

Egy biotrágya és a fahamu lehetséges szerepének vizsgálata a növények tápanyagellátásában, tápoldatos kísérletben

Marozsán Marianna

NYÍRERDŐ Nyírségi Erdészeti Zrt., Debrecen
marozsanm@nyirerdo.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Kísérleteinkben egy baktériumtartalmú biotrágya és a fahamu néhány fiziológiai hatását vizsgáltuk. A modern mezőgazdasággal szemben támasztott legfontosabb elvárások egyike a felhasznált kemikáliák mennyiségének csökkentése. Erre a talaj mikrobiális életének serkentésén keresztül nyílnak lehetőségek. A mikroorganizmusok és a gyökerek szervesanyag kiválasztása kulcsfontosságú a tápelemek felvételében. A megújuló energiaforrások használatának egyik mellékterméke a fahamu. A mezőgazdasági használata során a legfőbb problémát a fahamu nehézfém-tartalma jelenti. A fahamu nehézfém-tartalma nehezen oldódik, ezért kísérleteink alapján nem látjuk akadályát a mezőgazdasági és a kertészeti felhasználásnak sem. A fahamu és a biotrágya az erdészeti és mezőgazdasági növények számára nélkülözhetetlen tápelemeket tartalmaz optimálshoz közeli koncentrációban.

Kulcsszavak: biotrágya, fahamu, talaj pH, gyökér savkiválasztása

SUMMARY

Some physiological effects of bacteria containing fertilizer and some wood ash were examined in the experiments. The minimization of the use of chemicals in agriculture has been an ongoing challenge. One option lies in the intensification of soil life. The release of organic matters by the roots and bacteria play a significant role in the uptake of minerals. The main problem to utilize wood ash in agriculture is its heavy metal contents. The solubility of heavy metals is very low, therefore there is no risk to use the wood ash in the agriculture and in the horticulture according to our experiments. The wood ash and biofertilizer contains several micronutrients in an optimum composition for forestry and agricultural plants.

Keywords: bacteria containing biofertilizer, wood ash, pH of soil, root acid selection

1. BEVEZETÉS

A társadalom jólétének, életminőségének javítása hosszú távon csak akkor biztosítható, ha a társadalmi és gazdasági fejlődés a természeti erőforrásaink védelmével, fenntartható használatával, a megfelelő környezeti minőség elérésével szerves egységben valósul meg. A megvalósítás fontos eleme lehet a fenntartható mezőgazdaság, amely a környezeti adottságoknak megfelelő eszközöket és anyagokat használja fel a környezet és a természet védelme mellett oly módon, hogy az a gazdálkodó számára profit orientált legyen. A baktériumtartalmú biotrágyák és a fahamu környezetkímélő tápanyag-

utánpótlási lehetőségként való alkalmazása egyszerre kíván megfelelni ezeknek a követelményeknek. Elősegítik a növények tápanyagfelvételét, egyrészt fokozzák a tápanyagok feltáródását, mobilizálását, másrészt közvetlenül is növelik a tápanyagfelvételt.

A cél túlmutat a mezőgazdasági termelésen, az általános környezetvédelmi elvárások is szigorodnak a mezőgazdasággal szemben. A növénytermesztés eredményességét a termelési környezet határozza meg.

A klimatikus tényezők közül a vízellátást szabályozni tudjuk az öntözéssel.

A növények számos tápanyagot igényelnek a normális növekedéshez. Ezeket a tápanyagokat a talajból veszik fel. A kiemelkedő terméseredmények eléréséhez magas szintű tápanyagellátást kell biztosítanunk. Ezt napjainkban szinte kizárólag műtrágyázással tudjuk megoldani.

A fokozott műtrágyázás és a nagyobb terméseredmények számos kérdést és számos ellentmondást vetnek fel. Az egyik leglényegesebb ellentmondás a terméseredmények, a nyersanyag minősége és az ipari feldolgozhatóság között van. További ellentmondás az, hogy miközben ezek a tápelemek nélkülözhetetlenek a levelek, a raktározó szövetek felépítésében, mennyiségük jövedelmezőséget limitáló tényező az ipari feldolgozás során. A tápanyagok ugyanakkor közvetlen hatással vannak a felhalmozott szervesanyag mennyiségére is, ezáltal meghatározzák az elérhető termés mennyiségét, végső soron a jövedelmezőséget.

Napjaink mezőgazdaságával szemben támasztott legfontosabb igény tehát a felhasznált kemikáliák mennyiségének csökkentése. A fenntartható mezőgazdaság egyik alapvető célkitűzése is éppen az, hogy a felhasznált szerek minimalizálásával szinten lehessen tartani a mezőgazdasági termelést, a minőség egyidejű megőrzésével, vagy javításával.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A mikroorganizmusok szerepe a növények tápanyagellátásában

A gyökerek által kiválasztott szerves anyagok nem csupán szervesanyag forrást jelentenek a mikroorganizmusok számára, hanem sajátos jeleknek is felfoghatók. Számos esetben a flavonoidok a gyökér exudátumok aktív komponensei. A luteolin már 10^{-9} M koncentrációban kémiai ingert jelent a rizóbium kemotaxisában (Bauer és Caetano-Anolles, 1990). Más kutatók kimutatták, hogy a flavonoidok

egyes csoportjai gátolják a patogén gombák megtelepedését a gyökerek közelében (Hartwig et al., 1991). Bizonyos baktériumok közvetlenül serkentik a növények növekedését és fokozzák a termést, míg más mikroorganizmusok indirekt módon hatnak. A mezőgazdasági gyakorlat már használ néhányat a kedvező hatású baktériumok közül, mint mikrobiális talaj inokulátumokat (Okon, 1985).

A mikroorganizmusok számos csoportja, ide sorolva az *Arthrobacter*, a *Bacillus*, *Enterobacter*, *Serratia* és *Pseudomonas* fajokat, közvetlenül hatnak a szója (*Glycine max* L.) növekedésére (Klopper et al., 1992). Ugyanakkor a burgonya és a cukorrépa rizoszférájából izolált mikroorganizmus populációknak csupán az 1-4%-a hatott kedvezően a növekedésre (Suslow et al., 1979). Ezek közül a legtöbb a *Pseudomonas* fajokhoz tartozott. Kedvező hatásuk oka, hogy szervesanyagot, többnyire szerves anionokat, növekedésszabályozókat és antibiotikumokat termelnek (Schippers et al., 1987).

A mikroorganizmusok elősegítik a növények tápanyagfelvételét is. Ez két alapvető hatásra vezethető vissza: 1. fokozzák a tápanyagok feltáródását, mobilitását, 2. közvetlenül is fokozzák a tápanyagfelvételt. Korai kutatások eredményeként tisztázódott (Gerretsen, 1948; Katznelson és Bose, 1959), hogy az inokulált baktériumok elősegítették a foszfor felvehetőségét, a szerves foszfátok mineralizációját fokozták, az oldhatatlan foszfátot oldhatóvá tették. A talaj inokulálása *Azospirillum brasiliense*-vel a búza, a cirok és a kukorica esetében jelentősen növelte a nitrogén, a kálium és a foszfor felvételét (Morgenstein és Okon, 1987). A búza talaját inokulálva *Azospirillum*-mal, azt tapasztalták, hogy a gyökér csúcs mögötti része intenzívebben fejlődött, megnőtt a gyökérszőrök felülete, ami a tápanyagok fokozott felvételéhez vezetett (Okon et al., 1988). Más kísérletében azt tapasztalták, hogy a *Pseudomonas putida* törzsével inokulált talajon fokozódott a ^{32}P felvétele, és szignifikánsan emelkedett a gyökér és a hajtás ^{32}P tartalma is (Lifshitz et al., 1987).

2.2. Az alacsony pH szerepe

A talaj vagy a táptalaj pH-ja meghatározza a növény növekedését a tápanyagok hozzáférhetőségén és a mikroorganizmusok aktivitására gyakorolt hatásán keresztül. A karbonátok, foszfátok és szulfátok oldékonysága a pH csökkenésével nő. Az alacsony pH kedvező a K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , Cu^{2+} , és Mn^{2+} felvehetőségére is. A foszfor és szulfát, valamint az alapvető kationok fokozott hozzáférhetősége általában pozitívan hat a termés mennyiségére is. Ugyanakkor ez a fokozott oldékonyság a talaj tápanyagban való elszegényedéséhez vezet csapadékos időjárás, vagy humid klíma esetén. Ekkor ugyanis a könnyen oldódó tápanyagokat a csapadék kimossa a termőrétegből. Ez a helyzet a savanyodásra hajlamos, vagy savanyú mezőgazdasági területeken is, ahol öntözéssel termesztés folyik. Az alacsony pH mellett nő a nehéz fémek oldékonysága is, ami számos

növényre toxikus. Azt tapasztalták, hogy az Al, a Mn, a Cd, a Ni, de a Cr és a Pb fokozottan hozzáférhető a savas talajokon, ami humán- és állategészségügyi szempontból is káros (Wolf, 1999).

A gyökerek által indukált talaj pH-változásban a leglényegesebb tényező az anion/kation felvétel aránya és ennek megfelelően a H^+ , HCO_3^- , vagy OH^- és a szerves savak kiválasztása. A szerves savakat a talaj mikroorganizmusai is termelhetik, aktivitásukat a gyökerek által kiválasztott szerves anyagok és a talajban termelődő CO_2 stimulálják. Ugyanakkor a jól szellőzött talajokon a talaj eredeti CO_2 -nek a talaj pH-jára gyakorolt szerepe elhanyagolható, ugyanis a CO_2 gyorsan diffundál a talajból (Nye, 1986). Nem hanyagolható el a talajok puffer kapacitása sem. Megállapították, hogy ez a talaj eredeti pH-jától és a szerves anyag tartalomtól függ elsősorban. A talaj legalacsonyabb puffer kapacitását akkor tapasztalták, amikor a talaj eredeti pH-ja 6,0 volt. Az eredeti pH növekedésével és csökkenésével a talaj puffer kapacitása is nőtt (Schaller és Fischer, 1985; Nye, 1986).

A talaj pH-ját befolyásolja az emberi tevékenység is. Az alkalmazott műtrágyák a kation/anion felvételi arányon keresztül hatnak a talaj pH-ra. Az egyik legjelentősebb hatást a rizoszféra pH-jára nitrogén műtrágyák fejtik ki, az éves (Marschner és Römheld, 1983) és az évelő fajok esetében is. A nitrát nitrogén alkalmazása magasabb nettó HCO_3^- kiválasztással, illetve kisebb H^+ felhasználással jár, mint amilyen a H^+ kiválasztás mértéke, míg ammónium nitrogén alkalmazásakor a helyzet fordított. Semleges, vagy bázikus talajokon a rizoszféra savasodása az ammónium nitrogén alkalmazásakor növeli a gyengén oldható kalcium-foszfátok mobilitását, és ezért kedvez a növények foszfát (Gahoonia et al., 1992) és a mikroelemek, a bór, a vas, a mangán és cink felvételének (Reynolds et al., 1987). Savanyú talajokon a nitrát alkalmazása növeli a pH-t. Ez ugyancsak kedvez a foszfát felvételének, ugyanis a kiválasztott HCO_3^- lecseréli a vashoz és az alumínium oxidokhoz kötött foszfátot (Gahoonia et al., 1992). Szoros összefüggést találtak a savanyú talajokon található foszforhiányos gyepek esetében a foszforban elszegényedett rizoszféra és a rizoszféra pH-jának emelkedése között (Armstrong és Helyar, 1992). Feltűnő különbségek mérhetők az eltérő növényfajok rizoszféra pH-jában nitrát nitrogén adagolásakor. A hajdinát (Raij és van Diest, 1979) és a borsót (Marschner és Römheld, 1983) vizsgálva nagyon alacsony rizoszféra pH-t találtak a búzához és a kukoricához viszonyítva. Feltételezik, hogy ezek a genotípusos különbségek a kation/anion felvétel eltérő arányából adódnak (Bekele et al., 1983).

2.3. A fahamu

A fahamu felhasználásának kezdete az elmúlt századokra nyúlik vissza. A szappankészítés egyik legáltalánosabb adalékanyaga volt hosszú időn keresztül. A 19. századtól rendszeresen használták Észak-Európa állattartó régióiban, a legelők mielőbbi használatba vételére. Ezekben az országokban a

hosszú tél miatt nagyon lassan olvadt el a hó a legeltetésre szánt területeken, ezért feltehetően még régebbre visszanyúló népi tapasztalat alapján, a télen összegyűjtött fahamut kiszórták a területre. A fahamu hatására a hó gyorsabban és folyamatosan olvadt el. Ezzel elkerülték a területek vízborítását – ami a gyors olvadás következménye –, miközben jelentős mennyiségű tápanyagot is juttattak a legelőre. Göke (1998) kísérleteiben kimutatta, hogy a fahamuval kezelt hó fény(energia) visszaverő képessége (albedo) 53%-kal csökkent, míg hóréteg vékonyodása 195%-os volt a kezeletlen felületekhez viszonyítva.

A komposzt kezelésének általánosan alkalmazott módja a meszezés. Ezzel az eljárással a komposzt pH-ját, ezzel együtt a mikrobiális életet szabályozni lehet. A fahamu alkalmazása előnyösebbnek mutatkozott (Rodale, 2003). Gyorsabban hatott, mint a fahamu, mert jelentősen fokozta a komposztálандó szerves anyagokban a mikrobiális életet, többek között azzal, hogy számos tápelemet biztosított a mikrobák számára. A kemény fák utáni fahamu hatása jobb volt, ez ugyanis több káliumot tartalmazott, mint a puhafa hamuja.

A fahamu mezőgazdasági alkalmazása elmarad az erdészeti alkalmazástól, igaz az erdészeti alkalmazás sem általános. Terjedését elősegíti a tűzifára alapozott erdőművek terjedése, vagy a hagyományos tüzelőanyagról való átállásuk a fatüzelésre, valamint az, hogy a nagy mennyiségű fa kitermelésével a fában – sokszor több évtized alatt – felhalmozott tápanyagok visszajuttatása a kitermelés területére a talaj termékenységét, minőségét megőrző tényezővé vált. Az intenzív erdőművelésnél a talajok tápanyaggal való feltöltésének legegyszerűbb és költségtakarékos módja a fahamu visszaszállítása és kijuttatása a kérdéses területre.

A fahamu kijuttatásával a talajok savanyodása megállítható, ugyanakkor a növények számára létfontosságú makro- és mikroelemek kedvező hatása a termésgyarapodásban mérhető.

A mezőgazdasági célú felhasználások is az előbbi két célt szolgálják. A kísérletekben a fahamuval kezelt területek jobb eredményt adtak. Ennek okát a fahamu komplexebb összetételében látják. A tradicionális meszezés során, a kalciumon kívül elenyésző mennyiségű egyéb tápelem jut a talajba, míg a fahamu számos fénoxidot tartalmaz, ráadásul megközelítően a növény igényeinek megfelelő arányban. A fahamu hatása, a talaj pH-ja sokkal gyorsabban emelkedett, mint meszezésnél, és a termés is magasabb volt, köszönhetően a fahamuban található számos tápelemnek. A fahamu kedvező hatása hosszabb ideig tartott, mint a hagyományos meszező anyagoké. Egy 1970-ben kezdett és 1993-ban befejezett meszezési kísérletben az árpa termés szignifikáns emelkedését tapasztalták. A fahamu hatása több tekintetben kedvezőbbnek mutatkozott (Lickacz, 2002).

A talaj termőképességét a fahamu több kísérletben fokozta. A savanyú talajok esetében ez a hatás kifejezett volt. A savas talajok kezelése fahamuval fokozta a foszfor felvehetőségét.

6 pH alatti talajoknál ugyanis a vas és az alumínium csökkenti a foszfor felvehetőségét. A fahamu, vagy a mész túladagolása hasonló hatású. 7 pH felett nehezen oldódó kalcium- és magnézium-foszfátok keletkeznek, ami a növények mérsékelt növekedését okozza. Kísérletekkel igazolták, hogy fahamu használva meszező anyagként a tradicionális mész helyett, a foszfor hozzáférhetősége és felvétele fokozódott, ezzel párhuzamosan a termés mennyisége is nőtt (Lickacz, 2002).

A fahamu hatását vizsgálták a savanyú talajon termesztett repce olaj, fehérje, klorofill és glukozinolat mennyiségére. Azt tapasztalták, hogy a vizsgált paraméterekre a fahamu kedvezően hatott, a magvak olajtartalma jelentősen nőtt. A kísérleti területen korábban erdőművelés folyt, ezért a talaj pH 6, vagy az alatti volt. A kísérlet két évig tartott Kanada Alberta tartományában, ahol a fahamu visszajuttatása az erdőművelésű talajokra, a minőség megőrzésének egyik módja, azért is, mert csak ebben a tartományban 180.000 tonna fahamu képződik évente (Patterson et al., 2004).

A fahamu egyik fontos komponense a kén. A Patterson et al. (2004) által végzett kísérletekben a fahamu 1,7% SO_4 -et tartalmazott. Szoros összefüggést mutattak ki a magvak olajtartalma és a növények kén ellátottsága között. Nuttal et al. (1987) szerint már 25 kg/ha kén az olajtartalom 5-6%-os növekedését eredményezi.

A fahamu mezőgazdasági alkalmazásának egyik gátja a fahamu nehézfém tartalma lehet. Az egyik legveszélyesebb elem a kadmium. A kadmium a talajainkban természetes körülmények között is jelen van (Grant et al., 1998). A kadmium nem szükséges a növények növekedéséhez, de felhalmozódhat, akár olyan mértékben is, hogy akár toxikózishoz is vezethet, pl. az ilyen takarmányt fogyasztó állatoknál. A WHO javaslata alapján a fogyasztásra szánt repceolaj kadmium tartalma $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$ lehet a nemzetközi kereskedelemben (Grant et al., 1998). Az olajrepce kísérletekben, 25 t/ha fahamu alkalmazása mellett az olaj kadmium tartalma $0,08 \text{ mg kg}^{-1}$, míg számos esetben a kadmium mennyisége az alkalmazott műszerek mérési érzékenysége alatti volt (Patterson et al., 2004).

Bár a fahamuval jelentős mennyiségű tápanyagot vonunk ki a talajból, sőt egyes vélemények szerint kifejezetten kizsaroljuk a területet (Vesterinen, 2003), a fahamu alkalmazásával, mint meszező anyag, és úgy is, mint tápanyag körültekintően kell bánni. Ennek oka a fahamu nehézfém tartalma. Ez nem kismértékben függ az alapanyag (fa) termőhelyi adottságaitól. Az erdészeti kultúráknál nincs közvetlen és közvetett káros hatás, az erdei aljnövényzetben, gombákban sem mértek magasabb nehézfém tartalmat a fahamuval kezelt területeken (Vesterinen, 2003).

Több kutató a fahamu visszajuttatását a termőterületekre egy természeti ciklus részeként tekinti, és kellő körültekintéssel javasolja az erdészeti és a mezőgazdasági kultúrákban egyaránt (Taipale, 1996).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

A növényeket a Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma (DE AMTC) Növénytudományi Tanszék növényélettani laboratóriumának klímazobájában neveltem. A minták vételére is itt került sor. A minták és a fahamu kémiai analízisét a DE AMTC Műszerközpontja végezte, az egyéb méréseket a tanszéken végeztem.

Kísérleti növényként kukoricát (*Zea mays* L. cv. Norma sc), illetve uborkát (*Cucumis sativus* L. cv. Rajnai fürtös) használtunk (1. kép). A magvakat nedves szűrőpapír között csíráztattuk úgy, hogy a csíranövények polaritása természetes legyen. Így egyenes növekedésű hypokotilt és gyökereket kaptunk, ami a további kezeléseket és méréseket megkönnyítette. A csíráztató termosztát hőmérséklete 22 °C volt. A 4 cm-es hipokotilú csíranövényeket tápoldatra helyeztük. Két lombleveles kortól a növényeket egyedileg neveltük. A növények neveléséhez az alábbi összetételű tápoldatot használtuk: 2,0 mM Ca(NO₃)₂, 0,7 mM K₂SO₄, 0,5 mM MgSO₄, 0,1 mM KH₂PO₄, 0,1 mM KCl, 10 μM H₃BO₃, 1 μM MnSO₄, 1 μM ZnSO₄, 0,2 μM CuSO₄, 0,01 μM(NH₄)₆ MO₇O₂₄. A tápoldat hidrokarbonát (NaHCO₃) koncentrációja 10 mM volt. A növények a vasat 10⁻⁴ M FeEDTA formában kapták. A környezeti feltételek szabályozottak voltak: a fényintenzitás 220 μEm⁻²s⁻¹, a hőmérséklet periodicitása 25/20 °C (nappal/éjjel), a relatív páratartalom (RH) 65-75%, a megvilágítás/sötét periódus 16 óra/8 óra volt.

1. kép: A kísérleti növények előnevelése tápoldaton



Picture 1: The seedlings grown on nutrient solution

3.1. Alkalmazott kezelések

3.1.1. A biotrágya: Phylazonit MC[®]

Az alkalmazott biotrágya a Phylazonit MC[®] volt. A Phylazonit MC[®], egy többhasznú, baktériumtartalmú biotrágya, amely viszkózus folyadék, a szerves és szervetlen összetevők mellett

két baktériumot, az *Azotobacter chroococcumot* (1-2×10⁹ db/cm³) és a *Bacillus megatheriumot* (1-2×10⁸ db/cm³) tartalmaz.

A szabadalmi leírások szerint eddig három lényeges alkalmazási területe van:

- a talaj nitrogéntartamának gazdagítása és foszfor felvehetőségének javítása,
- a nagy rosttartalmú tarlómaradványok mineralizációjának gyorsítása,
- a talajélet serkentése.

A Phylazonit MC[®]-t a Magyar Találmányi Hivatal HU 207 751 A és HU 213 163 B számok alatt jegyezte be. A forgalomba helyezési és felhasználási engedélyt az FVM Környezetvédelmi és Agrárkörnyezetgazdálkodási Főosztálya 45289/1999. számú okiratában adta meg. A biotrágya környezet-, illetve természetvédelmi alkalmazásának lehetőségére világít rá a Biokultúra egyesület 6/1999. sz. tanúsványja, mely szerint a Phylazonit MC[®] a biogazdálkodásban ajánlott termék. Magyarországon, az Eastern Sugar Rt. érdekeltségi körébe tartozó termelőknél az alkalmazandó cukorrépa termesztési technológia részévé tették. A Svéd Mezőgazdasági Minisztérium 20 5135/98 számú határozatával engedélyezte a Phylazonit MC[®] svédországi forgalomba hozatalát. 2004-ben már a Vajdaságban is több ezer hektárt kezeltek a szerrel, valamint az Ukrán Mezőgazdasági Minisztérium előrejelzése szerint is több tízezer hektáron mérlegelik a szer alkalmazását.

3.1.2. A fahamu

Kísérleteinkben a NYÍRERDŐ Nyírségi Erdészeti Zrt. Nyírbátori Fafeldolgozó Üzeméből származó akácfa hamuját használtuk. A fahamut a tápoldathoz változatlan formában adtuk.

3.2. Alkalmazott módszerek

3.2.1. Az akácfa elemtartalmának meghatározása

A minták elemtartalmának meghatározását a DE AMTC Műszerközpontjában, OPTIMA 3300DV ICP-OES (Perkin-Elmer) típusú spektrofotométerrel végeztük.

A vizsgálatainkban a háttér mérés helyéül általában kétpontos, kevés esetben 1-pontos háttérkorrekciót alkalmaztunk. A kalibrációs pontokra általában nemlineáris, kevés esetben lineáris kalibrációs egyenletet illesztettünk.

3.2.2. A növények szárazanyag-tartalmának meghatározása

A növényi részek aktuális szárazanyag-tartalmát termogravimetriás módszerrel határoztam meg. Az uborka és kukorica növények hajtását és gyökerét külön választva, négyszeres ismétlésben előre felmelegített 85 °C-os szárítószekrénybe helyeztem 48 h-ra. A súlymérésekhez Ohaus (Svájc) típusú analitikai mérleget használtam.

3.2.3. *A levelek fotoszintetikus pigment-tartalmának meghatározása*

Mértem a levelek relatív klorofiltartalmát, SPAD-502 (MINOLTA, Japán) klorofill mérővel. Méréseinkben SPAD-egységek szerepelnek.

3.2.4. *A tápoldat pH-jának meghatározása*

A tápoldat pH-jának változásait OPTIMA 200A (USA) készülékkel mértem. A méréseket a tápoldat cserélésekor végeztem. Mértük a friss és a lecserélt

tápoldat pH-ját, így megkaptam a kezelt, illetve a kezeletlen növények gyökereinek két napra vonatkoztatott pH módosító hatását.

4. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK

4.1. A fahamu elemtartalma

A hamu elemtartalmának a meghatározását spektrofotometriásan végeztük. A vizsgálati eredményeket az 1. táblázat mutatja.

1. táblázat

Néhány elem koncentrációja az akácfa hamujában

elemkoncentráció a fahamuban (mg kg ⁻¹)(1)											
	Al	Ca	Cd	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Pb	Zn	P
	4018	343070	3,3	97,7	4235	19378	11870	40,76	30,38	96,61	34042
	±150	±7725	±0,07	±2,9	±217	±527	±411	±1,2	0,97	2,87	±4750

Table 1: The contents of different elements in wood ash
Contents of some elements in wood ash in mg kg⁻¹(1)

A fahamu elemtartalma magas, a növények számára fontos makro- és mikroelemekből jelentős mennyiséget tartalmaz. A minta alumínium-, nikkell- és krómtartalma alacsony. Ezen elemek előfordulása a hamuban az eredeti növényállomány termőhelyi adottságaival van összefüggésben. A magyarországi talajok Al-tartalmú földpátok, így az alumínium jelenléte a mintában természetes. A króm viszonylag csekély mennyiségben fordul elő. Humánéletteni szempontból a króm jelentősége nem elhanyagolható, kedvező hatása miatt esetenként táplálék-kiegészítőként is alkalmazzák. A nikkelt mért mennyisége kifejezetten az elégetett fa eredeti termőhely talaj-tulajdonságaival van összefüggésben.

A többi elem fiziológiai jelentőségére jelen vizsgálat nem tér ki, viszont megállapítja, hogy valamennyi elem a növények számára létfontosságú. A mért elemkoncentrációk a növények számára kedvezőek, megközelítőleg optimális arányt mutatnak abból adódóan, hogy ezeket a koncentrációkat növényi hamuban mértük.

4.2. Kukoricával végzett kísérlet eredményei

4.2.1. *A Phylazonit MC[®] és a fahamu hatása a kukorica szervesanyag-felhalmozására*

Vizsgáltuk a fahamu hatását a kukorica hajtás- és gyökérnövekedésére. Azt tapasztaltuk, hogy az 1 g/L koncentrációban adott fahamu csökkentette mindkét vizsgált növényrész száraztömegét. A hajtások esetében a gátlás mértéke 35% volt, míg a gyökerek esetében lényeges különbségeket nem tapasztaltunk. A fahamuval kijuttatott Phylazonit-kezelés csökkentette a fahamu hajtásra gyakorolt gátló hatását 10%-kal. Feltételezzük, hogy a gátló hatás mögött a fahamu magas ionkoncentrációja és a tápoldat pH-jára gyakorolt hatása van. A Phylazonit kedvező hatását azzal magyarázhatjuk,

hogy a baktérium komponensei révén aktívan bekapcsolódik a tápoldat-növény-tápanyagfelvétel kapcsolatrendszerbe. A baktériumok által kiválasztott szerves savak kötik a kationokat, így azok felvehetősége csökken, mérséklődik az általuk kifejtett stressz-hatás is. Kísérleti eredményeinket a 2. táblázatban foglaltuk össze.

2. táblázat

A különböző kezelések hatása a kukorica szárazanyag tömegére

Kukorica szárazanyag tömege (g)(1)		
Kezelés(2)	Hajtás(3)	Gyökér(4)
Kontroll(5)	4,0277	1,2663
Phylazonit(6)	4,5947	1,1932
1 g/l fahamu(7)	2,6168	1,2270
1 g/l fahamu+ Phylazonit(8)	3,0174	1,2412

Table 2: Effects of different treatment on dry matter accumulation of shoot and root of maize

Dry matter accumulation of maize(1), Treatments(2), Shoot(3), Root(4), Control(5), Phylazonit(6), 1g L⁻¹ Wood ash(7), 1g L⁻¹ Wood ash + Phylazonit(8)

A csak fahamus kezelést kapott növények csökkent növekedése mögött komplex anyagcserezavarok feltételezhetők. A levelek sávos klorózisra utalhat tápanyaghiányra és toxikózisra is (2. kép). Esetünkben okkal tételezzük fel a toxikózist, ugyanis a tápoldat valamennyi tápelemet optimális koncentrációban tartalmazza. A fahamu kiegészítés egyes tápanyagok mennyiségét szupraoptimálisra emelte, ami károsan hatott.

A kezelések hatására morfológiai változások is bekövetkeztek. Ez a gyökérzet esetében volt a legkifejezettebb. A fahamu és a Phylazonit együttes adagolása láthatóan befolyásolta a kukorica gyökérszerkezetét (3. kép).

2. kép: Különböző kezelések hatása a kukorica hajtásnövekedésére

(1: kontroll, 2: 1 ml/L Phylazonit, 3: 1 g/L fahamu, 4: 1 g/L fahamu + 1ml/L Phylazonit)



Picture 2: Effects of wood ash and biofertilizer on growth of shoot of the maize (1: control, 2: 1 mL⁻¹ Phylazonit, 3: 1 gL⁻¹ woodash, 4: 1 gL⁻¹ woodash + 1mL⁻¹ Phylazonit)

3. kép: A fahamu és a biotrágya hatása a kukorica gyökérnövekedésére

(4: 1 g/L fahamu, 6: 1 g/L fahamu + 1ml/L Phylazonit)



Picture 3: Effects of wood ash and biofertilizer on growth of root of the maize (4: 1 gL⁻¹ woodash, 6: 1 gL⁻¹ woodash + 1mL⁻¹ Phylazonit)

A mellégyökerek csúcs közeli régióiban az oldalgökerek differenciálódása intenzívebb lett. A morfológiai változások oka kevésbé ismert, de feltételezzük, hogy a változások kapcsolatba hozhatók a Phylazonit kedvező hatásával. A képeken is jól látható, hogy a Phylazonit kezelés hatására az oldalgökerek száma és hossza jelentősen növekedett, a lényegesen több oldalgökér differenciálódott, ami a felszívó felületet növelte. A Phylazonit kedvező hatása feltehetően ezzel a morfológiai hatással hozható összefüggésbe. A 11 napos növényeken a különbség kifejezett, de már jóval korábban, a növények 6 napos korában is észlelhetők különbségek.

4.2.2. A Phylazonit MC[®] és a fahamu hatása a tápoldat pH-jára

A kezelés második napjára a pH jelentősen csökkent. A jelentős pH csökkenés a gyökerek savtermelésével magyarázható. A magas tápoldat, de a magas talaj pH is fokozott savkiválasztásra készteti a gyökereket. A kiválasztott savak szerves savak, többségükben citromsav és almasav. A savkiválasztás mértéke a környezeti tényezők függvénye, a talaj/tápoldat lúgosodásával fokozódik. A fahamu által okozott mérsékeltbb szárazanyag-felhalmozás mögött ez a savkiválasztás is meghúzódhat, ugyanis a kiválasztott szerves savak fotoszintetikus eredetűek, az asszimiláta transzporttal jutnak a gyökerekbe. Kiválasztásuk a környezetbe tömegvesztéssel jár. Hasonló hatású a gyökerek protonkiválasztása is, ugyanis a nagy ATP igény a szervesanyagokat felhasználó gyökérlégzés során termelődik. A kísérlet azt is szemlélteti, hogy a kukorica gyökereinek jelentős szerepe van a rizoszféra pH-jának alakítására, amivel a tápanyagfelvételt, a talaj tápanyagkészletének mobilitását jelentősen javíthatja.

A fahamu a tápoldat pH-ját emelte. Ez a hatás a fahamuban található nagy mennyiségű kationnak köszönhető. A pH emelkedése általában nem kedvez a tápanyagfelvételnek, mert a legtöbb tápanyag felvehetősége enyhén savas, 6,0-6,5 pH mellett a legoptimálisabb. A tápoldat pH-jának kedvezőtlen alakulása is oka lehet a mérsékeltbb növekedésnek, amely mögött tápanyag-felvételi anomáliák húzódnak meg.

Mértük a tápoldat pH-ját a tápoldat elkészítéskor, ezt tekintettük a 0. napnak, valamint a kísérlet második napján, tápoldat csere előtt. A mérési eredményeket a 3. táblázat szemlélteti.

3. táblázat

A fahamu és a Phylazonit hatása a tápoldat pH-jára

	pH		
Kezelések(1)	0. nap(2)	2. nap(3)	4. nap(4)
Kontroll(5)	9,63±0,19	6,70±0,49	7,15±0,03
Phylazonit(6)	6,51±0,02	6,72±0,26	6,95±0,26
1 g/l fahamu(7)	11,07±0,29	8,74±0,55	13,09±0,09
1 g/l fahamu+ Phylazonit(8)	11,25±0,08	8,1±0,75	7,31±0,25

Table 3: Effects of wood ash and Phylazonit on pH of nutrient solution of maize seedlings

Treatments(1), 0. day(2), 2.day(3), 4. day(4), Control(5), Phylazonit(6), 1gL⁻¹ Wood ash(7), 1gL⁻¹ Wood ash + Phylazonit(8)

A fahamunak csak egy része oldódik a tápoldatban. Méréseink szerint 1 g fahamuból 0,25 g oldódik, míg a 75% oldódása lassú folyamat.

Talajban az oldódási folyamatok még jobban

lelassulnak, ezért a fahamu hatása elhúzódó, a kedvezőtlen hatások kevésbé, vagy egyáltalán nem jelentkeznek. Az irodalmi adatok arra utalnak, hogy különösen a toxikus nehézfémek oldódása lassú, kötődésük a talaj kolloidjaihoz erős.

4.2.3. A Phylazonit MC[®] és a fahamu hatása a relatív klorofiltartalomra

A levelek elemkoncentrációja hatással van a klorofill tartalomra is. A levelek klorofill tartalma és fotoszintetikus aktivitása között szoros összefüggés van. A levelek relatív klorofill tartalmának alakulását a különböző kezelések hatására a 4. táblázatban foglaltam össze.

4. táblázat

A kukorica leveleinek relatív klorofiltartalma
(Spad egységben)

Kezelések(2)	Klorofiltartalom(1)			
	5. nap(3)	7. nap(4)	9. nap(5)	11. nap(6)
1. Kontroll(7)	39,36 ±5,11	40,99 ±2,72	45,23 ±3,38	45,055 ±4,34
2. Phylazonit(8)	38,85 ±10,32	40,29 ±5,83	39,86 ±9,78	38,645 ±5,44
3. 1g/l fahamu(9)	34,12 ±5,03	34,79±4,5 1	33,63 ±5,09	38,21 ±4,29
4. 1g/l fahamu +Phylazonit(10)	36,68 ±6,71	37,3 ±6,03	33,8 ±5,09	32,155 ±5,44

Table 4: The relative chlorophyll contents of maize leaves
Chlorophyll contents(1), Treatments(2), 5. day(3), 7. day(4), 9. day(5), 11. day(6), Control(7), Phylazonit(8), 1gL⁻¹ Wood ash(9), 1gL⁻¹ Wood ash + Phylazonit(10)

Az eltérő időpontokban mért klorofiltartalom alátámasztja a vizuális megfigyeléseket. A kontroll és

4. kép: A Phylazonit hatása az uborka növénynövekedésére
(1: Kontroll, 4: 1 ml/L Phylazonit)



Picture 4: Effects of Phylazonit on growth of cucumber
(1: Control, 4: 1 mL⁻¹ Phylazonit)

a Phylazonittal kezelt növények klorofiltartalma a legmagasabb, a kísérlet 11. napjára eléri a maximumot. A fahamu kezelés hatására bekövetkezett sárgulás okaként a klorofilszintézis gátlása feltételezhető, míg a fahamu és a Phylazonit együttes kezelése a relatív klorofill tartalmat növelte. Feltételezzük, hogy a Phylazonit kedvező hatása többek között arra vezethető vissza, hogy mérsékli a fahamu által okozott gátlást.

A táblázat adatai szerint a fahamu-kezelés nem volt kifejezett hatással a klorofilszintézisre. A fiatal csíranövények esetében ez érthető, hiszen a klorofill szintézisére ebben a fejlődési szakaszban főként a korábban raktározott tápanyagok hatnak. Ebben az esetben is további vizsgálatok szükségesek.

4.3. Uborkával végzett kísérlet eredményei

4.3.1. A Phylazonit MC[®] és a fahamu hatása az uborka szervesanyag-felhalmozására

Az egy- és kétszikű növények tápanyagfelvétele több tápanyag esetében eltérő. A vas felvételénél az egyszikűek egy szerves vegyületet, a mugeinsav származék fitosziderofort választják ki, és a vas, de a cink is ehhez a szervesanyaghoz kötötten jut be a sejtbe. A kétszikűek adaptációs mechanizmusa több lépésből áll. Az egyik leglényegesebb elem, hogy protonkiválasztással csökkentik a talaj, illetve a tápközeg pH-ját, amivel a nehezen oldódó, és éppen ezért nem mobilis elemeket oldhatóvá és mobilissá teszik. Ezzel ezek a tápelemek felvehetőek lesznek. A felvétel a plazmalemmában lokalizált specifikus transzporter fehérjéken keresztül valósul meg.

Kísérleti növényként uborkát használtunk (4., 5. kép), és ugyanazokat a paramétereket vizsgáltuk, amelyeket a kukorica esetében.

5. kép: A fahamu és Phylazonit hatása az uborka növénynövekedésére
(3: 1 g/L fahamu, 6: 1 g/L fahamu+ 1 ml/L Phylazonit)



Picture 5: Effects of wood ash and Phylazonit on growth of cucumber (3: 1 gL⁻¹ Wood ash, 6: 1 gL⁻¹ Wood ash + 1 mL⁻¹ Phylazonit)

A kezelések hatása a szárazanyag-tartalomra kifejezett. A kontroll és a Phylazonit kezelés értékeihez viszonyítva jelentős szárazanyag-csökkenés figyelhető meg a fahamu kezelésnél. Ezt a csökkenést a Phylazonit mérsékelte ugyan, de az értékek jóval kontroll alattiak. A fahamu kedvezőtlen hatása a kétszikűek sajátos ionfelvételi mechanizmusával magyarázható. A kétszikűek, így az uborka is jelentős proton-kiválasztással segíti saját tápanyagfelvételét. A tápoldat lúgosító fahamu hatásának kompenzálásához fokozott proton-kiválasztás szükséges, ami leterheli a növény anyagcseréjét, jelentős veszteségeket okozva. A Phylazonit mérséklő hatása elmarad a kukoricánál tapasztalttól, aminek az oka a kétszikűek fokozottabb érzékenysége, különösen a tápoldat/talaj magas pH-jával szemben. A kísérlet eredményét az 5. táblázatban foglaltuk össze.

5. táblázat

A fahamu és a Phylazonit MC hatása az uborka növények szárazanyag tömegére

Uborka szárazanyag tömege (g)(1)		
Kezelés(2)	Hajtás(3)	Gyökér(4)
Kontroll(5)	8,581	1,728
Phylazonit(6)	7,9558	1,9616
1 g/l fahamu(7)	1,0083	0,3335
1 g/l fahamu+ Phylazonit(8)	1,9651	0,3802

Table 5: Effects of wood ash and Phylazonit MC[®] on dry matter accumulation of shoot and root of cucumber
Dry matter accumulation of cucumber(1), Treatments(2), Shoot(3), Root(4), Control(5), Phylazonit(6), 1gL⁻¹ Wood ash(7), 1gL⁻¹ Wood ash+Phylazonit(8)

4.3.2. A Phylazonit MC[®] és a fahamu hatása a tápoldat pH-jára

Az uborka gyökerek jelentős savkiválasztása miatt módosul a tápoldat pH-ja. Ez a módosító hatás kifejezettebb, mint a kukoricánál. A uborka tápoldatainak pH alakulását a 6. táblázat szemlélteti. A 0. nap a tápoldatcserével mért pH, míg a 2., a 4. és a 6. napon mért pH-k a lecsérés előtti tápoldat pH értékei. A tápoldaton tehát minden esetben 2 napig voltak a növények, a különbség az volt, hogy az idő előrehaladtával a növények és a gyökerek tömege fokozatosan nagyobb lett.

A táblázat adataiból kitűnik, hogy az uborka gyökerei kompenzálni tudták a fahamu hatását. Ugyanakkor azt is megállapíthatjuk, hogy a kontroll növények esetében a tápoldat pH-ja nem változott lényegesen két nap alatt. Ebben az esetben a gyökerek mintegy stabilizálták környezetük pH-ját. A magas kezdeti pH értékeket eredményező fahamu kezelésnél viszont a gyökerek jelentősen módosították a kiindulási pH-át, kontroll közeli értékeket produkálva. A gyökereknek ez az intenzív proton és szerves sav kiválasztása a szárazanyag terhére történt, amit a vonatkozó táblázat számai is jól szemléltetnek.

6. táblázat

A fahamu és a Phylazonit hatása a tápoldat pH-jára

Kezelések(1)	pH			
	0. nap(2)	2. nap(3)	4. nap(4)	6. nap(5)
Kontroll(6)	6,81 ±1,74	6,72 ±0,49	6,49 ±0,38	7,05 ±0,13
Phylazonit(7)	7,64 ±2,50	6,92 ±0,21	6,88 ±0,04	7,16 ±0,37
1 g/l fahamu(8)	10,82 ±0,61	9,91 ±0,40	9,09 ±0,63	9,09 ±0,28
1 g/l fahamu+ Phylazonit(9)	10,76 ±0,64	9,73 ±0,18	8,72 ±0,33	8,26 ±0,32

Table 6: Effects of wood ash and Phylazonit on pH of nutrient solution of cucumber seedlings
Treatments(1), 0. day(2), 2. day(3), 4. day(4), 6. day(5), Control(6), Phylazonit(7), 1gL⁻¹ Wood ash(8), 1gL⁻¹ Wood ash + Phylazonit(9)

4.3.3. A Phylazonit MC[®] és a fahamu hatása a relatív klorofiltartalomra

A csökkent növekedés az uborkánál is komplex okokra vezethető vissza. Itt is a relatív klorofiltartalmat mértük, amely jó mutatója a növény fiziológiai állapotának. A klorofill méréseink adatait a 7. táblázat szemlélteti.

7. táblázat

Különböző kezelések hatása az uborka leveleinek relatív klorofiltartalmára (Spad egységben)

Klorofiltartalom(1)				
Kezelések(2)	10. nap(3)	22. nap(4)	24. nap(5)	27. nap(6)
Kontroll(7)	47,80±5,07	50,33±5,22	49,60±1,19	49,70±2,29
Phylazonit(8)	45,23±1,36	46,15±2,84	45,20±2,25	45,63±2,27
1g/l fahamu(9)	36,65±2,22	33,53±3,21	28,60±5,43	17,18±7,87
1g/l fahamu +Phylazonit(10)	32,6±6,65	32,63±8,51	25,90±9,94	17,5±11,96

Table 7: The relative chlorophyll contents of cucumber
Chlorophyll contents(1), Treatments(2), 10. day(3), 22. day(4), 24. day(5), 27. day(6), Control(7), Phylazonit(8), 1gL⁻¹ Wood ash(9), 1gL⁻¹ Wood ash + Phylazonit(10)

A relatív klorofiltartalom a kontroll és a Phylazonit kezelések esetében viszonylagosan magas volt. Ezen kezelések hatására növekedést tapasztaltunk az idő függvényében, ami nem mondható el a fahamu kezelés esetén. A táblázat adatai szerint a fahamu-kezelés ebben az esetben sem volt kifejezett hatással a klorofilszintézisre.

5. KÖVETKEZTETÉSEK

Kísérleti eredményként megállapíthatjuk, hogy a biotrágya-kezelés kedvezően hatott a növények főbb fiziológiai mutatóira. A relatív klorofiltartalom minden kezelésnél viszonylagosan magas volt. A baktérium tartalmú Phylazonit MC[®] kedvező hatása a

mikroorganizmus-tápanyag-növény kölcsönhatás eredménye.

Az ipari melléktermékként keletkezett fahamu a növények számára nélkülözhetetlen, létfontosságú elemeket tartalmaz jelentős koncentrációban. A mért elemek koncentrációja optimálishoz közelinek tekinthető. A fahamu jelentősége abban rejlik, hogy egy melléktermék újrahasznosításáról lehet szó, illetve, hogy a fahamu nem tekinthető klasszikus kemikáliának, természetes körülmények között is keletkezik. Ismert az erdőtüzek, vagy pusztatüzek után megújuló vegetáció intenzív növekedése, ami a keletkezett fahamu kedvező hatására is visszavezethető. Vizsgálataink alapján megállapíthatjuk, hogy a kezelések eltérően hatottak

az egy- és kétszikű növényekre. A hatás a kétszikűek esetében kedvezőbb volt, ami nem jelenti azt, hogy az alkalmazást az egyszikű növények esetében el kellene vetni. A fahamából készített vizes oldat pH-ja erősen lúgos. A talajt lúgosító hatása miatt a fahamu nem alkalmazható eredetileg is lúgos, vagy semleges pH-jú talajokon, viszont hatása igen kedvező lehet a savanyú talajoknál. Ez a kedvező hatás azt eredményezheti, hogy a savanyú talajokon nevelt növények nehézfém felvétele csökken, ami humán- és állatélvezési szempontból is jelentős. A fahamu alkalmas lehet az emberi tevékenység miatt savanyodó talajok természetes állapotának a helyreállítására, így környezetvédelmi szempontok is indokolják a további vizsgálatokat.

IRODALOM

- Armstrong, R. D.-Helyar, K. R. (1992): Changes in soil phosphate fractions in the rhizosphere of semi-arid pasture grasses. *Aust. J. Soil Res.* 30. 131-143.
- Bauer, W. D.-Caetano-Anolles, G. (1990): Chemotaxis, induced gene expression and competitiveness in the rhizosphere. *Plant Soil* 129. 45-52.
- Bekele, T.-Cino, B. J.-Ehlert, P. A. I.-van der Mass, A. A.-van Diest, A. (1983): An evaluation of plant borne factors promoting the solubilization of alkaline rock phosphates. *Plant Soil* 75. 361-378.
- Gahoonia, T. S.-Claassen, N.-Jungk, A. (1992): Mobilization of phosphate in different soils by ryegrass supplied with ammonium or nitrate. *Plant Soil* 140. 241-248.
- Gerretsen, F. C. (1948): The influence of microorganisms on the phosphate intake by the plant. *Plant Soil* 1. 51-81.
- Göke, C. (1998): Artificial blackening of snow influence on the melt velocity. Lulea University of Technology, Division of Water Resources Engineering. Report for a senior design project
- Grant, C. A.-Buckey, W. T.-Bailey, L. D.-Selles, F. (1998): Cadmium accumulation in crops. *Can. J. Plant Sci.* 73:1-17.
- Hartwig, U. A.-Joseph, C. M.-Phillips, D. A. (1991): Flavenoids released naturally from alfalfa seeds enhance growth rate of *Rhizobium meliloti*. *Plant Physiol.* 95:797-803.
- Katznelson, H.-Bose, B. (1959): Metabolic activity and phosphate dissolving capability of bacterial isolates from wheat roots, rhizosphere and non-rhizosphere soil. *Can. J. Microbiol.* 5. 79-85.
- Kloepper, J. W.-Rodriguez-Kabana, R.-McInroy, J. A.-Young, R. W. (1992): Rhizosphere bacteria antagonistic to soybean cyst (*Heterodera glycine*) and root-knot (*Meloidogyne incognita*) nematodes: identification by fatty acid analysis and frequency of biological control activity. *Plant Soil* 139:75-84.
- Lickacz, J. (2002): Wood Ash- an Agricultural Liming material for Agricultural Soils. in: Agri-facts, febr. 2002. Alberta/Canada
- Lifshitz, R.-Kloepper, J. W.-Kozlowski, M. (1987): Growth promotion of canola (rapeseed) seedling by a strain of *Pseudomonas putida* under gnotobiotic conditions. *Can. J. Microbiol.* 33. 390-395.
- Marschner, H.-Römheld, V. (1983): In vivo measurement of root-induced pH changes at the soil-root interface: Effect of plant species and nitrogen source. *Z. Pflanzenphysiol.* 111. 241-251.
- Morgenstein, E.-Okon, Y. (1987): Promotion of plant growth and NO_3^- and Rb^+ uptake in *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense* inoculated with *Azospirillum brasilense* Cd. *Arid Soil Res. Rehabil.* 1. 211-217.
- Nuttal, W. F.-Ukrainetz, H.-Szewart, J. W. B.-Spurr, D. T. (1987): The effect of nitrogen, sulphur, and boron on yield and quality of rapeseed (*Brassica napus* L. and *B. campestris* L.) *Can. J. Soil Sci.* 67: 545-559.
- Nye, P. H. (1986): Acid base changes in the rhizosphere. In: *Advances in Plant Nutrition* Vol. 2. (Ed. Tinker, B.-Läuchli, A.). Peager Scientific, New York, 129-153
- Okon, Y. (1985): *Azospirillum* as a potential inoculant as crop-yield enhancers. *CRC Crit. Rev. Biotechnol.* 6. 61-85.
- Okon, Y.-Fallik, S.-Yahalom, E.-Tal, S. (1988): Plant growth promoting effects of *Azospirillum*. In 'Nitrogen Fixation: Hundred Years After' (Eds.: Bothe, H.- de Bruijn, F. J.-Newton, E. E.) Fischer Verlag, Stuttgart, 741-746.
- Patterson, S. J.-Acharaja, S. N.-Bertschi, A. B.-Thomas, J. E. (2004): Application of Wood Ash to Acidic Boreal Soils and its Effect on Oilseed Quality of Canola. *Agr J.* 96: 1344-1348.
- Raij, B. van-van Diest, A. (1979): Utilization of phosphate from different sources by six plant species. *Plant Soil* 51. 577-589.
- Reynolds, S. B.-Scaife, A.-Turner, M. K. (1987): Effect of nitrogen form on boron uptake by cauliflower. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.* 18. 1143-1154.
- Rodale, J. I. (2003): Lime, Wood Ash and Rock Journey to Forever in Online Library, Pay Dirt, Part 2b. (http://journeytoforever.org/farm_library/paydirt_2b.html)
- Schaller, G.-Fischer, W. R. (1985): Kurzfristige pH-Pufferung von Böden. *Z. Pflanzenernährung Bodenk.* 148. 471-480.
- Schippers, B.-Baker, A. W.-Bakker, P. A. H. M. (1987): Interactions of deleterious and beneficial rhizosphere microorganisms and the effect of cropping practices. *Annu. Rev. Phytopathol.* 25. 339-358.
- Suslow, T. V.-Kloepper, J. W.-Schroth, M. N.-Thomas, J. B. (1979): Beneficial bacteria enhance plant growth. *Calif. Agric.* 33. 15-17.
- Taipale, R. (1996): Characteristics of solid fuels. M.Sc Thesis, University of Jyväskylä, Dept. of Chemistry, Lab. of applied chem. Jyväskylä, Finland.
- Vesterinen, P. (2003): Wood Ash Recycling. State of the Art in Finland and Sweden. Research Report (PRO2/6107/03)
- Wolf, B. (1999): The Fertile Triangle: The relationship of Air, Water, and Nutrients in Maximizing Soil Productivity. Food Products Press, an imprint of The Haworth Press Inc., 10 Alice Street, Binghampton, NY.