



Környezettudományi Doktori Iskola

A humin anyagok hatása faiskolai termesztésben

Doktori értekezés tézisei

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

A MUNKA ELŐZMÉNYEI, A KITŰZÖTT CÉLOK

A jó export lehetőségek és a helyi piac felvevőképessége miatt az elmúlt néhány évtizedben egyre fontosabb szerepet kap a gyümölcstermesztés 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. A humuszanyagok a szerves szénvegyületeknek a környezetben előforduló formái, amelynek szilárd, nem oldható fázisa elsősorban, mint talajszínező és szerkezet építő 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 szervetlen trágyák hasznosulási szintjét is. Számos kísérletben vizsgálták a humuszanyagok hatását a zöldség-, és szántóföldi-kultúrák terméshozamára. Azonban meglepő az a tény, hogy gyümölcskultúrákban alig, a faiskolai termelésben történt felhasználásáról pedig nem lehet utalást találni a szakirodalomban.

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 taxonómiai fiatal korú talaj a talajképződés kezdeti stádiumát mutatja, a víz és szél által idehordott és lerakott szedimentáris anyagból áll. Így a talajszelvény egyáltalán, vagy alig mutat rétegződést. A tömődött és szegényes talajszerkezetnek megfelelően a talaj vízáteresztő képessége alacsony, korlátozott. A talajvizsgálatok kimutatták, hogy a nitrogéntartalom és általában a szerves anyag tartalom alacsony. A talajok lúgosak, a pH érték 8.0 felett van, ezért a tápanyagok felvétele a növény fejlődése számára korlátozott. Ilyen talajokon a járulékos gyökerek fejlődése korlátozott, ami nagyban csökkenti a csemeték túlélési arányát, valamint a kiültetésre alkalmas csemeték százalékos arányát az üzemi faiskolákban.

A faiskola 2006-ban kezdte meg az őshonos Kandarhar gránátalma fajta szaporítását. Az eredmények megmutatták, hogy mindössze 44-45%-a a kiültetett dugványoknál érte el a facsemetéknél elvárt minőségi és fejlettségi paramétereket.

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 gyökérzet volumenének és tömegének megnövelése

A kutatási feladatok pedig a következők voltak:

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

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. A kísérletekhez Dél Afrikából származó humin és fulvol sav lett felhasználva, amelyet a Famfert Formulators INC. dél-afrikai cég állít elő a PCT WO 2006/092720AI bejegyzett szabvány alapján.

Faiskolai kísérlet

A kísérleti terület földrajzilag Afganisztán keleti régiójában, Nangarhar megyében lévő vízgyűjtő medencében található. A kiválasztott rész lejtése kevesebb mint egy százalék. Erre a területre jellemző, hogy a talajvíz mélysége négy és hat méter között változik. Az egyes blokkokat ásott és nyitott öntöző és vízelvezető csatornák kerítik be. Az öntözővíz odavezetése gravitációval, szabad folyással történik. A talaj kémhatását tekintve gyengén-közepesen lúgos. Sótartalom alapján a nem sós talajok közé sorolható, bár szikesedésre hajlamos. A bázisjelítettség értékét és a kicserélhető bázisok mennyiségét alapulvéve a Montmorillonit a domináns agyagásvány a talajban. Közepesen meszes talaj. A kicserélhető nátrium ionok százalékos mennyisége rendkívül alacsony. A foszfor és kálium ellátottság a talajban kielégítő. Kísérleti növényként gránátalmát használtam (Fajta: Kandahari). A szaporítóanyag egyszerű, nem gyökeres dugvány volt 5-6 alvórüggyel.

A kísérlet a gránátalma faiskolai termelését vizsgálta négy dugványiskolai termesztésre kialakított területen, összesen 2.0 hektáron, 330 teszt és 80 kontroll soron. Minden egyes termőterület (tábla) megközelítően fél hektárral volt azonos. Minden ötödik sor kontrollsorként szerepelt és nem kapott kezelést. Minden tesztnövény két hónappal a dugványozás után megkapta az első kezelést. A huminsav a növényesortól 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 öt hét elteltével megismételtük. Négy hónappal az ültetés után fóliás kezelésként 10 l/ha dózisban fulvolsavval permeteztük a növényeket. Ennél a kezelésnél 1:10 arányú vízzel való hígítást alkalmaztunk. A kísérlet időtartama hét hónapot vett igénybe.

A facsemetékről hetente gyűjtöttem be mérési adatokat. Méréskor a csemete törzsének átmérőjét és a növény magasságát vizsgáltam. A négy blokkból hetente összesen 400 kezelt és 100 kezeletlen növény adatait értékeltük. A mintavétel során a vonal transzekt módszert alkalmaztam. Az adatok begyűjtéséhez „U” típusú bemérőkeretet használtam. A facsemeték adatain túlmenően a klimatikus adatokat is rendszeresen regisztráltuk.

Angolperje növekedési kísérletek

A laboratóriumi kísérletekhez angolperje (*Lolium perenne*) vetőmagot használtam, melynek kis mérete és gyors csírázóképesége megfelelt az egyhónapos megfigyelési időre tervezett kísérletekhez. 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. Minden koncentrációnál 10 kezelt (teszt) és 10 kezeletlen (kontroll) ismétlés lett beállítva. Emellett minden koncentrációnál egy plusz tenyészedényt és kontrollt magok ültetése nélkül nedvesen tartottunk a kísérlet teljes időtartamára.

későbbi laboratóriumi bevizsgálásra. Öt hét elteltével a levélzetet eltávolítottuk és levegőn megszárítottuk. Az így előkészített levélmintákat valamint a nedves talajmintákat bevizsgáltuk.

A tenyészedényes kísérlet mellett csírázási kísérleteket is végeztünk. Ezeket petricsészékben végeztük, melybe huminsavval átitatott vattát helyeztünk. A vattákra csészénként 25 magot helyeztünk. Ebben az esetben is 10 teszt és 10 kontroll ismétlés lett beállítva koncentrációnként. A kísérleteket különböző huminsavas koncentrációval végeztük. A kísérlet időtartama alatt naponta figyeltük és feljegyeztük a kelési arányt és növekedési erélyt.

Minták vizsgálata

A vizsgálatokra a Szent István Egyetem agrokémiai laboratóriumában került sor:

- 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,
- Kicserélhető 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.

EREDMÉNYEK

Talajvizsgálati eredmények a faiskolai területéről vett minták esetében

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 kezeletlennél. A durva méretű (0.25-2.00 mm) humusztartalom mindkét esetben azonos értékeket mutat a mintavétel mélységétől függetlenül. 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. (1. táblázat)

1. táblázat Huminsavval kezelt és kezeletlen talaj átlagos szervesanyag tartalma betakarítás után

Talaj mélység (cm)	Stabilitási index K		Szerves anyag státusz 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	0.81
20-40	4.00	5.00	0.70	1.40	0.41	0.81

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 NO₃-N és AL-K₂O 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 kezeletlen 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 NH₄-N tartalom értéke jóval magasabb volt, mint a kezeletlen minták esetében. A felvehető foszfor aránya a kezelt talajokban lényegesen nagyobb volt, mint a kezeletlennél.

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 (2. táblázat).

2. 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	
	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	
	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	
	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 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 agyagásványok a 2:1 típusú montmorrillonit csoportba tartoznak (nemzetközi megjelölés szerint szmektitiek). A talajban mérhető nagyon alacsony Al₃⁺ és H₃O⁺ tartalom kizárta az allofan típusú agyagásványok jelenlétét. (3. táblázat).

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

Talaj mélység (cm)	Talajkolloid státusz					
	Só tartalom		Kicsérélhető kationok		Kicsérélhető bázisok	
	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		Bazistelítettség (%)		Telítetlenség (%)	
	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		Kicsérélhető savanyúság	
	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)	Hidrolítos savanyúság		Szabad mész tartalom		Kicsérélhető Nátrium	
	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

Talajvizsgálati eredmények az angolperjével elvégzett kísérletek esetében

A laboratóriumi körülmények között elvégzett talajminta kezelések és vizsgálatok eredménye egyértelműen kimutatta, hogy a kisebb koncentrációjú (0.075%) huminsavas kezelés jobban megnövelte a felvehető NO₃-N tartalom mértékét, mint azt a magasabb koncentrációjú (0.5%) kezelésnél tapasztaltuk (4. táblázat).

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

Kezelés	Minta	mg/kg				mg/100g
		NH ₄ -N	NO ₃ -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 NO₃-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 és foszfor tartalma lényegesen nagyobb volt, mint a kezeletlen mintáké.

Az egytényezős varianciaanalízis (ANOVA) 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 (5. táblázat).

5. 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.

6. táblázat ANOVA analízis huminsavval kezelt talajszelvények pH értékeinek és sótartalmának összehasonlítására

pH - Variencia analízis - F _{0,05; 1, 22} = 4.4						Só tartalom - Variencia analízis - F _{0,05; 1, 22} = 4.4					
Talajszelvény: 0-20 cm			Talajszelvény: 20-40 cm			Talajszelvény: 0-20 cm			Talajszelvény: 20-40 cm		
F	SZf	Prob.	F	SZf	Prob.	F	SZf	Prob.	F	SZf	Prob.
86.186	23	0.000	0.318	23	0.579	2.366	23	0.138	48.279	23	0.000

A talaj sótartalmának vizsgálata egy fordított arányú tendenciát állapított meg a két talajszelvény esetében. 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 talajpárologtató 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 talajszelvény sótartalmát (6. táblázat).

Gránátalma faiskolai kísérletének eredményei

A folyamatosan végzett mérések azt mutatták, hogy a termesztési időszak végére a tesztnövények átmérője és magassága, melyeket huminsavval kezelt talajon termesztettek, átlagosan mintegy 30-35%-al volt magasabb érték, mint a kontroll növényeké (7. táblázat). 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.

7. táblázat Gránátalma facsometék 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%

A növények gyökérzetének vizsgálata is nagy különbségeket eredményezett. Amíg a tesztnövények gyökérzetének átlagos súlya 97.62 g volt betakarításkor, addig a kontroll növények esetében ez az érték átlagosan mindössze 37.23 g-ot mutatott. A 2 mm-nél nagyobb gyökerek száma a tesztnövények esetében átlagosan 63 volt a kontroll növényeknél mért 18-al szemben. Ezek az értékek azt mutatják, hogy tesztnövények 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-ször nagyobb ez az érték, mint a kontroll 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. A facsometék szárának tövénél mért átmérők különbsége a tesztnövények esetében átlagosan 15.52 mm, a kontroll növényeknél pedig 10.16 mm volt (8. táblázat).

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

Paraméterek	Egység	Teszt 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
Gyökérményak 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	Kontroll 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
Gyökérményak 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

Az egyfaktoros varianciaanalízis szignifikáns különbséget állapított meg a teszt és kontroll 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 valószínűségi érték is utal ($P=0.968$) (9. táblázat).

9. táblázat Varianciaanalízis gránátalma facsémék termésmutatóira vonatkoztatva

Varienciaanalízis - $F_{0.05; 1, 6} = 6.0$			
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 ($R=0.478$) (10. táblázat).

10. táblázat Korrelációanalízis gránátalma facsémék termésmutatóira vonatkoztatva

Pearson féle Korrelációs Index			Pearson féle Korrelációs Index		
Átmérő			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			Pearson féle Korrelációs Index		
Hajtások száma			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 teszt és kontroll növények között. A varianciaanalízis kapott "F" értékei 65.5 és 938.4 között található P=0.000 és P=0.06 valószínűséggel. A facsemeték magasságának statisztikai elemzése P=0.000 valószínűséggel lényeges különbséget állapított meg a teszt és kontroll növények között F=233 és 539 közötti eredményekkel termőterületenként (11. táblázat).

11. táblázat Gránátalma facsemeték átmérőjére és magasságára elvégzett varianciaanalízis

Variencia analízis					Variencia analízis				
Átmérő	F	SZf	Prob.	"F érték" Táblázat	Magasság	F	SZf	Prob.	"F érték" Táblázat
Terület 1.	165.025	79	0.062	F _{0.05; 78,2} = 20	Terület 1.	513.883	79	0.000	F _{0.05; 60,19} = 1.9
Terület 2.	938.470	79	0.000	F _{0.05; 75,4} = 5.6	Terület 2.	518.544	79	0.000	F _{0.05; 62,17} = 2.0
Terület 3.	423.194	79	0.000	F _{0.05; 73,6} = 3.7	Terület 3.	233.837	79	0.000	F _{0.05; 47,32} = 1.8
Terület 4.	65.562	79	0.003	F _{0.05; 76,3} = 8.5	Terület 4.	539.169	79	0.000	F _{0.05; 48,31} = 1.8

A Pearson féle korrelációs index erős pozitív korrelációt eredményezett a teszt és kontroll növények között, amely alátámasztja a huminsavas kezelés pozitív hatását a facsemeték fejlődésére (12. táblázat).

12. táblázat Gránátalma facsemeték átmérőjére és magasságára elvégzett Pearson féle korrelációs analízis kísérleti területenként

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

Angolperjével végzett laboratóriumi kísérletek eredményei

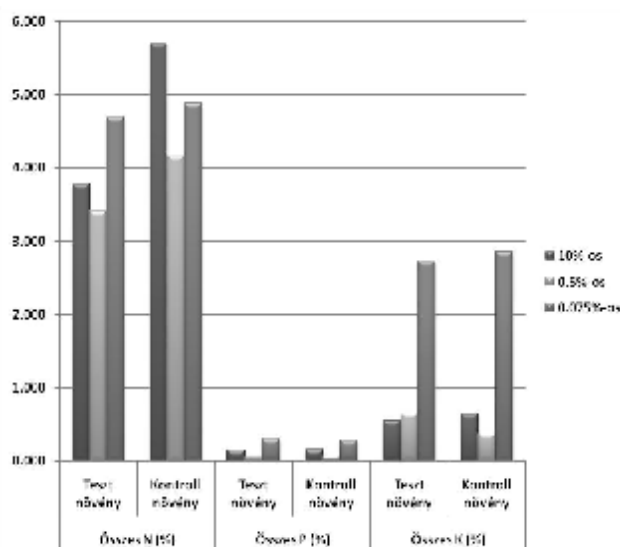
Az indikátor növények által felvett nitrogéntartalom azt mutatta, hogy 0.5%-os huminsavval kezelt talajokon a növények által felvett összes nitrogén százalékos mennyisége kisebb, mint a kontroll növényeké, míg a 0.075%-os kezelés esetében közel megegyező. Ez azért érdekes, mivel a talajok vizsgálata kimutatta, hogy a 0.5%-os kezelés hatására a talajok N-NO₃ tartalma magasabb lett, mint a kezeletlen talajoké. Ugyanakkor a talajmintákban mért NH₄-N tartalom mindkét esetben közel azonosnak volt tekinthető. A 0.075%-os kezelés hatására mind a felvehető N-NO₃ mind pedig a NH₄-N tartalom több mint háromszorosa lett a kezelt talajokban a kezeletlenéhez képest.

A további vizsgálatok azt mutatták, hogy a felvett összes nitrogén mennyiségének százalékos értéke, és a foszforé is az alkalmazott huminsav koncentráció függvénye. Mindkét tápanyagnál a 0.075%-os kezelés mutatta a legjobb eredményt. (13. táblázat).

13. táblázat Különböző koncentrációjú huminsav oldattal kezelt talajon nevelt angolperje levelének százalékos NPK tartalma

Huminsav koncentráció	Összes N (%)		Összes P (%)		Összes K (%)	
	Teszt növény	Kontroll növény	Teszt növény	Kontroll növény	Teszt növény	Kontroll növény
10%-os	3.780	5.700	0.152	0.158	0.554	0.640
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 növények káliumtartalmának vizsgálata azt eredményezte, hogy a 0.5%-os oldattal kezelt talajokon nevelt növény káliumfelvétele jobb, mint a kezeletlen növényeké. A talajminták vizsgálata mind a három tápanyag esetében azt mutatta ki, hogy a magasabb koncentrációjú kezelés hatására a felvehető tápanyagok mennyiségének százalékos értéke is megnő (1. ábra).



1. ábra. Különböző koncentrációjú huminsav oldattal kezelt talajon nevelt angolperje levélminták százalékos NPK tartalmának összehasonlítása

Amikor az egyes NPK értékeket (mg/tenyészedény) és a szárazanyagtartalmat összehasonlítjuk, azt az eredményt kapjuk, hogy a 0.5%-os kezelés elsősorban a szárazanyag és kálium tartalmat növeli meg a kontroll növényekhez képest, míg a 0.075%-os kezelésnél a foszfor és nitrogén tartalom növekszik lényegesen. A 10%-os kezelésnél mind az egyes tápelemek, mind pedig a szárazanyag-tartalom csökkenése figyelhető meg a kontroll növényekhez képest. (14. táblázat)

14. Táblázat Különböző koncentrációjú huminsav oldattal kezelt talajon nevelt angolperje levelének NPK és szárazanyagtartalma mg-ban

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	5.8968	9.234	0.23712	0.25596	0.86424	1.0368	0.156	0.162
0.5%-os	6.7518	6.5052	0.09504	0.1092	1.287	0.5928	0.198	0.156
0.075%-os	7.943	7.3688	0.5239	0.4228	4.6137	4.3035	0.169	0.151

A talajminták statisztikai vizsgálata mind az $\text{NH}_4\text{-N}$ mind pedig a $\text{NO}_3\text{-N}$ tartalomnál lényegesen nagy különbséget eredményezett a kezelt és kezeletlen talajok között. Az $\text{NH}_4\text{-N}$ 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 (0.319 és 0.252) azonban egyértelműen nem támasztja alá azt a nézetet, hogy ez a különbség a kezeléskor alkalmazott koncentráció függvényének hatására alakult-e ki. A minták $\text{NO}_3\text{-N}$ tartalmának vizsgálata 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) (15. táblázat).

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

Variencia analízis: NH ₄ -N				Variencia analízis: NO ₃ -N			
Forrás	F	SZf	Prob.	Forrás	F	SZf	Prob.
Átfogó modell	89.987	7	0.000	Átfogó modell	1,193.255	7	0.000
F _{0.05;3,4}	6.6			F _{0.05;3,4}	6.6		
Teszt effektus				Teszt effektus			
Teszt-Kontroll	75.480	1	0.001	Teszt-Kontroll	732.613	1	0.000
Koncentráció	114.401	1	0.000	Koncentráció	2,159.405	1	0.000
T-K.*Kont.	80.079	1	0.001	T-K.*Kont.	687.746	1	0.000
Pearson féle korreláció: NH ₄ -N				Pearson féle korreláció: NO ₃ -N			
Forrás	Korreláció	Szignifikancia		Forrás	Korreláció	Szignifikancia	
Koncentráció*Kontroll	-0.681	0.319		Koncentráció*Kontroll	-0.999	0.001	
Koncentráció*Teszt	-0.994	0.006		Koncentráció*Teszt	-0.999	0.001	
Kontroll*Teszt	0.748	0.252		Kontroll*Teszt	1.000	0.000	

A talajminták foszfortartalmának vizsgálata 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. A minták kálium tartalmának vizsgálati eredményeit feldolgozó statisztikai értékelés, bár különbséget állapított meg a talajminták között, nem adott egyértelmű választ arra, hogy ez a különbség a kezelésnek tudható-e be vagy sem (16. táblázat).

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

Variencia analízis: P-PO ₄				Variencia analízis: K			
Forrás	F	SZf	Prob.	Forrás	F	SZf	Prob.
Átfogó modell	33.351	7	0.003	Átfogó modell	22.014	3	0.006
F _{0.05;3,4}	6.6			F _{0.05;3,4}	6.6		
Teszt effektus				Teszt effektus			
Teszt-Kontroll	26.014	1	0.007	Teszt-Kontroll	20.046	1	0.011
Koncentráció	45.243	1	0.003	Koncentráció	23.650	1	0.008
T-K.*Kont.	28.756	1	0.006	T-K.*Kont.	22.245	1	0.009
Pearson féle korreláció: P-PO ₄				Pearson féle korreláció: K			
Forrás	Korreláció	Szignifikancia		Forrás	Korreláció	Szignifikancia	
Koncentráció*Kontroll	-0.974	0.026		Koncentráció*Kontroll	0.096	0.904	
Koncentráció*Teszt	-0.992	0.008		Koncentráció*Teszt	0.999	0.001	
Kontroll*Teszt	0.951	0.049		Kontroll*Teszt	-0.153	0.847	

Az egytényezős varianciaanalízis eredménye angolperje minták levelének NPK tartalmára alátámasztja azt a feltételezést, hogy a felvett nitrogén, foszfor és kálium mennyisége az alkalmazott huminsavas kezelés koncentrációjának függvénye. Ez elsősorban a foszfor és kálium mennyiségére igaz, ugyanis az elvégzett számítások szignifikáns különbséget állapítottak meg a különböző koncentrációban alkalmazott kezeléseknél az egyes minták leveleinek foszfor és kálium tartalmára vonatkozóan (17. táblázat).

17. táblázat Különböző koncentrációban huminsavval kezelt talajban nevelt angolperje levelének NPK tartalmára elvégzett egytényezős varianciaanalízisek eredménye

Variencia analízis Nitrogén tratalomra (F-8.6 P=95%)					
Adatforrás	Típus III SS	SZf	Átl. Sq.	F	Prob.
Modell	15.843	3	5.281	3.852	0.015
Hiba	63.057	46	1.371		
Összes	78.900	49			
Variencia analízis Foszfor tratalomra (F-8.6 P=95%)					
Adatforrás	Típus III SS	SZf	Átl. Sq.	F	Prob.
Modell	0.346	3	0.115	15.999	0.000
Hiba	0.332	46	0.007		
Összes	0.678	49			
Variencia analízis Kálium tratalomra (F-8.6 P=95%)					
Adatforrás	Típus III SS	SZf	Átl. Sq.	F	Prob.
Modell	26.817	3	8.939	9.696	0.000
Hiba	42.408	46	0.922		
Összes	69.225	49			

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.

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

Növény:	Angolperje	
	Átlagos	
Kezelés	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 (18. táblázat)

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. A Pearson féle korrelációs index erős pozitív korrelációt mutat a kezelt és kezeletlen minták között (19. táblázat).

19. táblázat Különböző koncentrációban huminsavval kezelt angolperje csírázási tesztjének varianciaanalízise és Pearson féle korreláció analízise

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

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

AZ EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

A facseteték esetében minden növényi szervnél lényeges gyarapodás volt kimutatható mind súlyban, átmérőben, magasságban és a gyökérzet volumenében egyaránt a kontroll növényekéhez képest. A facseteték fejlődésének és a talajban végbemenő változásoknak a megfigyelése ugyancsak mutatott pozitív tendenciákat. A facseteték fejlődésében jelentkezett javulás és a kismennyiségben kijuttatott műtrágya hasznosulása 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.

Katkat és kutatócsoportjának munkája azt az eredményt hozta, hogy a huminsav alkalmazása 0.1% dózisban főleg a tápelemek felvételére volt hatással, míg 0.2%-os dózisonál főleg a szárazanyag-tartalom növekedése volt megfigyelhető. Az angolperjével végzett kísérletek közel azonos szinten húzták meg ezt a határvonalat (0.075%). Megfigyelhető volt, hogy a kezelési koncentráció növekedésével a nitrogén felvétele csökkent. A szárazanyag és az egyes tápelemek felvett tömegének mg-ban megkapott értékei arra utaltak, hogy az alacsony koncentrációban alkalmazott kezelések a tápanyagfelvételre, elsősorban a nitrogén és foszfor felvételére, míg a magasabb koncentrációjú kezelések a szárazanyag-tartalom növekedésére vannak hatással.

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 kezeletlen 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. Másodszor, a huminsav által felszabadított tápanyagok kimosódási veszélye a talajszelvényből megnő. A kicserélhető kationok mennyisége a felső 20 cm-es talajszelvényből kimosódott, míg az alsóbb 40 cm-es talajszelvényben megnőtt a kezeletlen mintákéhoz képest.

A kísérletek eredményei nem támasztották alá CIMRIN ÉS YILMAZ (2005) álláspontját, miszerint a huminsavnak nincs hatása a növényi tápanyagfelvételre a talajból. A kísérleti eredmények arra utalnak, hogy a makro-elemek felvehetőségének mértéke, a foszfor esetében is, az alkalmazott huminsav koncentráció függvénye.

Egyértelműen igazolták az angolperjével végzett csíráztatási kísérletek PENA-MENDEZ (2004) és KOTOB (2009) megállapítását, hogy a huminsav serkentő hatással van a növényi magvak csírázóképeségére. Azonban a szakirodalomban nincs említés arról, hogy a kezelési koncentráció növelésével a kelési százalék értéke lecsökken. A legmagasabb kelési értéket a 01 %-os kezelés mutatta.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

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 csomók túlélési arányát. Ezzel a dugványiskolában elkerülhető az erős metszés gyakorlata, amely kedvezőtlenül hat a későbbiekben a csomók 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.

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Az elvégzett kísérletek eredményei arra utalnak, hogy a huminsavas kezelés hatására a talajszerkezet javul. Erre utal az Arany-féle kötöttségi szám értékének emelkedése a huminsavval kezelt talajokban, valamint a durva méretű szerves-anyagok mennyiségének csökkenése a talaj felső 20-25 cm-es rétegében, míg az ennél finomabb méretű frakciók aránya közel a duplájára emelkedett. Ez arra is utal, hogy a huminsav hatására a szerves-anyagok lebomlása a talajban fokozódik.

A kezeletlen mintákhoz viszonyítva a kezelt talajmintákban mért felvehető $\text{NO}_3\text{-N}$ tartalom mennyisége a kisebb oldat töménységű kezelésnél volt a legnagyobb. A kálium esetében ugyanezt a hatást a magasabb töménységű oldat alkalmazása váltotta ki. Ebből az következik, hogy a kezelési oldat koncentrációjának változtatásával hatni lehet a különböző a növény által felvehető tápanyagok mennyiségére a talajban.

Annak ellenére, hogy minden kezelési koncentrációnál a talajban mérhető felvehető $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyisége nagyobb volt, mint a kezeletlen talajoké, az indikátor növények (angolperje) által felvett $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyisége a huminsav kezelési oldat töménységével fordított arányt mutatott. Az alacsony koncentrációjú oldattal kezelt talajokon nevelt növények $\text{NO}_3\text{-N}$ felvétele fokozottabb. Ez a töménységi határérték a 0.075% és 0.1% körüli értéknél húzható meg.

Gyakorlati termelési szempontból a kísérletek legfontosabb eredményeit a termelési mutatókban megfigyelhető változások hozták. Ebben az esetben mivel csomók neveléséről van szó, termelési mutatók alatt a növény magassága, szár átmérője és a gyökérsúly fejlettsége értendő elsősorban.

Dugványról nevelt csomók esetében mindig problémát jelent a járulékos gyökerek képzésére való hajlam, mely a későbbiekben nagyban meghatározza a növény fejlődését és túlélését. A huminsavas kezelés nemcsak a gyökérsúly fejlődésére gyakorol pozitív hatást, de ugyancsak segíti az egységesebb állomány kialakítását és a minőségi mutatók javítását.

Javaslatok

- A faiskolai és laboratóriumi kísérletek eredményei információt szolgáltattak a huminsavnak a gyakorlatban történő felhasználásához. Ehhez a tapasztalatok alapján, a következő javaslatokat lehet megtenni:
- A huminsav termékek közül a por alakban előállított (humát) termékek kezelése a legegyszerűbb és legolcsóbb.
- Célszerű ezeknek a termékeknek a dúsítása különböző makro és mikro tápanyagokkal és az így előállított humát alkalmazása a növényi tápanyagellátásban. A tápanyagokkal dúsított humáttal a tápanyagok talajban történő szállítását és felvételét lehet megjavítani anélkül, hogy jelentős mennyiségű tápanyag a gyökérszónából kimosódna. Ezzel lényegesen lehet csökkenteni a kijuttatandó műtrágya mennyiséget és cél-specifikusan lehet irányítani a növényi tápanyagellátást.
- Komposztrágyák előállításánál célszerű az alapanyagok huminsavval történő kezelése. Ilyen módon a komposztálás folyamatához szükséges idő lecsökken, a komposztálás minősége javul és a tápanyagveszteség lecsökken.
- Szikesedésre hajlamos talajoknál a huminsav megköti a nátrium ionokat és azokkal együtt a talajból kimosódik, aminek révén a talajszerkezetet fellazítja.
- Gondosan kell ügyelni a huminsav oldat hígítási koncentrációjára, ezért a legmegfelelőbb vízzel történő hígítási arány az 1:10.

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

IF-es idegennyelvű lektorált folyóiratcikk

- MARTON L.-SANDOR F.- KOSTYUCHENKO Y.V. [2010]: Organic Carbon changes over 40-years in a Haplic Luvisol type farmland in Hungary, Journal of Agricultural Science and Technology, p.913-920, (IF: 0,68)
- MARTON L.-SANDOR F. [2015]: Essential plant environmental impacts on corn yield, Academia Journal of Agricultural Research (ISSN: 2315-7739), 3(9), Szeptember 2015, p.189-194, (IF: 0,342)

Nem IF-es lektorált idegen nyelvű folyóiratcikk

- SANDOR F. [2009]: The effect of humic substances on pomegranate nursery production in Nangarhar, Afghanistan, Bulletin of the Szent István University, Gödöllő, 2009, p.5-24.
- SANDOR F.[2011]: The effect of humic substances on pomegranate nursery production in Nangarhar, Afghanistan, (JESE-E20101025-01), Journal of Environmental Science and Engineering, ISSN1934-8932, USA, p.214-226.
- SÁNDOR F.-TOLNER L.-SIMON B.-FÜLEKY Gy. [2014]: The effects of humic acid product on soil fertility measured by ryegrass test plant, XIII. Alps-Adria Scientific Workshop Villach, Ossiacher See, Austria, Növénytermelés 63 Suppl. p.245-248.
- SÁNDOR F., TOLNER L., FÜLEKY GY., ABDIANP S. A., SANCHE J. E. (2015): Humic substances applications on quality and yield of commercially-produced pomegranate saplings in Nangarhar, Afganistan. Columella – Journal of Agricultural and Environmental Sciences, Vol 2. No. 2. 59-67. pp.

Idegen nyelvű egyéb szakmai folyóiratcikk

- SANDOR F. [2002]: Good practice in gardening, Horticulture Magazine, Lilongwe-Malawi
- SANDOR F. [2010]: The Gardener, Monthly newsletter for the agricultural community, 1/1 szám, June 2010, RoP-USAID Kabul, Afghanistan, p.1-4.
- SANDOR F. [2010]: The Gardener, Monthly newsletter for the agricultural community, 1/2 szám, July 2010, RoP-USAID Kabul, Afghanistan, p.1-6.
- SANDOR F. [2010]: The Gardener, Monthly newsletter for the agricultural community, 1/3 szám, August 2010, RoP-USAID Kabul, Afghanistan, p.1-10.
- SANDOR F. [2010]: The Gardener, Monthly newsletter for the agricultural community, 1/4 szám, September 2010, RoP-USAID Kabul, Afghanistan, p.1-8.
- SANDOR F. [2010]: The Gardener, Monthly newsletter for the agricultural community, 1/5 szám, October 2010, RoP-USAID Kabul, Afghanistan, p.1-6.
- SANDOR F. [2010]: The Gardener, Monthly newsletter for the agricultural community, 1/6 szám, November 2010, RoP-USAID Kabul, Afghanistan, p.1-10.
- SANDOR F. [2010]: The Gardener, Monthly newsletter for the agricultural community, 1/7 szám, December 2010, RoP-USAID Kabul, Afghanistan, p.1-10.

Idegen nyelvű teljes konferencia kiadvány

SANDOR F. [2009]: Humic substances effect on pomegranate nursery production, International Scientific Conference-Humic Substances In Ecosystems 8, ŠOPORŇA, Slovakia, 13 – 16. september 2009

Idegen nyelvű könyv

SANDOR F. [2008]: Soil testing, No. 2008-001-AFG, USAID-DAI-ROP megrendelésre, Jalalabad, Afghanistan (angol es pashtun nyelven)

SANDOR F. [2007]: Vegetative propagation techniques, No. 2007-003-AFG, USAID-DAI-ROP, Jalalabad, Afghanistan (angol es pashtun nyelven)

SANDOR F. [2008]: Fruit orchards, No. 2008-005-AFG, USAID-DAI-ROP, Jalalabad, Afghanistan (angol es pashtun nyelven)

SANDOR F. [2008]: Irrigation, No. 2008-002-AFG, USAID-DAI-ROP, Jalalabad, Afghanistan

SANDOR F. [2008]: Apple production, No. 2008-004-AFG, USAID-DAI-ROP, Jalalabad, Afghanistan (angol es pashtun nyelven)

Idegen nyelvű tudományos film

SANDOR F. (2005). Seed of Freedom (Good farming practices in prisons,) Penal reform International – Malawi, Lilongwe-Malawi, dokumentumfilm

SANDOR F. (2003). Compost production, Penal reform International – Malawi, Lilongwe-Malawi, dokumentumfilm