	6.33	1.1570	86.80	55

Kiértékelés: A talaj szerves-anyag státusza

A huminsavval kezelt felszíni talajrétegben fokozott a durva (nagyobb méretű) szerves-anyag lebomlás és kimosódásuk kisebb mértékű, mint a kontroll szelvények esetében. A jobb minőségű stabilabb humuszanyagok az alsó 20-40 cm-es mélységben felhalmozódnak és a kimosódási veszteségük kisebb, mint a nem kezelt talajok esetében. Ez szerkezetjavító hatású. A felszíni rétegben a jobbminőségű és kisebb méretű humuszanyagok mennyisége nagyobb és több mint a kontroll szelvényben. A 20-40 cm-es mélységben ezen méretű humuszanyagoknak kisebb a mennyisége, ami a fokozott lebontással és a tesztnövények általi fokozott tápanyagfelvétellel magyarázható. Erre az izzítási veszteség értékei is utalnak. Ugyanakkor a durva humuszanyagok mennyisége a kontroll szelvényekben duplája a tesztzelvényekének, ami egyértelműen arra utal, hogy a kezelt talajszelvényben a szerves-anyag lebomlása sokkal gyorsabb. A durva szerves-anyagok aprózódása és részaránya, valamint a fokozottabb szerves-anyag lebomlás a kezelt talajszelvényekben a biológiai aktivitás fokozódására is következtetni enged.

Kiértékelés: A talaj kolloid státusza

Sótartalom:

Nem sós talaj, a kezelt és kontroll talajminták között nincs különbség.

Kicserélhető kationok mennyisége (T-érték):

A felszíni rétegben a kezeletlen talaj T-értéke sokkal magasabb, ami főleg a nagyobb mennyiségű kicserélhető bázisok értékeiből adódik. A kicserélhető savanyító ionok mennyisége közötti különbség jóval kisebb. A bázistelítettségi és telítetlenségi százalék értékeiben a különbség kicsi, nem számottevő.

Ásványi kolloidok minősége:

A T-érték 2:1 típusú duzzadó Montmorillonit és Szmektitre utal. A bázistelítettség értékét és a kicserélhető bázisok mennyiségét alapul véve a Montmorillonit a domináns. Elenyésző mennyiségben előfordulhat még Allofan, de a rendkívül kis %-ban lévő kicserélhető savanyító kationok mennyisége ezt nem teszi valószínűvé.

A talaj kémhatása:

A talaj gyengén lúgos jellegű.

A kezelt talajszelvényben a pH értéke csökken.

Hidrolitos és kicserélhető savanyúság:

A kezelés nem eredményezett különbséget a talajminták között.

Mindkét mélységben az eredmény azonos volt.

Az y_1 és y_2 értéke elenyészően alacsony a mintákban

Mész tartalom és kicserélhető nátrium:

A kezelt mintákban a mésztartalom csökkenése figyelhető meg mindkét mélységben a kontroll mintáéhoz képest. Ugyanakkor a kicserélhető nátrium kation százalékos aránya megnőtt a kezelt talajban.

Közepesen meszes talaj.

A kicserélhető nátrium ionok százalékos mennyisége rendkívül alacsony.

Nem szikes, gyengén bázikus kémhatású talaj. A kation-csere kapacitás és a magas bázistelítettség a pH-val szoros összefüggésben van. Bázikus talajban a T-értéke mindig magasabb, mint savanyú talajok esetében. A potenciális savanyúság értékei elenyészőek, mivel azok csak savanyú közegben számottevők. A talaj kicserélhető nátriumtartalma ugyancsak nem számottevő, tehát a talaj nem szikes. A huminsavval kezelt talajban a kontroll mintához képest a pH értéke csökkent és ennek

megfelelően a szabad CaCO_3 tartalom is csökkent. Ugyanakkor a kicserélhető nátrium százalékos aránya megnőtt. Tehát a talaj szabad kalcium-karbonát és kicserélhető nátrium-ion tartalma pH függő. Viszont a huminsavak befolyásolják a pH értéket és a semleges tartomány felé tolják el. A T-érték ugyancsak utal a talajkolloid minőségére. Az egyéb vizsgálati eredményekkel együtt a T-érték azt sugallja, hogy a domináns agyagásvány a talajban 2:1 típusú duzzadó Montmorillonit.

Kiértékelés: A talaj szerkezeti státusza

Arany-féle kötöttségi szám K_A :

Az érték alapján a talaj típusa vályog talaj.

0-20 cm mélységben a kezelt talaj textúrája vályog a kontroll talajé homokos vályog

20-40 cm mélységben a kezelt talaj és a kontroll talaj textúrája egyaránt homokos vályog.

Higroszkóposági érték h_y :

A h_y értéke a talaj textúrájára vonatkozóan ugyanazt az eredményt adja mint a K_A értéke.

$Hu\%$ és K_A viszonya:

A kezelt talaj humusztartalma 0-20 cm mélységben gyengének, 20-40 cm-nél közepesnek, a kontroll talajé pedig jónak ítéltető meg mindkét mintavételi mélységben.

Szemcseösszetétel:

A talaj összességében homokos vályog textúrájú. A kezelt talajfelszíni rétege a vályogtalajok felé orientál. A kezelt talajban a finomabb részecskék, elsősorban az iszap frakcionál (0.02-0.05mm), kimosódása sokkal kisebb mértékű, mint a kontroll talajoknál (összes iszap frakció). Erre utal az K_A érték és a h_y érték is. Ezek a kezelt talajokban magasabbak, azaz a finomabb részecskék aránya magasabb mint a kontroll talajok esetében.

Kiértékelés: A talaj NPK státusza

Oldható foszfor és kálium viszonya:

Oldható foszfor mennyisége a kezelt talajoknál magasabb, míg a káliumtartalom csökkent a kontroll talajokhoz képest.

Ez a foszfor esetében a pH csökkenésével magyarázható, a kálium esetében a huminsav nagy kálium megkötő-képességével függ össze. (A huminsav protont ad le és K^+ köt meg).

Al oldható P_2O_5 tartalom:

Mindkét minta esetében igen jó.

Al oldható K_2O tartalom:

Mindkét minta esetében jó, illetve igen jó.

A humusztartalom a nitrogén ellátottság megítéléséhez:

A kezelt talaj humusztartalma 0-20 cm mélységben gyengének, 20-40 cm-nél közepesnek, a kontroll talajé pedig jónak ítéltető meg mindkét mintavételi mélységben.

Az oldható foszfor mennyisége a tesztminták esetében magasabb, mint a kontroll mintáknál. Ez valószínűleg az alacsonyabb pH értéknek köszönhető, mivel pH 8-8.2 között a foszfor oldhatósága lényegesen nagyobb, mint pH 8.3-8.5 között. A káliumtartalom eltolódása a kontroll minták javára a huminsavak kálium megkötő-képességével magyarázható. A kezelt minták esetében a huminsavak kálium ionokkal cserélik le a hidrogén ionjaik egy részét (proton leadás) amit kálium szaturációnak hívnak. Ugyanakkor az így telített huminsavak könnyebben kimosódnak a talajból. Ha a talaj szodikus lenne, a kálium ionokat nátrium ionok cserélnék fel és a telített molekula kimosódna a talajszelvényből (K-val telített huminsav kezelés szodikus talajokon). Mindkét talajminta esetében megállapítható az igen jó foszfor és kálium ellátottság. Az összes nitrogén értéke alacsony, szegény talajra utal. A NO_3-N érték a kezelt talajnál valamivel alacsonyabb 0-20 cm-es mélységben, egyébként azonban mindkét talajra a közepes NO_3 ellátottság jellemző. Ez valószínűleg a humuszellátottsággal van összefüggésben (az értékek eredménye ugyanaz), mely a nitrogénellátottságot a $Hu\%$ -os tartalommal hozza összefüggésbe a K_A érték függvényében. Az NH_4-N érték a tesztmintáknál magasabb. Ennek oka valószínűleg, hogy a huminsav-agyagásvány kolloid komplex képződése során a kálium egy része beépül az agyagásvány rácsszerkezetébe és lecseréli a NH_4 ionokat. Erre utal a kezelt minta alacsonyabb K_2O tartalma is. Másfelől a kezelés hatására az ammonifikációs folyamatok a talajban fokozódnak.

Összehasonlító értékelés:

Kémhatás (pH- H_2O):

A talaj eredeti bázikus kémhatása a huminsavval kezelt talajban csökkent a semleges tartományba két és fél hónappal a kezelés után. A betakarítás után mért pH érték visszaállt az eredeti bázikus tartományba.

Sótartalom (%):

A talajok sótartalma a kezelt és kezeletlen talajban egyaránt fokozatos növekedést mutat. Ennek ellenére a talaj százalékos sótartalmának elemzése azt mutatja, hogy a talaj nem sós.

NO₃-N tartalom:

A nitrát-nitrogén érték a többszörösére emelkedett. A kezelt talaj esetében ez kismértékű csökkenést mutat a termelési ciklus végére.

Öntözővíz minősége:

Az öntözővíz pH értéke túl magas, bázikus értéket mutat. A vízkeménységi érték közepesen kemény eredményt adott. Az elektromos vezetőképesség a jó tartományban van.

Öntözés módja:

Felszíni, barázdás öntözés alacsony hatékonysággal és egyenetlen eloszlással. A terület 20% túlóntozott, míg a maradék 80% csak 10-15 cm-es mélységig képes beöntözni a talajt 3 óra alatt.

Klimatikus adatok:

A klimatikus adatok egyértelműen arra utalnak, hogy a talajban a különböző sók felfelé irányuló mozgása és a felszíni rétegben való felhalmozódása a jellemző folyamat.

Az adatok arra utalnak, hogy a talaj és az öntözővíz kémhatása összefüggésben van. A szeptemberi mérések világosan kimutatták a huminsav kémhatást szabályozó szerepét a huminsavval kezelt talajban, de a termelési ciklus végére visszaállt és enyhén megnövekedett pH érték azt mutatja, hogy az erősen lúgos víz kémhatása kedvezőtlenül befolyásolta a talaj kémhatását. Ez annál is inkább így van mivel a vízkeménységi érték magas és ugyanakkor a talaj kalcium-karbonát tartalma is közepesen magas. Azt is meg kell említeni, hogy a kezelt talajban a termelési ciklus végén a pH alacsonyabb értéken stabilizálódott, mint a kontroll talajban, ami ugyancsak megerősíti a huminsav kémhatás szabályozó szerepét.

A talaj vízforgalmi típusa párologtató. Ezt erősítik még a mért klimatikus (magas hőmérséklet, elenyésző csapadék, alacsony páratartalom) és Eto (fokozott evapotranspiráció) adatok, valamint ezt segítette elő az elégtelen felszíni öntözés. A kezelt talajban a termelési ciklus végére a NO₃-N tartalom kisebb a felső 0-20 cm-es rétegben mint a kontroll talajoké. A nitrát-tartalmú nitrogén kimosódása nagyobb mint az ammóniumé. Ez arra utal, hogy a kezelt talajban az öntözés hatására a kimosódás mértéke megnövekedett.

Minden szempontból a kezelt talajok fokozottabban reagáltak az öntözővíz minősége és a száraz, meleg klíma okozta változásokra, mint a kontroll talajok.

47. táblázat Százalékos napi megvilágítás értékei Eto számításához (Blaney-Criddle féle számítás)

Latitude North												
Latitude	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
60°	0.15	0.20	0.26	0.32	0.38	0.41	0.40	0.34	0.28	0.22	0.17	0.13
55°	0.17	0.21	0.26	0.32	0.36	0.39	0.38	0.33	0.28	0.23	0.18	0.16
50°	0.19	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36	0.35	0.32	0.28	0.24	0.20	0.18
45°	0.20	0.23	0.27	0.30	0.34	0.35	0.34	0.32	0.28	0.24	0.21	0.20
40°	0.22	0.24	0.27	0.30	0.32	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21
35°	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.32	0.30	0.28	0.25	0.23	0.22
30°	0.24	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.31	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23
25°	0.24	0.26	0.27	0.29	0.30	0.31	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.24
20°	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.30	0.29	0.28	0.26	0.25	0.25
15°	0.26	0.26	0.27	0.28	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.25
10°	0.26	0.27	0.27	0.28	0.28	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.26
5°	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27
0°	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27

Place	Elevation		GPS adatok	
	Feet	Meter		
Samarkhel	1,793	546	34°22'02'.47" N	70°34'35'.04" E

48. táblázat Az öntözés hatékonyságának mérése

N/S	Eltelt idő	Idő különbség	Infiltrációs mérések						
			Vízszint		Infiltrációs szint (mm)	Tényleges Infiltráció (mm/min)	Tényleges Infiltráció (mm/Hrs)	Halmozott Infiltráció (mm)	Eltelt idő (min)
			Feltöltés előtt	Feltöltés után					
1	0:00:00	0	100		0	0.0	0	0.0	0
2	0:02:00	2		68	32	16.0	960	32.0	2.0
3	0:04:00	2		45	23	11.5	690	55.0	4.0
4	0:06:00	2		23	22	11.0	660	77.0	6.0
5	0:08:00	2	110	104	6	3.0	180	83.0	8.0
6	0:11:00	3		95	9	3.0	180	92.0	11.0
7	0:14:00	3		87	8	2.7	160	100.0	14.0
8	0:19:00	5		78	9	1.8	108	109.0	19.0
9	0:29:00	10	100	82	18	1.8	108	127.0	29.0
10	0:39:00	10	100	84	16	1.6	96	143.0	39.0
11	0:49:00	10		67	17	1.7	102	160.0	49.0
12	1:09:00	20	100	73	27	1.4	81	187.0	69.0
13	1:29:00	20		48	25	1.3	75	212.0	89.0
14	2:59:00	30	100	67	33	1.1	66	245.0	119.0
15	2:29:00	30	100	73	27	0.9	54	272.0	149.0

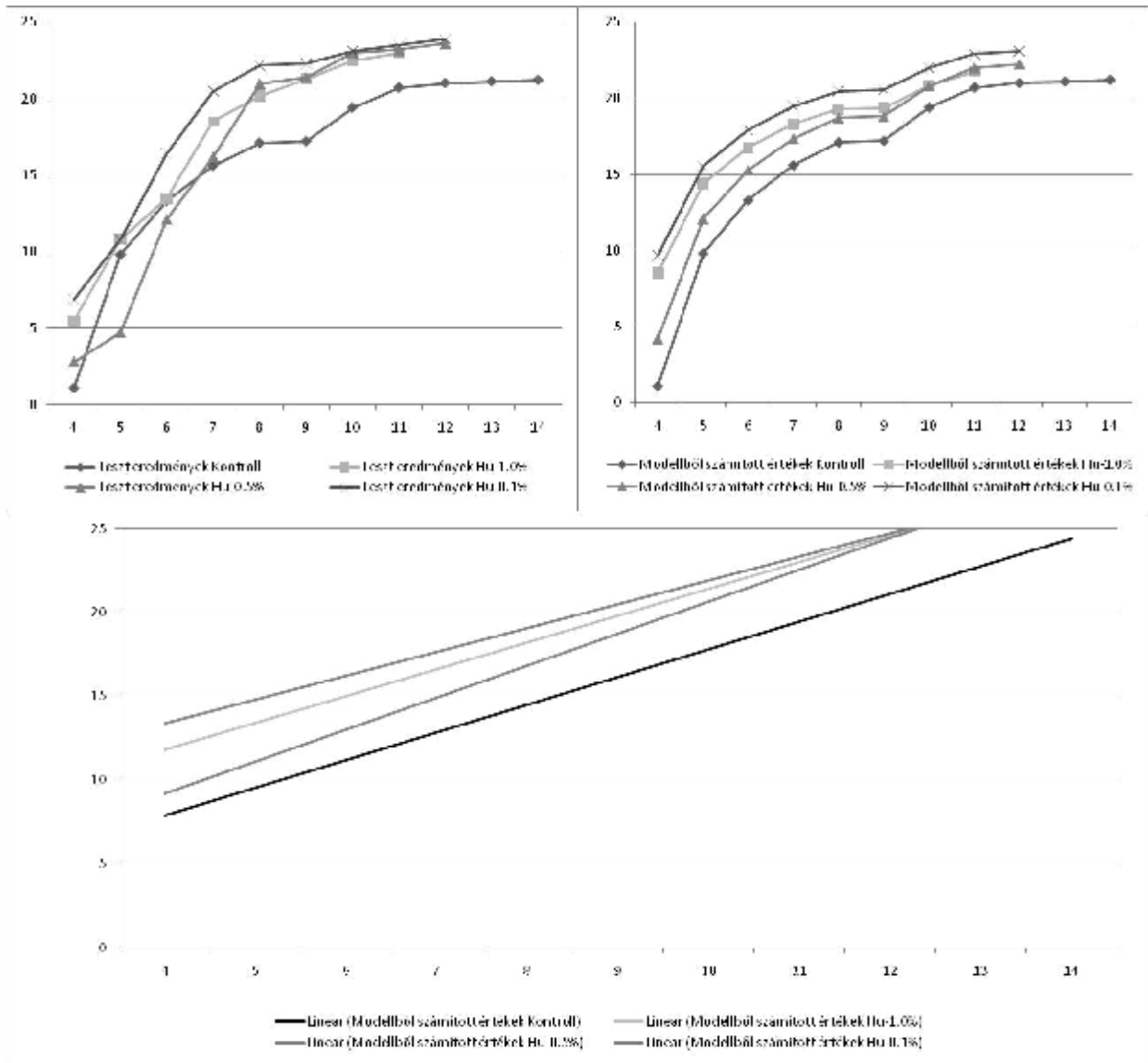
N/S	Magasság (m)	Szélesség (m)	Víz áramlása barázdában						
			Eltelt idő (sec.)		Keresztmet-szet (m ²)	Sebesség (m/sec)	Áramlás (m ³ /sec)	Áramlás (m ³ /Hrs)	Áramlás (L/sec)
			10 m	10 m					
1	0.09	0.50	14.03	14.53					
2	0.08	0.44	17.47	14.45					
3	0.07	0.42	15.42	14.05					
4	0.08	0.51	14.14	14.41					
5	0.07	0.52	14.06	14.81					
Átl.	0.08	0.48	14.74		Result: 0.04	0.68	0.03	91.08	25.30

Víz kibocsátás barázdába					
N/S	Mennyiség (Liter)	Idő (sec)	Víz kibocsátás (L/sec)	Víz kibocsátás (m ³ /sec)	Víz kibocsátás (m ³ /Hrs)
1	14.00	2.59	5.41	0.005	19.48

N/S	Mérési távolságok	Barázdás öntözés					
		Frontális idő		Recessziós idő		Kontaktus ideje (min)	Öntözési mélység (mm)
		Eltelt idő	Idő különbség	Eltelt idő	Idő különbség		
1	0.0	0:00:00	0.00	0:02:41	2	2	32.00
2	5.0	0:00:07	0.07	0:04:16	4	4	48.53
3	5.0	0:00:18	0.18	0:05:40	5	4	60.78
4	5.0	0:00:29	0.29	0:07:20	7	6	80.97
5	5.0	0:00:40	0.40	0:09:50	10	9	94.41
6	5.0	0:00:51	0.51	0:17:00	17	16	114.92
7	5.0	0:01:03	1.03	0:31:00	31	30	129.49
8	5.0	0:01:16	1.16	1:45:00	105	103	212.96
9	5.0	0:01:29	1.29	2:56:59	177	175	1,037.92

49. táblázat Variancia táblázat különböző koncentrációjú huminsav oldattal kezelt angolperje magok csírázási adatainak összehasonlítása

Variancia táblázat										
Tényező	SQ	FG	MQ	F-arány	F-0.1%	F-1%	F-5%	F-10%	SzD(5%)	
összes	138.775	39			***	**	*	+		
kezelés	43.875	3	14.625	5.55	6.74	4.38	2.87	2.24		1.5
hiba	94.9	36	2.636111					CV%=		7.1



29. ábra Lineáris regresszió analízis grafikus ábrázolása az angolperje csírázási kísérlet eredményeire vonatkozóan

50. táblázat Variancia táblázat különböző koncentrációjú huminsav oldattal kezelt talajról származó angolperje levelének százalékos NPK tartalmára páronként átlagolva 5 ismétlésben

Variancia táblázat: N-Különbsége									
Tényező	SQ	FG	MQ	F-arány	F-0.1%	F-1%	F-5%	F-10%	SzD(5%)
összes	56.93933	14			***	**	*	+	
kezelés	19.88133	2	9.940667	3.22	12.97	6.93	3.89	2.81	2.421588
hiba	37.058	12	3.088167					CV%=-	538.0

Variancia táblázat: N-Különbsége									
Tényező	SQ	FG	MQ	F-arány	F-0.1%	F-1%	F-5%	F-10%	SzD(5%)
összes	24.062	19			***	**	*	+	
kezelés	1.682	1	1.682	1.35	15.38	8.29	4.41	3.01	1.05
hiba	22.38	18	1.248333					CV%=-	-237.2

Variancia táblázat: P-Különbsége									
Tényező	SQ	FG	MQ	F-arány	F-0.1%	F-1%	F-5%	F-10%	SzD(5%)
összes	0.013773	14			***	**	*	+	
kezelés	0.006773	2	0.003387	5.81	12.97	6.93	3.89	2.81	0.033282
hiba	0.007	12	0.000583					CV%=-	517.5

Variancia táblázat: P-Különbsége									
Tényező	SQ	FG	MQ	F-arány	F-0.1%	F-1%	F-5%	F-10%	SzD(5%)
összes	0.03668	19			***	**	*	+	
kezelés	0.01352	1	0.01352	10.51	15.38	8.29	4.41	3.01	0.034
hiba	0.02316	18	0.001287					CV%=-	896.8

Variancia táblázat: K-Különbsége									
Tényező	SQ	FG	MQ	F-arány	F-0.1%	F-1%	F-5%	F-10%	SzD(5%)
összes	2.509173	14			***	**	*	+	
kezelés	0.380653	2	0.190327	1.07	12.97	6.93	3.89	2.81	0.580361
hiba	2.12852	12	0.177377					CV%=-	535.4

Variancia táblázat: K-Különbsége									
Tényező	SQ	FG	MQ	F-arány	F-0.1%	F-1%	F-5%	F-10%	SzD(5%)
összes	5.5975	19			***	**	*	+	
kezelés	0.7605	1	0.7605	2.83	15.38	8.29	4.41	3.01	0.49
hiba	4.837	18	0.268722					CV%=-	691.2

51. táblázat Variancia táblázat különböző koncentrációjú huminsav oldattal kezelt talajról származó angolperje levelének mg-ban kifejezett NPK tartalmára páronként átlagolva 5 ismétlésben

Variancia táblázat: N-Különbsége									
Tényező	SQ	FG	MQ	F-arány	F-0.1%	F-1%	F-5%	F-10%	SzD(5%)
összes	61.31461	14			***	**	*	+	
kezelés	22.81118	2	11.40559	3.55	12.97	6.93	3.89	2.81	2.468363
hiba	38.50344	12	3.20862					CV%=-	140.6

Variancia táblázat: N-Különbsége									
Tényező	SQ	FG	MQ	F-arány	F-0.1%	F-1%	F-5%	F-10%	SzD(5%)
összes	57.78447	19			***	**	*	+	
kezelés	0.614602	1	0.614602	0.19	15.38	8.29	4.41	3.01	1.67
hiba	57.16987	18	3.176104					CV%=-	437.1

Variancia táblázat: P-Különbsége									
Tényező	SQ	FG	MQ	F-arány	F-0.1%	F-1%	F-5%	F-10%	SzD(5%)
összes	0.070785	14			***	**	*	+	
kezelés	0.037467	2	0.018733	6.75	12.97	6.93	3.89	2.81	0.072611
hiba	0.033319	12	0.002777					CV%=-	180.1

Variancia táblázat: P-Különbsége									
Tényező	SQ	FG	MQ	F-arány	F-0.1%	F-1%	F-5%	F-10%	SzD(5%)
összes	0.107533	19			***	**	*	+	
kezelés	0.064116	1	0.064116	26.58	15.38	8.29	4.41	3.01	0.046
hiba	0.043416	18	0.002412					CV%=-	115.1

Variancia táblázat: K-Különbsége									
Tényező	SQ	FG	MQ	F-arány	F-0.1%	F-1%	F-5%	F-10%	SzD(5%)
összes	5.145179	14			***	**	*	+	
kezelés	0.86605	2	0.433025	1.21	12.97	6.93	3.89	2.81	0.822881
hiba	4.279129	12	0.356594					CV%=-	164.5

Variancia táblázat: K-Különbsége									
Tényező	SQ	FG	MQ	F-arány	F-0.1%	F-1%	F-5%	F-10%	SzD(5%)
összes	10.61268	19			***	**	*	+	
kezelés	0.771459	1	0.771459	1.41	15.38	8.29	4.41	3.01	0.69
hiba	9.84122	18	0.546734					CV%=-	151.0

52. táblázat Variancia táblázat különböző koncentrációjú huminsav oldattal kezelt talajról származó angolperje levelének mg-ban kifejezett szárazanyag tartalmára páronként átlagolva 5 ismétlésben

Variancia táblázat: sz.a.-Különbsége									
Tényező	SQ	FG	MQ	F-arány	F-0.1%	F-1%	F-5%	F-10%	SzD(5%)
összes	0.029158	14			***	**	*	+	
kezelés	0.005742	2	0.002871	1.47	12.97	6.93	3.89	2.81	0.060871
hiba	0.023415	12	0.001951					CV%=	252.4

Variancia táblázat: sz.a.-Különbsége									
Tényező	SQ	FG	MQ	F-arány	F-0.1%	F-1%	F-5%	F-10%	SzD(5%)
összes	0.00608	19			***	**	*	+	
kezelés	0.0032	1	0.0032	20.01	15.38	8.29	4.41	3.01	0.012
hiba	0.002879	18	0.00016					CV%=	43.2

53. táblázat Variancia táblázat különböző koncentrációjú huminsav oldattal kezelt talajról származó gránátalma facsemeték minőségi osztályozására

Variancia táblázat: Alkalmatlan-Alkalmatlan									
Tényező	SQ	FG	MQ	F-arány	F-0.1%	F-1%	F-5%	F-10%	SzD(5%)
Összes	0.4166	11	0.0379		***	**	*	+	
Kezelés	0.3118	2	0.1559	13.39	16.39	8.02	4.26	3.01	0.244
Hiba	0.1048	9	0.0116					CV%:	19.60%

Minőségileg megfelelő facsemeték százalékos aránya:			
2007-ben	Kontroll	Teszt	SzD(5%)
44%	43%	78%	24%

54. táblázat ANOVA analízis huminsavval kezelt talajszelvények NPK tartalmának összehasonlítására

N-NO ₃ , 0-20 cm					P-PO ₄ , 0-20 cm					K, 0-20 cm				
Leíró statisztika					Leíró statisztika					Leíró statisztika				
Csoport	Átlag	Std Dev.	Std Hiba	N	Csoport	Átlag	Std Dev.	Std Hiba	N	Csoport	Átlag	Std Dev.	Std Hiba	N
Jan-09	3.50	0.522	0.15	12	Jan-09	49.97	4.488	1.30	12	Jan-09	181.50	17.794	5.14	12
Sep-09	11.30	4.097	1.18	12	Sep-09	85.53	15.185	4.38	12	Sep-09	211.17	72.217	20.85	12
Variancia analízis Y=N-NO ₃					Variancia analízis Y=P-PO ₄					Variancia analízis Y=K				
Forrás	Típus III SS	SZF	Átlag Sq.	F	Forrás	Típus III SS	SZF	Átlag Sq.	F	Forrás	Típus III SS	SZF	Átlag Sq.	F
Modell	365.04	1	365.04	42.790	Modell	7,586.01	1	7,586.01	60.511	Modell	5,280.67	1	5,280.67	1,909
Hiba	187.68	22	8.53	Prob.	Hiba	2,758.06	22	125.37	Prob.	Hiba	60,850.67	22	2,765.94	Prob.
Összes	552.72	23		0.000	Összes	10,344.08	23		0.000	Összes	66,131.33	23		0.181
N-NO ₃ , 20-40 cm					P-PO ₄ , 20-40 cm					K, 20-40 cm				
Leíró statisztika					Leíró statisztika					Leíró statisztika				
Csoport	Átlag	Std Dev.	Std Hiba	N	Csoport	Átlag	Std Dev.	Std Hiba	N	Csoport	Átlag	Std Dev.	Std Hiba	N
Jan-09	2.08	0.289	0.08	12	Jan-09	20.02	8.298	2.40	12	Jan-09	118.50	7.404	2.14	12
Sep-09	5.12	1.192	0.34	12	Sep-09	59.81	24.656	7.12	12	Sep-09	156.25	15.864	4.58	12
Variancia analízis Y=N-NO ₃					Variancia analízis Y=P-PO ₄					Variancia analízis Y=K				
Forrás	Típus III SS	SZF	Átlag Sq.	F	Forrás	Típus III SS	SZF	Átlag Sq.	F	Forrás	Típus III SS	SZF	Átlag Sq.	F
Modell	55.21	1	55.21	73.372	Modell	9,500.66	1	9,500.66	28.076	Modell	8,550.38	1	8,550.38	55,798
Hiba	16.55	22	0.75	Prob.	Hiba	7,444.50	22	338.39	Prob.	Hiba	3,371.25	22	153.24	Prob.
Összes	71.76	23		0.000	Összes	16,945.16	23		0.000	Összes	11,921.63	23		0.000

55. táblázat ANOVA analízis huminsavval kezelt talajszelvények pH értékeinek összehasonlítására

pH, 0-20 cm					
Leíró statisztika					
Csoport	Átlag	Std Dev.	Std Hiba	N	
Jan-09	8.139	0.098	0.028	12	
Sep-09	7.748	0.108	0.031	12	
Variencia analízis Y=pH					
Forrás	Típus III SS	SZf	Átlag Sq.	F	Prob.
Modell	0.918	1	0.918	86.186	0.000
Hiba	0.234	22	0.011		
Összes	1.152	23			
pH, 20-40 cm					
Leíró statisztika					
Csoport	Átlag	Std Dev.	Std Hiba	N	
Jan-09	7.912	0.129	0.037	12	
Sep-09	7.933	0.020	0.006	12	
Variencia analízis Y=pH					
Forrás	Típus III SS	SZf	Átlag Sq.	F	Prob.
Modell	0.003	1	0.003	0.318	0.579
Hiba	0.189	22	0.009		
Összes	0.191	23			

56. táblázat ANOVA analízis huminsavval kezelt talajszelvények sótartalmának összehasonlítására

Só tartalom, 0-20 cm					
Leíró statisztika					
Csoport	Átlag	Std Dev.	Std Hiba	N	
Jan-09	0.014	0.004	0.001	12	
Sep-09	0.034	0.046	0.013	12	
Variencia analízis Y=Só tartalom					
Forrás	Típus III SS	SZf	Átlag Sq.	F	Prob.
Modell	0.002	1	0.002	2.366	0.138
Hiba	0.023	22	0.001		
Összes	0.025	23			
Só tartalom, 20-40 cm					
Leíró statisztika					
Csoport	Átlag	Std Dev.	Std Hiba	N	
Jan-09	0.024	0.003	0.001	12	
Sep-09	0.013	0.005	0.001	12	
Variencia analízis Y=Só tartalom					
Forrás	Típus III SS	SZf	Átlag Sq.	F	Prob.
Modell	0.001	1	0.001	48.279	0.000
Hiba	0.000	22	0.000		
Összes	0.001	23			

57. táblázat Különböző koncentrációban (0.5% és 0.075%) huminsavval kezelt talajminták NH₄-N-re elvégzett variancia és Pearson féle korreláció analízisek valamint a NH₄-N-re elvégzett regresszió analízis eredménye

Variancia analízis: NH ₄ -N						Pearson féle korreláció: NH ₄ -N			
Átfogó modell						Korrelációs Matrix (R)			
Forrás	Típus III SS	SZf	Átlag Sq.	F	Prob.		Koncentráció	Kontroll	Teszt
Modell	178.650	3	59.550	89.987	0.000	Koncentráció	1.000	-0.681	-0.994
Hiba	2.647	4	0.662			Kontroll	-0.681	1.000	0.748
Összes	181.297	7				Teszt	-0.994	0.748	1.000
Teszt effektus						Korrelációs Szignifikancia (P)			
Forrás	Típus III SS	SZf	Átlag Sq.	F	Prob.		Koncentráció	Kontroll	Teszt
Teszt-Kontroll	49.950	1	49.950	75.480	0.001	Koncentráció	-	0.319	0.006
Koncentráció	75.707	1	75.707	114.401	0.000	Kontroll	0.319	-	0.252
T.-K.*Kont.	52.994	1	52.994	80.079	0.001	Teszt	0.006	0.252	-

Lineáris Regresszió: NH₄-N

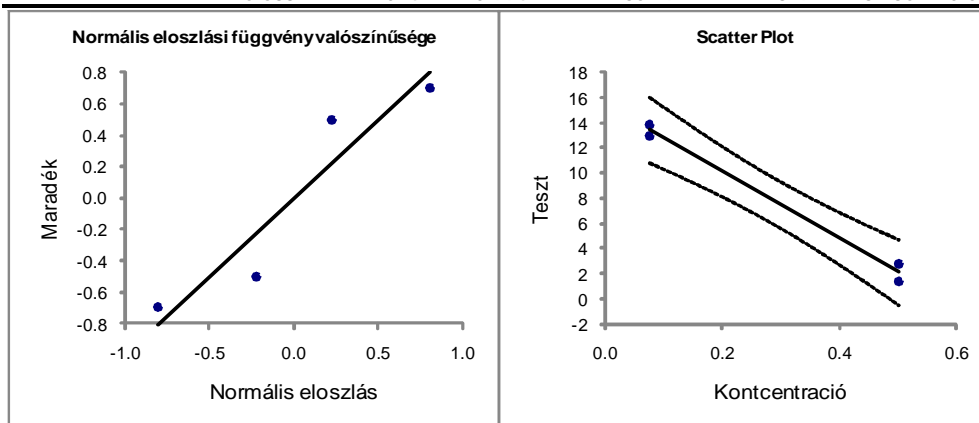
Összes			
R ²	R	Adj. R ²	Számított SE
0.989	0.994	0.983	0.860

ANOVA

Forrás	Sum Sq.	SZf	Átlag Sq.	F	Prob.
Regresszió	127.690	1	127.690	172.554	0.006
Maradék	1.480	2	0.740		
Összes	129.170	3			

Regresszió Koefficiens

Forrás	Koefficiens	Std Hiba	Std Beta	-95% C.I.	+95% C.I.	t	Prob.
Intercept	15.394	0.724		12.281	18.508	21.274	0.002
Koncentráció	-26.588	2.024	-0.994	-35.297	-17.879	-13.136	0.006



58. táblázat Különböző koncentrációban (0.5% és 0.075%) huminsavval kezelt talajminták NO₃-N-re elvégzett variancia és Pearson féle korreláció valamint a NO₃-N-re elvégzett regresszió analízisek eredményei

Variancia analízis: NO ₃ -N						Pearson féle korreláció: NO ₃ -N			
Átfogó modell						Korrelációs Matrix (R)			
Forrás	Típus III SS	SZf	Átlag Sq.	F	Prob.		Koncentráció	Kontroll	Teszt
Modell	191132.565	3	63710.855	1193.255	0.000	Koncentráció	1.000	-0.999	-0.999
Hiba	213.570	4	53.393			Kontroll	-0.999	1.000	1.000
Összes	191346.135	7				Teszt	-0.999	1.000	1.000
Teszt effektus						Korrelációs Szignifikancia (P)			
Forrás	Típus III SS	SZf	Átlag Sq.	F	Prob.		Koncentráció	Kontroll	Teszt
Teszt-Kontroll	39116.045	1	39116.045	732.613	0.000	Koncentráció	-	0.001	0.001
Koncentráció	115296.020	1	115296.020	2159.405	0.000	Kontroll	0.001	-	0.000
T.-K.*Kont.	36720.500	1	36720.500	687.746	0.000	Teszt	0.001	0.000	-

Lineáris Regresszió: NO₃-N

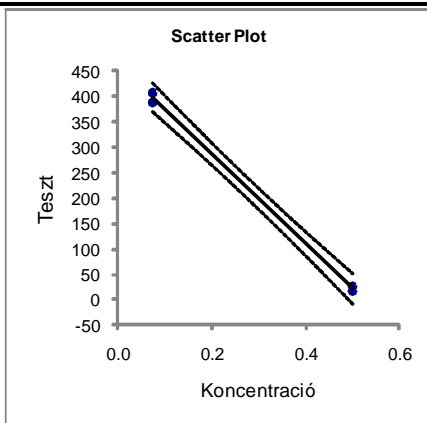
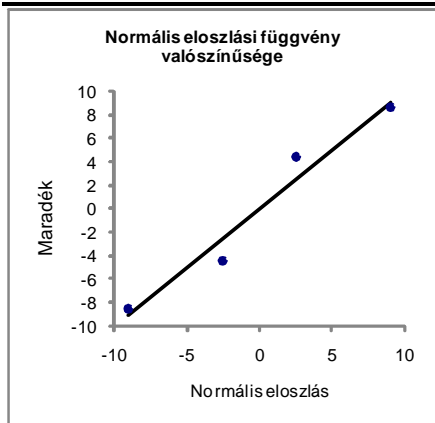
Összes			
R ²	R	Adj. R ²	Számított SE
0.999	0.999	0.998	9.660

ANOVA

Forrás	Sum Sq.	SZf	Átlag Sq.	F	Prob.
Regresszió	141075.360	1	141075.360	1511.738	0.001
Maradék	186.640	2	93.320		
Összes	141262.000	3			

Regresszió Koefficiens

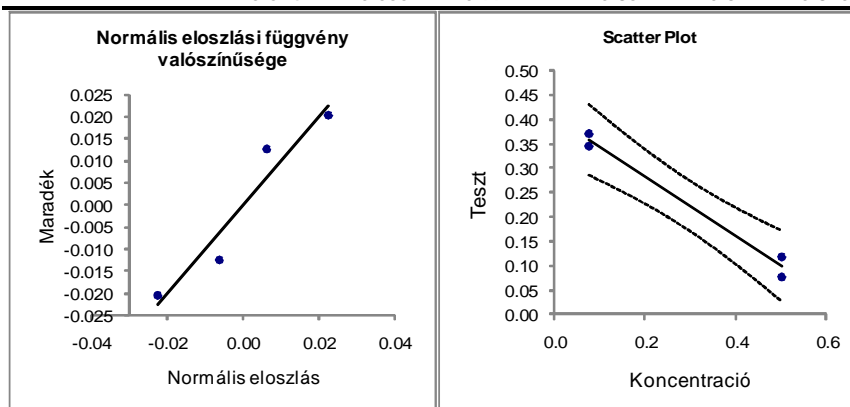
Forrás	Koefficiens	Std Hiba	Std Beta	-95% C.I.	+95% C.I.	t	Prob.
Intercept	464.582	8.126		429.618	499.546	57.171	0.000
Koncentráció	-883.765	22.730	-0.999	-981.564	-785.966	-38.881	0.001



59. táblázat Különböző koncentrációban (0.5% és 0.075%) huminsavval kezelt talajminták foszfor tartalmára elvégzett variancia és Pearson féle korreláció analízisek valamint a foszfor tartalomra elvégzett regresszió analízis eredménye

Variancia analízis: P						Pearson féle korreláció: P		
Átfogó modell						Korrelációs Matrix (R)		
Forrás	Típus III SS	SZf	Átlag Sq.	F	Prob.	Koncentráció	Kontroll	Teszt
Modell	7.369	3	2.456	33.351	0.003	Koncentráció	1.000	-0.974
Hiba	0.295	4	0.074			Kontroll	-0.974	1.000
Összes	7.663	7				Teszt	-0.992	0.951
								1.000
Teszt effektus						Korrelációs Szignifikancia (P)		
Forrás	Típus III SS	SZf	Átlag Sq.	F	Prob.	Koncentráció	Kontroll	Teszt
Teszt-Kontroll	1.916	1	1.916	26.014	0.007	Koncentráció	-	0.026
Koncentráció	3.332	1	3.332	45.243	0.003	Kontroll	0.026	-
T.-K.*Kont.	2.121	1	2.121	28.796	0.006	Teszt	0.008	0.049
								-

Lineáris Regresszió: P							
Összes							
R ²	R	Adj. R ²	Számított SE				
0.983	0.992	0.975	0.024				
ANOVA							
Forrás	Sum Sq.	SZf	Átlag Sq.	F	Prob.		
Regresszió	0.068	1	0.068	118.163	0.008		
Maradék	0.001	2	0.001				
Összes	0.069	3					
Regresszió Koefficiens							
Forrás	Koefficiens	Std Hiba	Std Beta	-95% C.I.	+95% C.I.	t	Prob.
Intercept	0.406	0.020		0.319	0.492	20.080	0.002
Koncentráció	-0.614	0.056	-0.992	-0.857	-0.371	-10.870	0.008



60. táblázat Különböző koncentrációban (0.5% és 0.075%) huminsavval kezelt talajminták kálium tartalmára elvégzett variancia és Pearson féle korreláció analízisek valamint regresszió analízisének eredményei

Variancia analízis: K						Pearson féle korreláció: K		
Átfogó modell						Korrelációs Matrix (R)		
Forrás	Típus III SS	SZf	Átlag Sq.	F	Prob.	Koncentráció	Kontroll	Teszt
Modell	50283.410	3	16761.137	22.014	0.006	Koncentráció	1.000	0.969
Hiba	3045.582	4	761.396			Kontroll	0.096	-0.153
Összes	53328.992	7				Teszt	0.969	1.000
Teszt effektus						Korrelációs Szignifikancia (P)		
Forrás	Típus III SS	SZf	Átlag Sq.	F	Prob.	Koncentráció	Kontroll	Teszt
Teszt-Kontroll	15262.840	1	15262.840	20.046	0.011	Koncentráció	-	0.904
Koncentráció	18007.086	1	18007.086	23.650	0.008	Kontroll	0.904	-
T.-K.*Kont.	17013.484	1	17013.484	22.345	0.009	Teszt	0.031	0.847

Lineáris Regresszió: K

Összes

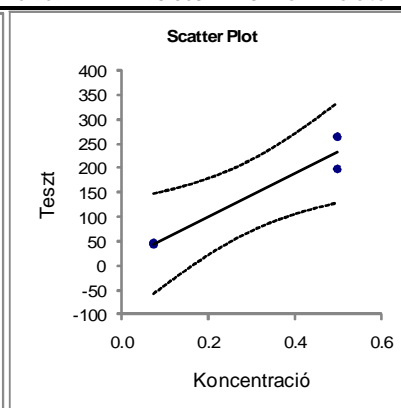
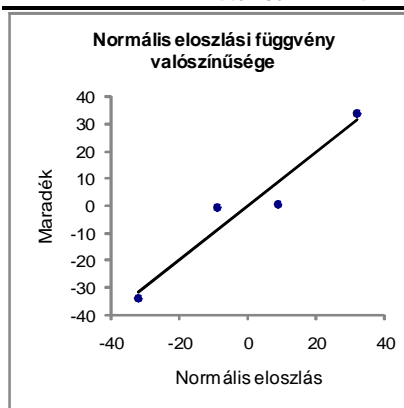
R ²	R	Adj. R ²	Számított SE
0.939	0.969	0.908	33.779

ANOVA

Forrás	Sum Sq.	SZf	Átlag Sq.	F	Prob.
Regresszió	35013.520	1	35013.520	30.687	0.031
Maradék	2282.009	2	1141.004		
Összes	37295.529	3			

Regresszió Koefficiens

Forrás	Koefficiens	Std Hiba	Std Beta	-95% C.I.	+95% C.I.	t	Prob.
Intercept	11.680	28.415		-110.578	133.938	0.411	0.721
Koncentráció	440.280	79.479	0.969	98.308	782.252	5.540	0.031



61. táblázat Különböző koncentrációban (0.5% és 0.075%) huminsavval kezelt talajminták szerves szén tartalmára elvégzett variancia és Pearson féle korreláció analízisek valamint a szerves szén-tartalomra elvégzett regresszió analízis eredménye

Variencia analízis: C						Pearson féle korreláció: C			
Átfogó modell						Korrelációs Matrix (R)			
Forrás	Típus III SS	SZf	Átlag Sq.	F	Prob.		Koncentráció	Kontroll	Teszt
Modell	1300.367	3	433.456	33.216	0.003	Koncentráció	1.000	-0.976	0.980
Hiba	52.198	4	13.049			Kontroll	-0.976	1.000	-0.999
Összes	1352.564	7				Teszt	0.980	-0.999	1.000
Teszt effektus						Korrelációs Szignifikancia (P)			
Forrás	Típus III SS	SZf	Átlag Sq.	F	Prob.		Koncentráció	Kontroll	Teszt
Teszt-Kontroll	60.555	1	60.555	4.640	0.098	Koncentráció	-	0.024	0.020
Koncentráció	151.467	1	151.467	11.607	0.027	Kontroll	0.024	-	0.001
T.-K.*Kont.	1088.345	1	1088.345	83.401	0.001	Teszt	0.020	0.001	-

Lineáris Regresszió: C

Összes

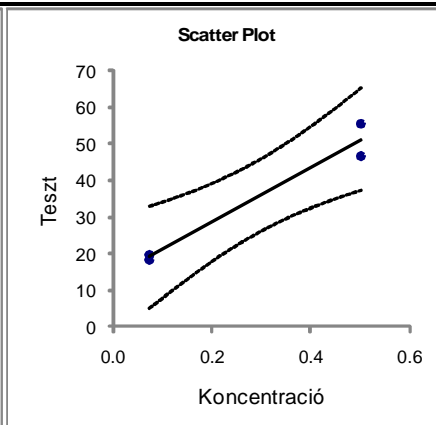
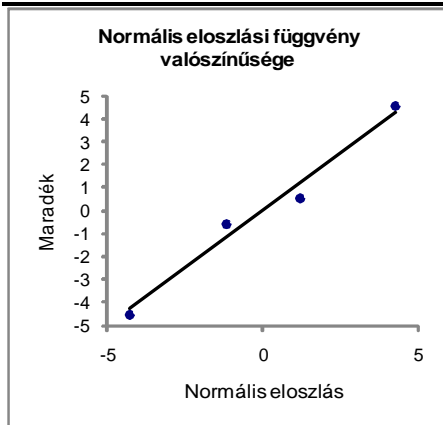
R ²	R	Adj. R ²	Számított SE
0.961	0.980	0.942	4.560

ANOVA

Forrás	Sum Sq.	SZf	Átlag Sq.	F	Prob.
Regresszió	1025.921	1	1025.921	49.335	0.020
Maradék	41.590	2	20.795		
Összes	1067.511	3			

Regresszió Koefficiens

Forrás	Koefficiens	Std Hiba	Std Beta	-95% C.I.	+95% C.I.	t	Prob.
Intercept	13.453	3.836		-3.052	29.958	3.507	0.073
Koncentráció	75.365	10.730	0.980	29.198	121.531	7.024	0.020



M-3. Fényképek



A kísérletekhez használt gránátalma fajta



Gránátalma dugvány



Gránátalma facsemete



Gránátalma facsemete gyökérzete



Szárított és őrölt Huminsav örlemény





Talajelőkészítés a kísérleti területen



Gránátalma faiskola



Kézi gyomlálás



Műtrágyák keverése



Kihajtott gránátalma dugvány



Kezelt és kezeletlen gránátalma növények magasságbeli különbsége



Huminsav oldat előkészítése a kezelésekhöz



“Class A” Evaporációs pan Eto megállapításához



Infiltrációs gyűrű az infiltrációs görbe meghatározásához



A barázdás öntözés hatékonyságának mérése és a klimatikus adatok begyűjtéséhez használt mérőeszközök



Talajszelvény helyszíni vizsgálata



A talajminták begyűjtése



A talajminták laboratóriumi vizsgálata



Adatgyűjtés a facsemetékről “U” bemérő-keret segítségével



Huminsavval kezelt (jobboldali) és kezeletlen talajon (baloldali) nevelt gránátalma facsemete



Laboratóriumi kísérletek angolperjével huminsavas oldattal kezelt talajokon



Huminsavas közegben elvégzett csírázási kísérletek angolperjével

M-4. Köszönetnyilvánítás

Köszönetet szeretnék mondani elsősorban témavezetőmnek Dr. Füleky György professzor emeritusnak (SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Környezettudományi Intézet, Talajtani és Agrokémiai Tanszék) és Tolner László egyetemi docensnek (SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Környezettudományi Intézet, Talajtani és Agrokémiai Tanszék), akik három éven keresztül segítették munkámat, és akiknek támogatása nélkül ez a tudományos munka nem jöhetett volna létre.

Ugyancsak köszönettel tartozom a SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Környezettudományi Intézet, Talajtani és Agrokémiai Tanszék, Talajtani Laboratóriuma munkatársainak, akik segítségével a különböző tesztelési és analitikai kísérleteket végeztem.

A huminsavak gyakorlati alkalmazását tíz évvel ezelőtt Afrikában kezdtem el, és azóta is szerves részét képezik azoknak a fejlesztési beruházásoknak, amelyeken dolgozom. Afganisztánban ennek kiemelt jelentősége van, ha figyelembe vesszük az ottani szélsőséges környezeti feltételeket és a gazdálkodás alacsony színvonalát, mely sok tekintetben az elmúlt évtizedek háborúinak eredménye. Rendkívül hálás vagyok azért, hogy az amerikai USAID és munkáltatóm Roots of Peace lehetővé tette, hogy az ALP-E programon belül a faiskolai kísérleteket elvégezhettem. Ebben ugyancsak oroszánrésze volt a helyi, afganisztáni kollégáimnak a lelkes segítsége. Itt külön szeretném megköszönni Ahmadshah Shafaq és Peer Mohammad agrármérnökök kiváló szervező és irányító munkáját a kísérleti munka során.

Végezetül szeretném megköszönni a Környezettudományi Doktori Iskolának, hogy lehetővé tette számomra ennek a doktori munkának az elvégzését.