

**GÉRCEI ALGINIT ÖTÉVES
TARTAMHATÁSA SAVANYÚ
HOMOKTALAJ TERMÉKENYSÉGÉRE**

***EFFECT OF GÉRCE ALGINIT ON THE
FERTILITY OF AN ACIDIC SANDY SOIL
DURING FIVE YEARS***

**RAGÁLYI PÉTER, KÁDÁR IMRE†, CSATHÓ PÉTER,
MURÁNYI ATTILA, RADIMSZKY LÁSZLÓ,
GAJDÓ ANNA**

**MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
AGRÁRTUDOMÁNYI KUTATÓKÖZPONT,
MARTONVÁSÁR
ALGINIT KFT., BUDAPEST
2019**

File: Alginitkönyv-2012_2016

**GÉRCEI ALGINIT ÖTÉVES TARTAMHATÁSA
SAVANYÚ HOMOKTALAJ TERMÉKENYSÉGÉRE**

**¹Ragályi Péter, ¹Kádár Imre†, ¹Csathó Péter,
¹Murányi Attila, ¹Radimszky László,
²Gajdó Anna**

**¹MTA Agrártudományi Kutatóközpont, Martonvásár
²Alginit Kft., Budapest**

ISBN 978-963-8351-46-3

Lektorálta: Prof. Dr. Németh Tamás

Készült: IcePrint Kft., Fót

**EFFECT OF GÉRCE ALGINIT ON THE FERTILITY OF
AN ACIDIC SANDY SOIL DURING FIVE YEARS**

**¹Péter Ragályi, ¹Imre Kádár†, ¹Péter Csathó,
¹Attila Murányi, ¹László Radimszky,
²Anna Gajdó**

**¹Centre for Agricultural Research, Hungarian Academy of Sciences,
Martonvásár
²Alginit Ltd., Budapest**

ISBN 978-963-8351-46-3

Reviewed by: Prof. Dr. Tamás Németh

Printed by: IcePrint Ltd., Fót

Tartalomjegyzék

| | |
|---|-----------|
| Bevezetés és irodalmi áttekintés | 4 |
| Anyag és módszer | 7 |
| 1. <i>A felhasznált alginít jellemzése</i> | 7 |
| 2. <i>Növény és talaj mintavételezés</i> | 9 |
| 3. <i>Kémiai vizsgálatok</i> | 9 |
| 4. <i>Talajfizikai vizsgálatok</i> | 10 |
| 5. <i>Csapadékviszonyok</i> | 10 |
| Eredmények megvitatása | 11 |
| 1. <i>A N x alginít kezelések hatása a talaj vízgazdálkodási tulajdonságaira</i> | 11 |
| 2. <i>A N x alginít kezelések hatása a talaj egyes alaptulajdonságaira</i> | 11 |
| 3. <i>A N x alginít kezelések hatása a talaj szántott rétegének NH₄-acetát+EDTA oldható elemtartalmára</i> | 15 |
| 4. <i>A N x alginít kezelések hatása a tritikále termésére</i> | 17 |
| 5. <i>A N x alginít kezelések hatása a szalma és a szem elemtartalmára</i> | 24 |
| Összefoglalás | 28 |
| Irodalom | 29 |

EFFECT OF GÉRCE ALGINIT ON THE FERTILITY OF AN ACIDIC SANDY SOIL

Contents

| | |
|---|-----------|
| Introduction | 30 |
| Materials and Methods | 33 |
| 1. <i>Characterization of the applied alginít</i> | 33 |
| 2. <i>Plant and soil samplings</i> | 35 |
| 3. <i>Chemical analyses</i> | 35 |
| 4. <i>Soil physical analyses</i> | 36 |
| 5. <i>Precipitation</i> | 36 |
| Results and discussion | 37 |
| 1. <i>Effect of N x alginít treatments on some physical parameters of the soil</i> | 37 |
| 2. <i>Effect of N x alginít treatments on some chemical parameters of the soil</i> | 37 |
| 3. <i>Effect of N x alginít treatments on the NH₄-acetate+EDTA soluble element content of the soil in the ploughed layer</i> | 41 |
| 4. <i>Effect of N x alginít treatments on the yield of triticale</i> | 43 |
| 5. <i>Effect of N x alginít treatments on the element content of straw and grain</i> | 50 |
| Summary | 54 |
| References | 55 |

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Az alginít fosszilis/eltemetett és megkövesedett alga biomasszából és elmállott tufából 3-4 millió évvel ezelőtt keletkezett, nagy szerves anyag tartalmú olajpala kőzet. Ekkor a vulkanizmus elcsendesedése után krátertavak (tufagyűrűk, maarok) alakultak ki. A krátergyűrűk zárt medencéibe beszivárgott a felső pannon beltenger vize. A krátertő alacsony sótartalmú meleg, tápanyagdús vizeiben zöldalgák (*Botryococcus brauni*) és már növényi/állati szervezetek tömeges elszaporodása következett be eutrofizációt okozva. Az anaerob közegben elhalva, a tófenéken szapropel iszapként halmozódtak fel (SOLTI 1999).

Az alginít név a biomassza alga eredetére utal. Az alginít kőzetből 64 elemet mutattak ki, melyek döntően a 3-as rétegszilikátokban szervetlen kötésben, illetve a humuszanyagokkal szerves vagy kelát kötésben vannak. Az ásványi összetevők között agyagásványok (szmeklit, illit), karbonátok (kalcit, dolomit, aragonit), valamint a kvarc és a kovásvam amorf változata dominál. Alárendelt mennyiségben megtalálható még a gipsz, plagioklász, kálföldpát, sziderit, geothit, magnezit és pirit. A MÁFI térképezési kutatási programja keretében 1974-ben Solti Gábor tárt fel alginittal és bazaltbentonittal betemetett egykori vulkáni krátereket (SOLTI 1999).

Jelenlegi ismereteink szerint fellelhetősége kizárólag a Kárpát-medencére terjed ki. Az alginít vagy kb. 150 millió tonna. Külszíni fejtéssel három helyen bányászható gazdaságosan. E bányák készlete a teljes vagy kb. 90%-át adhatja. Ebből Magyarországon két bánya üzemel. A jelentősebb a Gércén található bánya, mely a vagy mintegy 80%-ával rendelkezik. Az utóbbi években végzett kutatófúrások adatai alapján az alginitréteg a felszíntől kezdődően 40-60 m vastagságú, kb. 200 ha-on helyezkedik el, 100 millió tonna mennyiséget meghaladó vagyonnal. A bánya jelenleg 16 ha-on üzemel.

A Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal (MSZH) Tanakajdi Talajvédelmi Laboratóriuma 3 gérci alginít mintát elemzett 2009-ben. A minták átlagos összetétele az alábbi volt: nedvesség 37%, CaCO_3 15%. Mikroelemek/nehézfémek: Pb 93, Cr 62, Cu 22, Ni 21, Co 20, As 10, Se < 0,5; Cd < 0,2 és Hg < 0,1 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sz.a. A Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Központ (MSZHK) engedélyező hatóság kiadta a forgalomba hozatali és felhasználási engedélyt, mivel a készítmény veszélyes összetevőt, veszélyes hulladékot, kockázatos anyagokat az előírt határértékeknél nagyobb koncentrációban nem tartalmaz. Az engedély szerint a gérci alginít mint talajjavító anyag az előírt minőségi feltételek szerint barna színű, szagtalan, nedves tapintású földszerű anyag. Beltartalmi paraméterei: maximum 40% nedvesség, legalább 14% CaCO_3 és szerves anyag. Határértékként tartalmazhat maximum 100 Cu, Cr és Pb; 50 Co és Ni; 10 As; 5 Se; 2 Cd és 1 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Hg elemet szárazanyagban. Felhasználható savanyú talajok javítására és termeszto közegek adalékaként 2019.09.08-ig, az engedély érvényesség időtartamán belül (MSZHK 2009).

A BONN-I EGYETEM TALAJTANI TANSZÉKE és a NORD-WEST LUFÁ vizsgálati szerint a gérci alginít 52% agyag, 42% vályog, 6% homok szemcseösszetétellel jellemezhető. A karbonátok és a humusz lebontása után az agyag 26%-ra, felére

esik, míg a vályog frakció 67%-ra emelkedik. Az agyagsökkenés oka a finom eloszlású mésztűnés az alginitből. Az 1 m³ alginit 600 kg körüli vizet képes visszatartani, melyből kb. 400 liter a növények számára felvehető marad. Röntgen diffrakciós elemzések szerint a szemeklit 50%, illit 40%, klorit/vermikulit 10%-os arányt képviselt. A táguló szemeklit javíthatja a kőzet víztároló kapacitását. A szerves anyag 6-19% között változhat. A C/N arány azonban tág 30 feletti, a szerves anyag stabil hosszú felezési idővel. A CaCO₃ elérheti a 20%-ot, a CEC a 35 mol·kg⁻¹ értéket. E tulajdonságok különösen előnyösek lehetnek a savanyú, rossz természetes víztartó-képességgel, és tápelem-szolgáltatással rendelkező, szerkezetnélküli homoktalajok meliorációjánál. A 2 oldalas termékismertető szerint „az ásvány genetikájából eredően heterogén, pontos összetétel, illetve minőség nem adható meg” (TNR GMBH 2010).

A gércei alginit hatását vizsgálták Németországban egy savanyú homoktalaj tulajdonságaira és a rajta növő spenót növényre 6 kg-os Mitscherlich tenyészedényekben egységes NPKMgS alaptrágyázással. A talajhoz kevert alginit 0, 10, 15, 20 tömeg %-ot jelentett. A talaj kation kicserélő kapacitása (CEC) az adagokkal rendre 2, 26, 38, 44 cmol·kg⁻¹ értékre emelkedett, tehát 10-20-szorosára ugrott. A spenót tesztnövény hajtása és gyökértermése 20-30%-kal nőtt. Különösen a finom, hosszú gyökérszálak tömege vált jelentőssé. Összességében stabilabb talajszerkezet jött létre, kedvezőbbé vált a növények víz- és tápelem-hasznosítása. Emelkedett a talaj pH értéke, valamint 7-10%-kal a víztároló kapacitása. Kimosódási vizsgálatok szerint az alginittel kezelt talajból emelkedett mennyiségű Ca, Mg, K, Ni távozott az átszivárgó vízzel, míg a P mennyisége mérséklődött a növekvő alginit terheléssel. Sajnos az alkalmazott alginit összetételét, minőségi jellemzőit a szerzők nem közlik (REX és SCHERER 2010).

Nyers, meszes homoktalajjal és egységes NPK műtrágyázás mellett mikroparcellás szabadföldi kísérletet végeztek Egyiptomban meliorációs céllal alkalmazva a gércei alginitet. A parcellák 2 x 2 = 4 m² területet, az alginit kezelés 0, 4, 8, 16 kg·m⁻², azaz 0, 40, 80, 160 t·ha⁻¹ adagot jelentett. A telepített gyepet május-szeptember között naponta 10-15 l·m⁻², azaz 10-15 mm/nap adag vízzel öntözték. A nagyobb öntözővíz normát a nyári június, július, augusztus hónapokban alkalmazták. A szerzők megállapították, hogy fű esetén hasonló körülmények között a 8-10 kg·m⁻², azaz a 80-100 t·ha⁻¹ finomra őrölt alginit javasolható 10 cm mélyre bedolgozva. Kezelés hatására javult a homoktalaj szerkezete és víztároló kapacitása. Hosszabb és finomabb gyökérszálak képződött, mely jobban átszötte a talajt és így serkentette a gyep víz- és tápelem-felvételét. A talaj felvehető víztartalmát az alginit kezelés 6%-ról 10%-ra növelte, míg a víztároló kapacitás 120-150 m³·ha⁻¹, azaz 12-15 mm·ha⁻¹ mennyiséggel emelkedett. A 10 cm-es rétegbe keverve, tehát nagyobb alginit terhelésnél a kezelés hatékonyabbá vált, mint a 20 cm-es rétegben eloszolva. Az alginit <2 mm alatti finomra őrölt frakciója szintén előnyösebbnek mutatkozott, jegyzi meg a szerző. Az alkalmazott alginit összetételének közlésére itt sem került sor (HELAL 2010).

Az 1. táblázatban az alginit, a gödöllői városi komposzt, valamint a nyírlugosi savanyú homok és a nagyhőrsöki karbonátos vályogtalaj tulajdonságait hasonlítjuk össze. Az alginit kiugróan sok agyagot tartalmazhat, melyre a nagy K_A szám is utal. Ezen túlmenően CaCO₃ és szervesanyag-készlete is kimagasló. Ennek

ellenére N-t nem szolgáltathat a növény számára, hisz a C/N aránya extrémén tág. Tehát alkalmazása esetén N-bőséget igényel, N nélkül hatástalan lehet. Téves az olyan állítás, hogy: „A növények fejlődéséhez szükséges makro- és mikroelemeket komplex módon tudjuk az alginit bejuttatásával pótolni a talajban.... Az alginit kiválthatná a műtrágyát és egyben pótolná a szerves trágya hiányát is” (BANOS 1999).

1. táblázat: Az alginit, gödöllői városi kommunális komposzt, valamint a nyírlugosi homok és a mezőföldi vályogtalaj tulajdonságainak összehasonlítása (MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet)

| Vizsgált jellemzők | Alginit ásvány | Kommunális komposzt | Nyírlugosi homok | Nagyhőrcsöki vályog |
|--------------------------|----------------|---------------------|------------------|---------------------|
| pH (H ₂ O) | 7,0-7,8 | 7,0-8,0 | 4,8-5,8 | 7,8-8,1 |
| pH (KCl) | 6,9-7,4 | 6,0-7,0 | 4,0-4,2 | 7,5-7,7 |
| Homok % | 10-20 | 60-65 | 86-92 | 15-20 |
| Iszap % | 40-50 | 20-25 | 5,0-9,0 | 55-60 |
| Agyag % | 40-50 | 10-15 | 3,0-5,0 | 20-25 |
| Kötöttség K _A | 60-90 | - | 23-25 | 38-40 |
| CaCO ₃ % | 5-20 | 5-8 | - | 3-5 |
| Humusz % | 5-13 | 30-40 | 0,5-0,8 | 2-4 |
| „összes” só % | 0,2-0,4 | 0,4-0,6 | <0,02 | 0,02 |
| Összes N % | 0,1-0,4 | 1,0-3,0 | <0,05 | 0,1-0,2 |
| C/N arány | 30-180 | 7-8 | - | 10-15 |

Kétségtelen, hogy az alginit semleges, illetve enyhén lúgos hatása, hatalmas Ca és Mg (esetenként jelentős K, P, S) tartalma, kötöttsége, szerves és ásványi kolloidokban való gazdagsága alkalmassá teszi a savanyú, laza szerkezetű, kolloidszegény homoktalajok javítására, termékenységük növelésére. Előnyösen változhat a talaj víz- és tápelem-szolgáltatása a N-kiegészítést követően. Javulhat a növények aszálytűrő képessége. Emellett az alginit kolloidális struktúrája a talajszennyező anyagokat megkötheti (méregtelenítés), kilúgzásukat, talajvízbe jutásukat gátolhatja. Savanyú homokon a pH-t növelő meszező hatás és a kolloidgazdagító hatás egyaránt érvényesülhet melioratív adagok alkalmazása esetén.

Az alginit felhasználásának gátjaként jelentkezhethet, hogy:

- Nagy tömegben kell szállítani, kiszórni, kezelni (10-100 t·ha⁻¹)
- A kitermelt, deponált értékesítésre váró alginit átlagosan 20-25% nedvességtartalommal rendelkezik.
- Nyírség és Belső-Somogy talajait kellene meliorálni, javítani. Ezek az ország legszegényebb vidékei. Csak állami támogatással képzelhető el a művelet.
- Az alginit Ni tartalma esetenként elérheti vagy meghaladhatja az engedélyezett 50 mg·kg⁻¹ sz.a. határkoncentrációt.

Igaz, hogy agronómiailag, élettanilag vagy környezeti szempontból ez utóbbinak nincs különösebb jelentősége, hisz ebben a meszes közegben az említett elem nem válik mobilissá, a növények számára felvehetővé.

Anyag és módszer

Hazánk egyik legrégebbi műtrágyázási tartamkísérlete a Nyírségben található, melyet LÁNG (1963) állított be a savanyú kovárványos barna erdőtalajon, Nyírlugoson. A kísérletben öt elemet vizsgálunk: N, P, K, Ca, Mg. Az NPKCa elemeket 4-4, míg a Mg elemet 3 szinten. Műtrágyaforma: pétisó, szuperfoszfát, kálisó, őrölt mészkőpor és dolomitpor. A kezelések száma 32, ismétlések száma 4, összes parcellák száma 128. A parcellák mérete $5 \times 10 = 50 \text{ m}^2$, elrendezésük módja véletlen blokk. Eredetileg a parcellák száma 512 volt, mert a vizsgált tényezők között a fajta és a szántásmélység is szerepelt. A kísérletben 1991 óta tritikále terem monokultúrában. A kísérlet körülményeit és 50 évének tanulságait a közelmúltban egy önálló kiadványban részletesen ismertettük (KÁDÁR et al. 2011).

Az alginitet egyszeri melioratív $100 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ dózisban alkalmaztuk 4 különböző N-szinten, melyek a 0, 50, 100, 150 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$ N-kezeléseket jelentették a tartamkísérletben. E parcellák talaja a növekvő N-trágyázás nyomán növekvő mértékben elsavanyodott és Ca, Mg, K, P elemekben elszegényedett. Az 50 m^2 -es parcellákat megfeleztük és az $5 \times 5 = 25 \text{ m}^2$ területű félparcellák kapták a $100 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, azaz 250 $\text{kg}/\text{parcella}$ alginitet 2011 őszén. A kiszórás kézzel történt egyenletesen, majd tárcsázással és szántással kevertük az anyagot a talajba. Kontrollként az alginitet nem kapott félparcellák szolgáltak. Így a $4\text{N} \times 4$ ismétlés = 16 alginites, illetve $4\text{N} \times 4$ ismétlés = 16 alginít nélküli rész együtt 32 parcellás kísérletet adott.

1. A felhasznált alginít jellemzése

A felhasznált alginít 15% nedvességet, 15% CaCO_3 -ot és 4,6% szerves anyagot tartalmazott. Az összes-N 0,15%, K_A 63, AL- K_2O 386, AL- P_2O_5 216 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ értéket tett ki. A becsült C/N arány 180 körülnek adódott. Az alginít egyszeri melioratív adagja $100 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ volt, hogy a kezelésnek a talaj fizikai/vízgazdálkodási tulajdonságaira gyakorolt esetleges hatásait is megfigyelhessük. A 2. táblázatban feltüntettük az alginít királyvíz oldható „összes” és az NH_4 -acetát oldható „mobilis” elemtartalmát, valamint a mobilis frakció %-os részarányát az összes készletben. Közöljük a $100 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ adaggal okozott talajterhelést is $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ -ra vetítve.

A felhasznált alginitben kerekén 5% elemi Ca; 3,6% Al; 2,9% Fe; 1,9% Mg; 0,82% K; 0,15% P; 0,12% S volt. A királyvíz oldható Ni mennyisége meghaladta az előírt $50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ sz.a. értéket. Ami a kémiai oldhatóságokat illeti (mely nem függ össze közvetlenül a növényi felvehetőséggel), kitűnik 92-70% mobilis frakcióarányal, csökkenő sorrendben a Cd, Ca, Sr, Mn. Ezt követi 57-30% közötti mobilitási részarányal a S, Na, Pb, Cu, Mg, Ba. A Ni és a Co 19-18%-ot jelez. A többi elem illetően mobilis frakciója 10% alatti. A kristályrácsokba épülő Al, Cr, B elemek esetén a mobilis frakció 1% körüli vagy alatti (2. táblázat).

A 100 t·ha⁻¹ adaggal a szántott talajrétegbe került kereken 42 t Ca, 31 t Al, 24 t Fe, 16 t Mg, 694 kg K, 128 kg P és 105 kg S ha-ra számolva. Az összes Ni, Zn és Cr általi terhelés 5-6 kg·ha⁻¹-ra tehető; a B, Cu és Co 1-2 kg·ha⁻¹-ra, míg a maradék mikroelemek talajba juttatott mennyisége dkg-okban mérhető. A Hg nem is volt kimutatható.

Mivel az alginít gazdag Ca és Mg elemekben, illetve részben K, P és S tápelemekben, helyettesítheti a meszező anyagokat, illetve kisebb részben a K, P és S műtrágyát. Nem szolgálhat viszont N-forrásként, a tartós és kedvező hatás kifejtéséhez a megfelelő N-trágyázás elengedhetetlen.

2. táblázat: Az alkalmazott alginít királyvízben oldható „összes” és az NH₄-acetát+EDTA oldható „mobilis” elemtartalma és a 100 t·ha⁻¹ adag általa okozott talajterhelés (Nyírlugosi tartamkísérlet, Nyírség, 2011)

| Elem jele | Mérték- Egység | Királyvíz oldható | NH ₄ -acetát +EDTA oldható | Mobilis az összes %-ban | Talajterhelés kg·ha ⁻¹ * |
|-----------|---------------------|----------------------|--|----------------------------|--|
| Ca | mg·kg ⁻¹ | 49942 | 43965 | 88 | 4245 |
| Al | mg·kg ⁻¹ | 36026 | 68 | <1 | 3062 |
| Fe | mg·kg ⁻¹ | 28501 | 934 | 3 | 2423 |
| Mg | mg·kg ⁻¹ | 19188 | 6969 | 36 | 1631 |
| K | mg·kg ⁻¹ | 8166 | 466 | 6 | 694 |
| P | mg·kg ⁻¹ | 1501 | 35 | 2 | 128 |
| S | mg·kg ⁻¹ | 1237 | 703 | 57 | 105 |
| Mn | mg·kg ⁻¹ | 587 | 411 | 70 | 50 |
| Na | mg·kg ⁻¹ | 454 | 230 | 51 | 39 |
| Sr | mg·kg ⁻¹ | 419 | 322 | 77 | 36 |
| Ba | mg·kg ⁻¹ | 281 | 84 | 30 | 24 |
| Ni | mg·kg ⁻¹ | 75,0 | 14,50 | 19 | 6,4 |
| Zn | mg·kg ⁻¹ | 65,8 | 5,22 | 8 | 5,6 |
| Cr | mg·kg ⁻¹ | 63,9 | 0,42 | <1 | 5,4 |
| B | mg·kg ⁻¹ | 26,8 | 0,34 | 1 | 2,3 |
| Cu | mg·kg ⁻¹ | 19,2 | 7,04 | 37 | 1,6 |
| Co | mg·kg ⁻¹ | 15,9 | 2,80 | 18 | 1,4 |
| Pb | mg·kg ⁻¹ | 9,75 | 3,92 | 40 | 0,85 |
| As | mg·kg ⁻¹ | 8,84 | 0,44 | 5 | 0,76 |
| Sn | mg·kg ⁻¹ | 2,84 | 0,14 | 5 | 0,25 |
| Mo | mg·kg ⁻¹ | 1,86 | 0,06 | 3 | 0,17 |
| Se | mg·kg ⁻¹ | 1,02 | <0,12 | - | 0,08 |
| Cd | mg·kg ⁻¹ | 0,12 | 0,11 | 92 | 0,01 |

*Talajterhelés 100 t·ha⁻¹ alginittal a királyvíz-oldható elemkészlete, valamint a 15%-os nedvességtartalma alapján

2. Növény és talaj mintavételezés

A termés elemek meghatározásához földfeletti növény mintákat évente vettünk éréskor parcellánként 8-8 fm = 1-1 m² területről, körbe 1-1 m-t elhagyva a parcellák szegélyéről (nettó terület). Mintakévéket az Órbottyán Kísérleti Telepünkre szállítottuk. Itt történt a cséplés, a szem/szalma/pelyva tömegének mérése (n=32). Növényi elemösszetétel meghatározást 2012-ben és 2016-ban végeztünk. Laboratóriumi vizsgálatra a növényi anyagokat finomra őröltük.

A talaj alapvető kémiai tulajdonságait és elemösszetételét 2012-ben és 2016-ban vizsgáltuk. Ezekhez a vizsgálatokhoz a talajmintákat tarlóhántás után vettünk a szántott rétegből, parcellánként 20-20 rész minta egyesítésével (reprezentatív átlagminta, n=32).

Talajfizikai vizsgálatok (szabadföldi és effektív vízkapacitás) céljaira 2012-ben a kontroll parcellákon 2-2 cilindert, az alginittel kezeltéken 3-3 cilindert vertünk le a szántott rétegben (utóbbi esetben a várhatóan nagyobb talajheterogenitás miatt). A 4 kontroll x 2 cylinder x 2 ismétlés = 16 db, az alginittel kezeltéken 4 alginittel x 3 cylinder x 2 ismétlés = 24 db, azaz összesen 40 db bolygatatlan talajminta vizsgálatára kerül sor.

3. Kémiai vizsgálatok

A laboratóriumi vizsgálatok az MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézetben folytak az alábbi ismertetett módszerekkel:

Növényminták: 0,5 g bemért légszáraz anyaghoz 5 cm³ cc. HNO₃ + 1 cm³ cc. H₂O₂ adagolása, majd 15 perces roncsolás a mikrohullámú berendezésben. Az elemek mérése ICP készülékkel történt.

Alginittel és Talajminták: Az oldható elemtartalom meghatározásához LAKANEN és ERVIÖ (1971) módszerét használtuk. A királyvizes kivonás HCl+HNO₃+H₂O₂ felhasználásával történt. Az elemeket ICP készülékkel mértük. A pH, y₁, CaCO₃, humusz, kötöttség, összes só alapvizsgálatok BARANYAI et al. (1987) szerint történtek.

A kicserélhető kationok és T-érték vizsgálatához 2,5 g talajhoz 30 cm³ 1 mol·L⁻¹ BaCl₂+TEA kirázó oldatot adunk. A 3 órás rázatás után az elemek mérése ICP készülékkel történt az MSZ 08-0214-1: 1978, illetve MSZ 08-0214-2: 1978, illetve BASCOMB (1964) szerint. Számítással határoztuk meg az S-értéket, mely a Ca, Mg, K, Na kicserélhető kationok összegét jelenti. A bázisokkal le nem kötött adszorpciós helyek mennyiségét jelöli a T-S különbsége, szintén mgeé 100 g⁻¹ talajra megadva. A V% a bázistelítettségre utal, jelezve, hogy a lehetséges adszorpciós helyek közül mennyi van %-osan 1- és 2-értékű bázikus kationokkal elfoglalva ($V = S \cdot 100/T$). A T-érték %-ában kifejezett telítettség tehát a V%. Reciproka viszont a telítetlenséget jelezheti szintén a T-érték %-ában $U = 100 - V$.

4. Talajfizikai vizsgálatok

A vízkapacitást és a szabadföldi vízkapacitást a pF görbe két pontjával jellemeztük. A pF= 0 pontot, ami megfelel a teljes vízkapacitás értékének, a bolygatatlan talajoszlop vízzel történő telítésével határoztuk meg. A pF = 2,3 pont (ami megfelel a szabadföldi vízkapacitás értékének), a kaolinlapra helyezett bolygatatlan talajoszlop 200 vízoszlop cm szívóerő hatására beálló egyensúlyi állapotnak felelt meg. A friss talajminták 105°C-on történt szárításával a nedvességtartalmakat mértük.

5. Csapadékviszonyok

A havi és az éves csapadékösszegeket, valamint az 50 éves átlagokat a 3. táblázat mutatja be. Az adatokból látható, hogy az első évben a tritikále 9 hónapos tenyészideje alatt 2011.10. – 2012.06. hónapok között mindössze 288 mm csapadék hullott, ami ellenére elfogadható termésszinteket kaptunk 2012-ben. A 2013-as év rendkívül kedvezőtlen volt. A tavaszi március, április, május hónapokban szokatlanul sok eső esett és ez az időszak hűvös tavasszal párosult. A tritikále fejlődésben visszamaradt, kiritkult és elgyomosodott. A virágzástól az érésig tartó generatív szakaszban mely a magtermést meghatározza, viszont száraz és forró június és július uralkodott. A mag nem tudott kifejlődni, a vízhiány miatt az alginit hatástalan maradt. 2014-ben kedvező volt a bőséges májusi eső. A júniusi túl bő csapadék viszont már főként a gyomok fejlődésének kedvezett. A vetést követően a 2014. év vége kedvező csapadék-ellátottságú volt.

3. táblázat: A havi és az éves csapadékösszegek 2011-2016 között, valamint az 50 éves sokévi átlag, mm (Kovárványos barna erdőtalaj savanyú homok, Nyírlugos)

| Hónap | 2011/ 2012 | 2012/ 2013 | 2013/ 2014 | 2014/ 2015 | 2015/ 2016 | Ötéves átlag | 50 éves átlag |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|------------------|
| Október | 29 | 30 | 45 | 65 | 82 | 50 | 37 |
| November | 1 | 28 | 27 | 18 | 51 | 25 | 42 |
| December | 50 | 55 | 3 | 35 | 5 | 30 | 41 |
| Január | 26 | 28 | 32 | 43 | 78 | 41 | 27 |
| Február | 11 | 46 | 28 | 13 | 112 | 42 | 29 |
| Március | 1 | 132 | 15 | 15 | 25 | 38 | 30 |
| Április | 32 | 47 | 24 | 26 | 7 | 27 | 41 |
| Május | 85 | 82 | 79 | 57 | 56 | 72 | 59 |
| Június | 53 | 29 | 27 | 25 | 91 | 45 | 65 |
| Július | 53 | 34 | 122 | 35 | 103 | 69 | 65 |
| Augusztus | 8 | 16 | 57 | 39 | 69 | 38 | 50 |
| Szeptember | 19 | 22 | 33 | 43 | 47 | 33 | 46 |
| X-VI. hó összes | 288 | 477 | 280 | 297 | 507 | 370 | 371 |
| X-IX. hó összes | 368 | 549 | 492 | 414 | 726 | 510 | 532 |

Ugyanakkor 2015-ben a havi csapadékadatok január és május kivételével az 50 éves átlag alatt maradtak, így a területet abban az évben alapvetően az aszály jellemezte. A február, március, június és július hónapokban a lehullott eső mennyisége a sokéves átlagoknak csupán közelítően a felét érte el. A 2015. év vége kedvező csapadék-ellátottságú volt. 2016-ban a havi csapadékadatok március és április hónapok kivételével az 50 éves átlagot jelentősen meghaladták, éves átlagban mintegy 35%-os többletet eredményezve. A legcsapadékosabbaknak a február, a június és a július hónapok bizonyultak (3. táblázat).

Eredmények megvitatása

1. A N x alginít kezelések hatása a talaj vízgazdálkodási tulajdonságaira

Ami a 2012-ben elvégzett talajfizikai vizsgálatokat illeti azt találtuk, hogy sem a N-trágyázás, sem az alginít kezelés igazolhatóan nem módosította a talaj összes porozitását, a vízkapacitást. Az összes pórustérfogat 47,5%, tehát a talaj szilárd fázisának térfogata 52,5%. A szabadföldi vízkapacitás, a tehát a kapilláris pórusokban tárolt víz mennyisége megnőtt a kontrollon mért 21-28%-os tartományról a 28-34% tartományba. Átlagot tekintve a 26%-ról 31%-ra. Ez a különbség azonban nem szignifikáns, bár nem elhanyagolható és hozzájárulhatott a pozitív termésmenővelő hatáshoz a száraz években. A talaj nedvességtartalma 2012.09.26-án a kontrollon 5,8%, az alginites kezelésben 7,2% volt átlagosan, ami 23%-os növekedés. Mindez az alginittel talajba juttatott szerves és ásványi kolloidoknak tulajdonítható, melyet az is igazol, hogy a talaj Arany-féle kötöttsége 30,2-ről 31,6-ra nőtt átlagosan az alginít kezelés nyomán igazolhatóan ($SzD_{5\%} = 0,4$).

2. A N x alginít kezelések hatása a talaj egyes alaptulajdonságaira

A 2012. évi talajvizsgálatok eredményei is alátámasztják, hogy a N-terheléssel kontroll talajon lecsökkent a pH, a talaj drasztikusan elsavanyodott az elmúlt fél évszázad alatt. Ezzel együtt mérséklődött a kation cserélő kapacitás (T-érték vagy CEC) és ezen belül a bázisok összege, az S-érték. Az alginít kezelésben az átlagos pH (H₂O) 5,20-ról 6,66-ra, a pH (KCl) értéke a 3,87-ről 6,16-ra ugrott. A savanyú homoktalaj semleges kémhatásúvá vált gyakorlatilag. Az elektromos vezetőképesség (EC) megháromszorozódott, közel háromszorosára nőtt a CEC és az S-érték is. A talaj bázistelítettsége 53%-ról 74%-ra emelkedett (4. táblázat).

A hatalmas változásokat jelzi a kicserélhető kationok egymáshoz viszonyított arányának módosulása. A 150 kg·ha⁻¹·év⁻¹ N-kezelésben a Ca²⁺ aránya 35%-ra zuhant, ezzel együtt emelkedett a toxikus Al³⁺ és Fe²⁺ mennyisége. Az alginít leszántásával a Ca²⁺ részaránya a semleges talajokra jellemző 80%-ra nőtt, míg a talajoldatba jutva fitotoxikus Al és Fe ionok aránya 1/10-ére, ill. 1/4-ére esett. A 100 t·ha⁻¹ alginít alkalmazása tehát a savanyú homoktalaj meliorációját, kémiai átalakítását jelentheti (5. táblázat).

4. táblázat: A N és alginit kezelések hatása a szántott rétegben mért talajtulajdonságokra, 2012 (Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos)

| N-adag kg·ha ⁻¹ ·év ⁻¹ | pH (H ₂ O) | pH (KCl) | Hidrolitos aciditás (y ₁) | CEC | Bázisösszeg | Bázis telítettség, % |
|---|--------------------------|-------------|--|--------------------------|-------------|-------------------------|
| | | | | mgeé 100 g ⁻¹ | | |
| <i>Alginit nélkül (kontroll)</i> | | | | | | |
| 0 | 5,69 | 4,17 | 7,5 | 2,0 | 1,1 | 54 |
| 50 | 5,22 | 3,88 | 9,3 | 2,1 | 1,1 | 52 |
| 100 | 5,00 | 3,77 | 12,4 | 1,8 | 1,0 | 54 |
| 150 | 4,89 | 3,67 | 12,3 | 1,5 | 0,8 | 51 |
| <i>Alginit 100 t·ha⁻¹</i> | | | | | | |
| 0 | 6,75 | 6,25 | 5,1 | 3,4 | 2,5 | 74 |
| 50 | 6,76 | 6,26 | 5,3 | 4,5 | 3,5 | 77 |
| 100 | 6,67 | 6,23 | 6,6 | 3,5 | 2,6 | 74 |
| 150 | 6,49 | 5,92 | 7,3 | 2,9 | 2,0 | 70 |
| SzD _{5%} | 0,25 | 0,36 | 2,8 | 1,2 | 0,7 | 12 |
| <i>N-kezelések átlagában</i> | | | | | | |
| Kontroll | 5,20 | 3,87 | 10,4 | 1,3 | 1,0 | 53 |
| Alginit | 6,66 | 6,16 | 6,1 | 3,6 | 2,6 | 74 |
| SzD _{5%} | 0,13 | 0,18 | 1,4 | 0,6 | 0,4 | 6 |

Megjegyzés: EC ms cm⁻¹ 21-ről 67-re nőtt az alginit kezeléssel igazolhatóan. Az K_A értéke 30,2-ről 31,6-ra emelkedett ugyanitt

5. táblázat: A N x alginit kezelések hatása a kicserélhető kationok arányára a szántott rétegben, 2012 (Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos)

| N-adagok kg·ha ⁻¹ ·év ⁻¹ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Al ³⁺ | Fe ³⁺ | K ⁺ | Együtt |
|---|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|--------|
| | S-érték %-ában | | | | | |
| <i>Kontroll</i> | | | | | | |
| 0 | 61 | 12 | 18 | 6 | 3 | 100 |
| 50 | 55 | 14 | 17 | 8 | 6 | 100 |
| 100 | 40 | 12 | 21 | 15 | 2 | 100 |
| 150 | 35 | 12 | 24 | 22 | 7 | 100 |
| <i>Alginit 100 t·ha⁻¹</i> | | | | | | |
| 0 | 82 | 13 | 2 | 2 | 1 | 100 |
| 50 | 78 | 14 | 1 | 5 | 2 | 100 |
| 100 | 80 | 14 | 2 | 3 | 1 | 100 |
| 150 | 78 | 15 | 3 | 3 | 1 | 100 |
| SzD _{5%} | 24 | 6 | 4 | 6 | 4 | |
| <i>N-kezelések átlagában</i> | | | | | | |
| Kontroll | 48 | 13 | 20 | 13 | 5 | 100 |
| Alginit | 80 | 14 | 2 | 3 | 1 | 100 |
| SzD _{5%} | 12 | 3 | 2 | 3 | 2 | |
| F-érték | *** | N | *** | *** | *** | |

F-érték: *95, **99, *** 99,9% szignifikancia

A 2016-ban végzett talajvizsgálatok eredményei alapján öt évvel a 100 t·ha⁻¹ alginit kijuttatása után, a savanyú tartományból továbbra is a semleges körüli tartományba emelkedve maradtak mind a vizes (5.1 → 6.8), mind a KCl-es pH (4.1 → 6.3) értékek. 2016-ban a hidrolitos aciditás (y₁) értékekben megmaradó drasztikus különbségek (11 → 4) szintén az alginit talajjavító, meszező

tartamhatásáról tanúskodnak. Az alginít kezelés humusztartalom növelő hatása 2016-ban nem volt igazolható. Az Arany-féle kötöttség értékek átlagosan egy egységgel növekedtek meg az alginít kijuttatás utáni 5. évben (6. táblázat).

6. táblázat. A N x alginít kezelések hatása a talajjellemzőkre, 2016.
(Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos)

| N-adag kg·ha ⁻¹ ·év ⁻¹ | pH (H ₂ O) | pH (KCl) | Hidrolitos savanyúság (y ₁) | Humusz % | Arany-féle kötöttség (K _A) |
|---|--------------------------|-------------|--|-------------|---|
| Kontroll | | | | | |
| 0 | 5,53 | 4,46 | 7,8 | 0,67 | 30 |
| 50 | 5,39 | 4,54 | 9,3 | 0,80 | 30 |
| 100 | 4,78 | 3,72 | 13,4 | 0,95 | 30 |
| 150 | 4,82 | 3,67 | 13,9 | 0,92 | 30 |
| Alginít 100 t·ha⁻¹ | | | | | |
| 0 | 6,87 | 6,49 | 2,6 | 0,70 | 30 |
| 50 | 6,85 | 6,30 | 3,4 | 0,79 | 31 |
| 100 | 6,81 | 6,30 | 3,9 | 0,87 | 31 |
| 150 | 6,56 | 5,97 | 4,4 | 0,95 | 31 |
| SzD _{5%} | 0,64 | 0,82 | 2,9 | 0,15 | 1,3 |
| N-kezelések átlagában | | | | | |
| Kontroll | 5,13 | 4,10 | 11,1 | 0,84 | 30 |
| Alginít | 6,77 | 6,26 | 3,6 | 0,83 | 31 |
| SzD _{5%} | 0,32 | 0,41 | 1,4 | 0,07 | 0,7 |
| F-érték | *** | *** | *** | N | ** |

K_A: Telítési vízigény g·100 g⁻¹ talajra; F-érték: *95, **99, ***99.9% megbízhatóság

7. táblázat. A N x alginít kezelések hatása a talajjellemzőkre, 2016
(Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos)

| N-adag kg·ha ⁻¹ ·év ⁻¹ | EC mS cm ⁻¹ | CEC mgeé 100g ⁻¹ talaj | AL-P ₂ O ₅ mg kg ⁻¹ | AL-K ₂ O mg kg ⁻¹ |
|---|---------------------------|--------------------------------------|---|--|
| Kontroll | | | | |
| 0 | 64 | 2,39 | 121 | 64 |
| 50 | 64 | 2,69 | 152 | 54 |
| 100 | 46 | 1,99 | 106 | 39 |
| 150 | 36 | 2,20 | 107 | 31 |
| Alginít 100 t·ha⁻¹ | | | | |
| 0 | 74 | 2,63 | 184 | 65 |
| 50 | 84 | 3,09 | 155 | 64 |
| 100 | 90 | 3,36 | 164 | 42 |
| 150 | 84 | 3,51 | 123 | 39 |
| SzD _{5%} | 20 | 1,03 | 79 | 19 |
| N-kezelések átlagában | | | | |
| Kontroll | 52 | 2,32 | 121 | 47 |
| Alginít | 83 | 3,15 | 157 | 53 |
| SzD _{5%} | 10 | 0,51 | 39 | 10 |
| F-érték | *** | ** | + | N |

F-érték: *95, **99, ***99.9% megbízhatóság

Az alginit kezelés hatására 2016-ban az elektromos vezetőképesség mintegy 50%-os növekedéséről számolhatunk be. Az alginit kijuttatás kedvező hatása a kationcserélő kapacitás változásokra az 5. évi utóhatásban is kimutatható, 35%-os növekedéssel. Az alginit számottevő P tartalma következtében öt évvel a kijuttatás után még mindig 30%-kal nagyobbak voltak az AL-P₂O₅ tartalmak az alginites kezelésekben. A növekvő N szinteken viszont az alginittel ellentétes hatás volt megfigyelhető: az N szintek növekedésével mérséklődtek az P₂O₅ tartalmak. Az AL-K₂O tartalmakban már nem volt megbízható növekedés alginit hatására.

A növekvő N szinteken ugyanakkor, AL-P₂O₅ tartalmakhoz hasonlóan, az AL-K₂O tartalmak is jelentősen mérséklődtek. Az oldható PK tartalmaknak ez, a növekvő N szintekkel mérséklődő tendenciája az immáron több mint 50 éves tartamkísérletben becsült kumulált PK mérlegekkel is magyarázható: A növekvő N szinteken kapott nagyobb termésekkel kivont plusz PK mennyiségek nem csupán az oldható talaj PK tartalmakat, de bizonyos fokig a talaj PK készletét is jelző AL-PK tartalmakat is mérsékeltek (7. táblázat).

A kémhatásban az öt évvel ezelőtti 100 t·ha⁻¹ ha alginit hatásra bekövetkezett, 2016-ban is megmaradó kiugróan nagy változásokat jelzi a kicserélhető kationok egymáshoz viszonyított arányának módosulása is. Míg az N 0 kg·ha⁻¹·év⁻¹ (N kontroll) N-kezelésben a Ca²⁺ aránya 70% volt, addig a 150 kg·ha⁻¹·év⁻¹ N-kezelésben ez a mutató 50%-ra zuhant. Ezzel ellentétesen változott a kicserélhető, egyébiránt fitotoxikus Al³⁺ aránya: az N kontroll 5% körüli értékről az N 150 szinten 25%-ra növekedett. A többi kationnál nem voltak jelentős változások az alginit nélküli blokkban, a növekvő N szinteken (8. táblázat).

8. táblázat. N x alginit kezelések hatása a kicserélhető kationok arányára a szántott rétegben, 2016 (Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos)

| N-adagok kg·ha ⁻¹ ·év ⁻¹ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Al ³⁺ | Fe ²⁺ | K ⁺ | Együtt |
|---|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|--------|
| | S-érték %-ában | | | | | |
| | Kontroll | | | | | |
| 0 | 70,6 | 18,1 | 6,2 | 0,2 | 4,9 | 100 |
| 50 | 69,2 | 18,5 | 8,5 | 0,2 | 3,6 | 100 |
| 100 | 60,1 | 20,4 | 15,8 | 0,4 | 3,4 | 100 |
| 150 | 50,3 | 20,5 | 25,2 | 0,6 | 3,4 | 100 |
| | Alginit 100 t·ha ⁻¹ | | | | | |
| 0 | 75,9 | 18,8 | 0,4 | 0,1 | 4,8 | 100 |
| 50 | 76,0 | 20,6 | 0,0 | 0,0 | 3,4 | 100 |
| 100 | 76,9 | 21,1 | 0,0 | 0,1 | 1,9 | 100 |
| 150 | 78,1 | 20,0 | 0,0 | 0,1 | 1,8 | 100 |
| SzD _{5%} | 10,1 | 4,0 | 9,7 | 0,2 | 2,4 | |
| | N-kezelések átlagában | | | | | |
| Kontroll | 62,5 | 19,4 | 13,9 | 0,4 | 3,8 | 100 |
| Alginit | 76,8 | 20,1 | 0,1 | 0,1 | 3,0 | 100 |
| SzD _{5%} | 5,1 | 2,0 | 4,8 | 0,1 | 1,2 | |
| F-érték | *** | N | *** | *** | N | |

F-érték: *95, **99, *** 99,9% szignifikancia

A 2011. őszen 100 t·ha⁻¹ ha alginít adagban részesült kezelések tartamhatása a kijuttatást követő ötödik évben is karakteresen érvényesült a kicserélhető kationok egymáshoz viszonyított arányában. A fitotoxikus kicserélhető Al³⁺ nemcsak hogy a N kontrollon, de még a legnagyobb, az N 150 szinten sem volt kimutatható. Az alginít kijuttatásával nagy mennyiségben a szántott rétegbe került bázikus ionok az oldható Al³⁺ ionokat oldhatatlan formába vitte, nem csak a talajoldatban, de az organo-minerális komplex kationcserélő helyein is. Ez a tartamhatás a kijuttatást öt évvel követően is teljes mértékben érvényesült. Ezzel párhuzamosan, még az 5. év után is, az alginítet nem kapott kezelésekhöz képest szignifikánsan nagyobb volt a kicserélhető Ca²⁺ aránya: az N szintek átlagában a kontroll parcellákon mintegy 60%, míg az alginít-es kezelésekből több mint 75%.

Érdekes módon, az alginites kezelésekből, a N trágyázásnak a talajtulajdonságokra gyakorolt hatása eliminálódott. Ez alól talán a kálium (K) a kivétel. Az AL-K₂O tartalmakhoz hasonlóan, a növekvő N szinteken a kicserélhető K⁺ aránya is kissé mérséklődött. A hiányzó K helyeket az alginíttel nagy mennyiségben kijuttatott Ca²⁺ töltötte ki. A 100 t·ha⁻¹ alginít alkalmazása tehát a savanyú homoktalaj meliorációját, kémiai átalakítását jelentheti, még öt évvel a kijuttatás után is (8. táblázat).

3. A N x alginít kezelések hatása a talaj szántott rétegének NH₄-acetát+EDTA oldható elemtartalmára

Az NH₄-acetát+EDTA oldható elemtartalom fontos jellemző az agronómiai és környezetvédelmi vizsgálatokban. Utal az elem mobilitására, a növény általi potenciális felvehetőségére, illetve az adott elem hiányára vagy túlsúlyára. A 9. táblázat adatai összhangban a 4. és 5. táblázatokban korábban bemutatott eredményekkel, tükrözik a tartós nagymérvű N-trágyázás hatását a feltalaj Ca és Mg vesztésére/kiürülésére, valamint a káros Fe és Al akkumulációjára. A N-kezelések átlagait tekintve, az alginít beszántásával (mely kb. 5 t·ha⁻¹ elemi Ca-mal gazdagította a feltalajt) az oldható Ca-készlet közel 5-szörösére dúsult. Nőtt a kezelt talaj oldható K, Mg, P elemekben való gazdagsága is. A nemkívánatos Al oldhatósága némileg visszaesett.

9. táblázat: Alginít kezelés hatása a talaj szántott rétegének NH₄-acetát+EDTA oldható elemtartalmára a N-kezelések átlagában, 2012 (Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos)

| N-kezelések átlagában | Ca | K ₂ O | Mg | Ba | Sr | Ni |
|--------------------------|---------------------|------------------|-----|-----|-----|---------------------|
| | mg·kg ⁻¹ | | | | | μg·kg ⁻¹ |
| Kontroll | 154 | 50 | 18 | 3,6 | 0,9 | 125 |
| Alginít | 730 | 62 | 104 | 4,8 | 4,4 | 330 |
| SzD _{5%} | 116 | 5 | 12 | 0,5 | 0,6 | 27 |
| F-érték | *** | *** | *** | *** | *** | *** |

Megjegyzés: Fe 120, Al 105, P₂O₅ 101, S 8, Na 7, Zn 0,6-0,9 mg·kg⁻¹, Co 250, Cr 100, Mo 20, Cd 10 μg·kg⁻¹ a kezeléstől függetlenül

Megfigyelhető, hogy a nagy N-terheléssel/elsavanyodással már a fontosabb mikroelemek talajbani készlete is lecsökkent, a feltalaj pl. Mn, Na, Ba, Sr, Ni elemekben is elszegényedett. Az alginit kezeléssel az említett elemek e módszerrel kimutatott készlete megnőtt. Kiugróan a Sr-tartalom emelkedett, közel 5-szörösére. Ismert, hogy a Sr a Ca kísérőeleme. A kőzetekben és talajokban a Ca-nak mintegy 1%-át teheti ki. Az alginitre is ez a 100 körüli Ca:Sr arány jellemző. A kezelésektől függetlenül átlagosan a Co 0,25 mg·kg⁻¹, Cr 0,10 mg·kg⁻¹, Mo és Cd 0,01 mg·kg⁻¹ körüli értéket mutatott (9. táblázat).

Öt évvel a kijuttatás után a N-kezelések átlagaiban az oldható Ca-készlet még mindig 3-szoros dúsulást mutat az alginit hatására. Szintén háromszorosára nőtt a kezelt talaj oldható Mg tartalma. Az NH₄-acetát+EDTA (LE-) oldható P és K tartalmak az AL-PK tartalmakban tapasztalt tendenciákat követték. Kiugróan a Sr-tartalom emelkedett, mintegy 4-szeresére. A kezelésektől függetlenül átlagosan a Co 0,25 mg·kg⁻¹, Cr 0,10 mg·kg⁻¹, Mo és Cd 0,01 mg·kg⁻¹ körüli értéket mutatott (10. táblázat).

10. táblázat. A N x alginit kezelések hatása a talaj NH₄-acetát+EDTA oldható elemtartalmára a szántott rétegben, 2016. (Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos)

| N-adag kg·ha ⁻¹ ·év ⁻¹ | Ca | Fe | Al | P ₂ O ₅ | K ₂ O | Mg |
|---|--------------------------------|-----|-----|-------------------------------|------------------|-----|
| | mg·kg ⁻¹ | | | | | |
| | Kontroll | | | | | |
| 0 | 329 | 83 | 90 | 66 | 58 | 37 |
| 50 | 373 | 131 | 120 | 108 | 53 | 50 |
| 100 | 139 | 149 | 145 | 66 | 34 | 21 |
| 150 | 124 | 164 | 142 | 74 | 27 | 25 |
| | Alginit 100 t·ha ⁻¹ | | | | | |
| 0 | 819 | 133 | 79 | 142 | 60 | 109 |
| 50 | 726 | 115 | 73 | 107 | 59 | 104 |
| 100 | 778 | 148 | 80 | 111 | 41 | 109 |
| 150 | 696 | 147 | 71 | 83 | 36 | 105 |
| SzD _{5%} | 242 | 48 | 26 | 59 | 19 | 26 |
| | N-kezelések átlagában | | | | | |
| Kontroll | 241 | 132 | 124 | 79 | 43 | 33 |
| Alginit | 755 | 136 | 76 | 110 | 49 | 107 |
| SzD _{5%} | 121 | 24 | 13 | 30 | 10 | 13 |
| F-érték | *** | N | *** | * | N | *** |

A 10. táblázat folytatása. A N x alginit kezelések hatása a talaj NH₄-acetát+EDTA oldható elemtartalmára a szántott rétegben, 2016. (Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos)

| N-adag kg·ha ⁻¹ ·év ⁻¹ | S | Na | Ba | Zn | Sr | Ni |
|---|---------------------|------|-----|-----|-----|---------------------|
| | mg·kg ⁻¹ | | | | | µg·kg ⁻¹ |
| Kontroll | | | | | | |
| 0 | 6,2 | 10,5 | 7,4 | 2,3 | 2,1 | 180 |
| 50 | 7,1 | 17,3 | 6,3 | 2,3 | 1,5 | 215 |
| 100 | 8,4 | 11,1 | 5,1 | 2,9 | 0,7 | 149 |
| 150 | 8,5 | 12,5 | 4,1 | 2,2 | 0,6 | 135 |
| Alginit 100 t·ha ⁻¹ | | | | | | |
| 0 | 6,0 | 6,3 | 9,2 | 2,6 | 5,9 | 316 |
| 50 | 5,9 | 8,8 | 7,2 | 2,0 | 4,3 | 250 |
| 100 | 7,0 | 11,0 | 7,6 | 1,9 | 5,2 | 341 |
| 150 | 7,0 | 12,3 | 6,1 | 2,1 | 4,8 | 320 |
| SzD _{5%} | 1,9 | 9,4 | 1,5 | 1,2 | 1,5 | 81 |
| N-kezelések átlagában | | | | | | |
| Kontroll | 7,6 | 12,8 | 5,7 | 2,4 | 1,2 | 170 |
| Alginit | 6,5 | 9,6 | 7,5 | 2,1 | 5,0 | 307 |
| SzD _{5%} | 1,0 | 4,7 | 0,8 | 0,6 | 0,8 | 41 |
| F-érték | N | N | *** | N | *** | *** |

F-érték: *95, **99, ***99,9% szignifikancia; Megjegyzés: Co 0,20; Cr 0,10; Mo 0,02; Cd 0,02 mg·kg⁻¹ körül átlagosan, a kezelésektől függetlenül

4. A N x alginit kezelések hatása a tritikále termésére

A tritikále növényállományának fejlődését 1-5 skálán szemrevételeztük (bonitáltuk) három ízben a tenyészidő folyamán: bokrosodásban, virágzásban és aratáskor. Megállapítható volt, hogy az alginit a tritikále fejlődését egyre kifejezettebben segítette, különösen a 150 kg·kg⁻¹·év⁻¹ N-kezelésben, mely a vizsgált 50 év alatt drasztikusan elsavanyodott és terméketlenné vált. Az alginit kezelést követő első éves tritikále vetése után (2011.10.14.) egy hónapon át eső nem esett, a kelés elhúzódott. Ekkor még az alginit kedvező hatása sem érvényesülhetett.

Legnagyobb növénymagasságot és terméstömeget a 100 kg·ha⁻¹·év⁻¹ N-adagok biztosították a kontroll talajon. A N-hatások a vegetatív és a generatív fázisban (melléktermésben és a kalásonkénti szemtömegben, illetve 1000-szem tömegben) egyaránt ehhez a N-adaghoz kötődtek. A 150 kg·ha⁻¹·év⁻¹ kezelésben, ahol a talaj leginkább elsavanyodott az elmúlt évtizedekben, igazolhatóan csökkent a növénymagasság és terméstömeg depresszió lépett fel. A melléktermés (szalma+pehely) tömege azonban kevésbé kifejezetten mérséklődött, mint a főtermésben, így a melléktermés/főtermés aránya tágult, az úgynevezett „harvest index” mutatója romlott. Az alginit leszántásával igazolhatóan nőtt a növényállomány átlagos magassága, csaknem megkétszereződött a szemtermés és az összes földfeletti biomassza tömege 3,7 t·ha⁻¹-ről 6,8 t·ha⁻¹-ra emelkedett. A

harvest index pedig javult, döntően a szem g/kalász, illetve 1000-szem tömegmutató aratáskor 2012-ben (Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos) (11. táblázat).

11. táblázat: N x alginit kezelések hatása a tritikále magasságára és légszáraz tömegére aratáskor 2012-ben (Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos)

| N-adag kg·ha ⁻¹ ·év ⁻¹ | Magasság cm | Szem | Melléktermés | Biomassza | Melléktermés/ szem | Szemsúly g/100 kalász |
|---|----------------|--------------------|--------------|-----------|-----------------------|--------------------------|
| | | t·ha ⁻¹ | | | | |
| <i>Kontroll</i> | | | | | | |
| 0 | 49 | 1,30 | 1,57 | 2,87 | 1,2 | 35 |
| 50 | 60 | 1,86 | 2,44 | 4,29 | 1,3 | 54 |
| 100 | 62 | 2,15 | 2,54 | 4,70 | 1,2 | 65 |
| 150 | 55 | 1,18 | 1,74 | 2,92 | 1,5 | 31 |
| <i>Alginit 100 t·ha⁻¹</i> | | | | | | |
| 0 | 56 | 2,01 | 2,36 | 4,37 | 1,2 | 58 |
| 50 | 63 | 3,31 | 3,75 | 7,06 | 1,2 | 81 |
| 100 | 68 | 3,87 | 4,52 | 8,39 | 1,2 | 97 |
| 150 | 64 | 3,38 | 3,93 | 7,31 | 1,2 | 76 |
| SzD _{5%} | 8 | 0,72 | 0,72 | 1,40 | 0,2 | 18 |
| <i>N-kezelések átlagában</i> | | | | | | |
| Kontroll | 57 | 1,62 | 2,07 | 3,69 | 1,3 | 46 |
| Alginit | 63 | 3,14 | 3,64 | 6,78 | 1,2 | 78 |
| SzD _{5%} | 4 | 0,36 | 0,36 | 0,70 | 1,0 | 9 |
| F-érték | ** | *** | *** | *** | ** | *** |

Tapasztalataink szerint az extrém nedves, csapadékos évek és az extrém száraz, vízhiányos évek egyaránt drasztikus termésökkenéshez vezethetnek. A túl nedves időszakban az állomány kiritkul, fellépnek a szártó-betegségek, gombakártevők és elszaporodnak a gyomok. A nyári forró hónapokban viszont homoktalajon gyorsan fellép a vízhiány és „kisülhet” a növényzet. A 2012. évben részben, 2013-ban azonban egyaránt érvényesült a túl bő csapadék (vegetatív fázis) és a vízhiány (generatív fázis) pusztító hatása. Az időjárás eltérően hat a tenyészidő során a terméselemek képződésére (tőszám keléskor, kalászszaám bokrosodáskor, ezermagtömeg érés idején). A kedvező időjárás a generatív fázisban növelheti az 1000-mag tömeget némileg ellensúlyozva pl. a vegetatív fázis negatívumait. Vagy fordítva.

A negatív és pozitív hatások össze is adódhatnak. Termés a hatások eredőjeként alakul ki! Amint a 12. táblázat tanúsítja, az alginit 2013-ban nem tudta kifejteni látványosan pozitív hatását, bár a hatások igazolhatók. A szemtermés 1 t·ha⁻¹ alatt maradt, a föld feletti tritikále biomassza 1,5-3,0 t·ha⁻¹ között változott. A légszáraz gyomtömeg aratás idején a tritikále földfeletti légszáraz tömegének kb. 50%-át tette ki. Megemlítjük, hogy a kísérletben vegyszeres gyomirtást nem alkalmaztunk.

12. táblázat: A N x alginít kezelések hatása a tritikále magasságára, légszáraz tömegére és a légszáraz gyomtömegre aratáskor 2013-ban (Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos)

| N-adag kg·ha ⁻¹ ·év ⁻¹ | Magasság cm | Szem | Melléktermés | Biomassza | Melléktermés/ szem | Gyom t·ha ⁻¹ |
|---|----------------|--------------------|--------------|-----------|-----------------------|----------------------------|
| | | t·ha ⁻¹ | | | | |
| <i>Kontroll</i> | | | | | | |
| 0 | 44 | 0,73 | 1,47 | 2,20 | 2,1 | 1,1 |
| 50 | 36 | 0,49 | 1,25 | 1,74 | 2,7 | 1,0 |
| 100 | 39 | 0,54 | 1,34 | 1,88 | 2,6 | 1,0 |
| 150 | 38 | 0,38 | 1,10 | 1,48 | 3,6 | 0,9 |
| <i>Alginít 100 t·ha⁻¹</i> | | | | | | |
| 0 | 47 | 0,93 | 1,83 | 2,76 | 2,0 | 1,1 |
| 50 | 43 | 0,69 | 1,70 | 2,38 | 2,5 | 1,1 |
| 100 | 50 | 0,76 | 1,68 | 2,43 | 2,5 | 1,7 |
| 150 | 49 | 0,89 | 2,11 | 3,00 | 2,4 | 1,2 |
| SzD _{5%} | 5 | 0,30 | 0,46 | 0,73 | 1,1 | 0,5 |
| <i>N-kezelések átlagában</i> | | | | | | |
| Kontroll | 39 | 0,53 | 1,29 | 1,82 | 2,7 | 1,0 |
| Alginít | 47 | 0,81 | 1,83 | 2,64 | 2,4 | 1,3 |
| SzD _{5%} | 3 | 0,15 | 0,23 | 0,37 | 0,6 | 0,3 |
| F-érték | *** | *** | *** | *** | | * |

A 2014. év kedvezett a tritikále fejlődésének. Rendkívül kifejezett N-hatások érvényesültek ebben a csapadékos évben. Az alginít kezelések látványosan tovább növelték a N-trágyázás hatékonyságát. A N + alginít együttes alkalmazása nyomán a tritikále szem és szalma termése megötszöröződött elérve a 10,5 t·ha⁻¹ légszáraz biomassza tömeget a 150 kg·ha⁻¹·év⁻¹ N-trágyázott parcellákon. A légszáraz gyomtömeget az alginít kezelés némileg növelte, míg a kontroll talajon a N-kínálattal járó nagyobb tritikále termés a gyomosodást láthatóan mérsékelte (13. táblázat).

2015-ben a bonitálások a nitrogén erőteljesebb, míg az alginít kezelés mérsékeltebb hatását vetítették elő. A homoktalajokra jellemző talajheterogenitás hatása is tetten érhető volt a parcellákon. Szembetűnő, és kissé nehezen értelmezhető volt a betakarításkorra kialakult kalászfuzáriózis. Az alginít nélküli kezelésben a növekvő N szinteken mérséklődő kalászfertőzés volt tapasztalható. Valamennyi alginites kezelésben ugyanakkor erőteljes volt a kalászfuzáriózis. A 2015-ös év a kalászfuzáriózis (*Fusarium* spp.) helyenként tömeges fellépésével vált emlékezetessé. A fertőzés mértéke igen nagymértékben függ elsősorban a májusi időjárás alakulásától. A megbetegedéshez három tényező szükséges: fertőző anyag, megfelelő környezeti körülmények és fogékony gazdanövény. 2015 májusában mindhárom tényező jelen volt, így annak ellenére következhetett be az esetleges fertőzés, hogy a gazdálkodók kiemelt figyelmet fordítanak ebben az időszakban a gabonák kalászfuzáriózis elleni védelmére.

13. táblázat: A N x alginit kezelések hatása a tritikále magasságára, légszár az tömegére és a légszár az gyomtömegre aratáskor 2014-ben (Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos)

| N-adag kg·ha ⁻¹ ·év ⁻¹ | Magasság cm | Szem | Melléktermés | Biomassza | Melléktermés/ szem | Gyom t·ha ⁻¹ |
|---|----------------|--------------------|--------------|-----------|-----------------------|----------------------------|
| | | t·ha ⁻¹ | | | | |
| <i>Kontroll</i> | | | | | | |
| 0 | 40 | 0,44 | 0,67 | 1,10 | 1,3 | 1,8 |
| 50 | 51 | 0,62 | 1,36 | 1,97 | 2,2 | 1,2 |
| 100 | 54 | 0,62 | 1,85 | 2,47 | 3,2 | 1,0 |
| 150 | 62 | 1,85 | 3,70 | 5,55 | 2,0 | 0,8 |
| <i>Alginit 100 t·ha⁻¹</i> | | | | | | |
| 0 | 43 | 0,68 | 1,09 | 1,77 | 1,6 | 2,0 |
| 50 | 62 | 1,60 | 3,46 | 5,05 | 2,4 | 1,4 |
| 100 | 61 | 1,51 | 2,67 | 4,18 | 1,9 | 2,2 |
| 150 | 72 | 3,81 | 6,73 | 10,54 | 1,8 | 1,1 |
| SzD _{5%} | 10 | 0,84 | 1,18 | 1,84 | 1,0 | 0,9 |
| <i>N-kezelések átlagában</i> | | | | | | |
| Kontroll | 52 | 0,88 | 1,89 | 2,77 | 2,2 | 1,2 |
| Alginit | 59 | 1,90 | 3,49 | 5,39 | 1,9 | 1,7 |
| SzD _{5%} | 5 | 0,42 | 0,60 | 0,94 | 0,5 | 0,5 |
| F-érték | ** | *** | *** | *** | | |

Bár a tritikále a növényi kórokozókra az őszi búzánál kevésbé fogékonyak tekinthető, 2015-ben N x alginit kezeléssel tritikále kísérletünkben a kalászfuzáriózis annak ellenére fellépett, hogy május 5-én az állomány 1 l·ha⁻¹ Falcon Pro gombaölőszeres permetezésben részesült. 2015-ben a kalászfuzáriózis fertőzésben meglévő különbségek a szemtermés eredményekben is megmutatkoztak. A légszár az tritikálé betakarításkori mért termés adatait, ill. termésselem adatait a 14. táblázatban tekinthetjük át.

Ebben a száraz évben a betakarításkori növénymagasságokban inkább a N kezelés hatása volt a domináns, mint az alginit kijuttatásé. A szemtermés mennyiségek a kontroll kezelésekben az 50 és a 150 kg·ha⁻¹ szintek között szintenként mintegy 0,3 t·ha⁻¹-al növekedtek. Az alginitet is kapott, kalászfuzárióissal fertőzött kezelésekben ezek a különbségek csupán 0,1 t·ha⁻¹, ill. 0,0 t·ha⁻¹ voltak. A termésképzésben a döntő tényezőnek az ezerszem tömeg bizonyulhatott ebben a csapadékos májusú 2015-ben. Alginit nélkül, a N szintek átlagában, csaknem 25%-kal voltak súlyosabbak a szemek, mint alginit kezeléssel. Elképzelhető, hogy a kémhatás viszonyokban meglévő különbségek (a semlegeshez közeli pH, szabad mésztartalom a szántott rétegben) kedveztek a kalász fuzárium fertőzés kialakulásának. 2015-ben, országos viszonylatban is, főképpen meszes talajokon termesztett az őszi búza állományokban lépett fel tömegesen a kalászfuzáriózis.

A nitrogénnek az ezerszem tömegre gyakorolt hatása ellentétesnek bizonyult: alginit nélkül növekvő, alginit kijuttatással csökkenő ezerszem tömegeket kaptunk az egyre nagyobb N szinteken, bizonyítva a súlyos kalászfuzáriózis negatív hatását az alginites kezelésekben.

14. táblázat: N x alginit kezelések hatása a légszáraz tritikálé termésére, 2015. július 9-én (Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos)

| N-adag kg·ha ⁻¹ ·év ⁻¹ | Magasság cm | Szem | Melléktermés | Biomassza | Mellékt./ Szem | Szemsúly g·100 ⁻¹ kalász | Ezerszem tömeg, g |
|---|----------------|--------------------|--------------|-----------|-------------------|--|----------------------|
| | | t·ha ⁻¹ | | | | | |
| Kontroll | | | | | | | |
| 0 | 57,5 | 0,46 | 1,31 | 1,78 | 2,8 | 11,5 | 44,9 |
| 50 | 55,0 | 0,62 | 1,48 | 2,10 | 3,2 | 15,0 | 42,3 |
| 100 | 65,0 | 0,90 | 1,86 | 2,77 | 2,1 | 21,7 | 51,0 |
| 150 | 72,5 | 1,20 | 2,38 | 3,58 | 2,0 | 24,2 | 50,8 |
| Alginit 100 t·ha ⁻¹ | | | | | | | |
| 0 | 55,0 | 0,39 | 1,44 | 1,83 | 3,9 | 8,7 | 40,9 |
| 50 | 62,5 | 0,56 | 2,16 | 2,73 | 4,2 | 14,3 | 35,6 |
| 100 | 57,5 | 0,66 | 2,52 | 3,18 | 3,8 | 14,2 | 36,2 |
| 150 | 62,5 | 0,72 | 2,50 | 3,23 | 3,4 | 16,7 | 32,9 |
| SzD _{5%} | 19,5 | 0,60 | 1,21 | 1,69 | 2,1 | 12,6 | 15,5 |
| N-kezelések átlagában | | | | | | | |
| Kontroll | 62,5 | 0,80 | 1,76 | 2,55 | 2,5 | 18,1 | 47,2 |
| Alginit | 59,4 | 0,58 | 2,16 | 2,74 | 3,8 | 13,5 | 36,4 |
| SzD _{5%} | 10 | 0,30 | 0,60 | 0,84 | 1,1 | 6,3 | 7,7 |
| F-érték | N | N | N | N | X | N | X |

F-érték: *95, **99, ***99,9% szignifikancia.

Ugyanakkor az adatok alapján az is szembetűnő, hogy az előző évek eredményeinek megfelelően az alginit 2015-ben is biomassza növelő hatást mutatott a fuzáriózissal nem érintett melléktermés esetében. Alginit nélkül a N150 szinten, alginit kijuttatással már az N50 szinten maximum közeli szalmaterméseket kaptunk. A N szintek átlagában, alginit hatására mintegy 20%-kal voltak nagyobbak a szalmatermések, mint a kontroll kezelésekben.

A melléktermés / főtermés arányok hűen tükrözték a szem-, ill. a szalmatermések alakulásában leírtakat. Az összes földfeletti tömegben a szem- ill. szalmatermésekben kialakult különbségek kiegyenlítődték. 2015-ben az összes földfeletti tömegben főképpen a N hatását lehetett kimutatni, az alginit kezelését kevésbé.

A javuló pH tehát az alginit kezelés pozitív, termésmenővelő hatását vetítette elő 2015-ben is, a nagyobb szalmatermés tömegen keresztül. A kalászfuzáriózis feltőzés ezt a termésmenővekedést ugyanakkor meghiúsította.

A 2016 tavaszán és nyár elején elvégzett bonitálások mind az alginit, mind a nitrogén kezelések erőteljes hatásairól tanúskodnak. Bár a kísérlet a I., II. ismétlésében alkalmazott, az egyszikű gyomok ellen is hatékony Genius WG gyomirtószer erőteljesen visszaszorította a széltippan fertőzést, a III., IV. ismétlésekben ennek ellenére nem tapasztaltuk kevésbé fejlett tritikálé állományokat, mint az I., II. ismétlésekben.

A szem- és szalmatermés eredményekben mind az alginit, mind a nitrogén hatása is erőteljesen megmutatkozott. A légszáraz tritikálé betakarításkori mért termés adatait, ill. terméselem adatait a 15. táblázatban tekinthetjük át.

15. táblázat. N x alginit kezelések hatása a légszáraz tritikálé termésére, 2016. július 28. (Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos)

| N-adag kg·ha ⁻¹ ·év ⁻¹ | Magasság cm | Szem | Melléktermés | Biomassza | Melléktermés/ | Szemsúly |
|---|----------------|--------------------|--------------|-----------|---------------|----------------------------|
| | | t·ha ⁻¹ | | | Szem | g·100 ⁻¹ kalász |
| Kontroll | | | | | | |
| 0 | 53,8 | 0,36 | 0,50 | 0,86 | 1,4 | 38,7 |
| 50 | 67,5 | 1,00 | 1,54 | 2,54 | 1,6 | 56,2 |
| 100 | 72,5 | 0,87 | 1,08 | 1,95 | 1,2 | 77,8 |
| 150 | 68,8 | 0,88 | 1,14 | 2,03 | 1,4 | 93,7 |
| Alginit 100 t·ha ⁻¹ | | | | | | |
| 0 | 53,8 | 0,60 | 0,74 | 1,33 | 1,3 | 44,7 |
| 50 | 71,3 | 1,44 | 1,82 | 3,27 | 1,3 | 68,2 |
| 100 | 70,0 | 1,31 | 1,85 | 3,16 | 1,4 | 65,0 |
| 150 | 73,8 | 1,57 | 2,23 | 3,80 | 1,4 | 80,9 |
| SzD _{5%} | 5,5 | 0,37 | 0,53 | 0,80 | 0,5 | 29,2 |
| N-kezelések átlagában | | | | | | |
| Kontroll | 65,6 | 0,78 | 1,07 | 1,84 | 1,4 | 66,6 |
| Alginit | 67,2 | 1,23 | 1,66 | 2,89 | 1,4 | 64,7 |
| SzD _{5%} | 2,8 | 0,19 | 0,27 | 0,40 | 0,2 | 14,6 |
| F-érték | N | *** | *** | *** | N | N |

F-érték: *95, **99, ***99,9% szignifikancia.

Ebben a csapadékos évben a betakarításkori növénymagasságokban inkább a N kezelés hatása volt a domináns, mint az alginit kijuttatásé. A szemtermés mennyiségek a kontroll kezelésekben az 50 kg·ha⁻¹ szintekig növekednek. A maximális N hatás itt mintegy 0.6 t·ha⁻¹ volt. Az alginitet is kapott kezelésekben viszont a N hatások a legnagyobb, 150 kg·ha⁻¹ szintig növekedtek. Az alginites kezelésekben a maximális N hatás megközelítette az 1.0 t·ha⁻¹-t. A N szintek átlagában, alginit hatására mintegy 50%-os (0.4 t·ha⁻¹) terméstöbbletet értünk el.

Az előző évek eredményeinek megfelelően, a melléktermések, és az összes földfeletti biomassza tömege is a főtermésnél tapasztalt N x alginit hatás trendeket követték. Míg a N, ill. alginit nélküli abszolút kezelésben az összes földfeletti tömeg csupán 0.9 t·ha⁻¹ volt, addig az N150 szinten, alginit kijuttatással ez az érték több, mint a négyszeresére, 3.8 t·ha⁻¹-ra növekedett. A N szintek átlagában, alginit hatására mintegy 55%-kal voltak nagyobbak a szalmatermések, mint a kontroll kezelésekben. Az összes földfeletti tömegben az alginit hatása 1.0 t·ha⁻¹ volt.

A melléktermés / főtermés arányokban N x alginit hatás nem volt megfigyelhető, mivel ez a két mutató együtt változott az eltérő kezelésekben.

Összefoglalásképpen a N x alginit kezelés hatását a tritikále szem- illetve szalmatermesre az öt év átlagában is kifejeztük (16. táblázat). Az ötéves összefoglaló táblázatban betekintést nyerhetünk az évjáráthatásokra is, mint ahogy azokra a terméseredmények évenkénti értékelésekor is kitértünk. Jól látszik, hogy a 2012-es kedvező, a 2014-es és 2016-os évek közepes, míg a 2013-as és 2015-ös évek alacsony terméshozamot produkáltak. Az ingadozások elsődleges okai az időjárási tényezők, a csapadék mennyisége és időbeli eloszlása, valamint a gyomosság és a fuzárium fertőzés lehettek.

16. táblázat. N x alginit kezelések hatása a légszáraz tritikálé termésére 2012 és 2016 között
(Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos)

| N adag kg ha ⁻¹ év ⁻¹ | 2012 | | 2013 | | 2014 | | 2015 | | 2016 | | Átlag | |
|--|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|-------|--------|
| | Szem | Szalma | Szem | Szalma | Szem | Szalma | Szem | Szalma | Szem | Szalma | Szem | Szalma |
| Kontroll | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1,30 | 1,57 | 0,73 | 1,47 | 0,44 | 0,67 | 0,46 | 1,31 | 0,36 | 0,50 | 0,66 | 1,10 |
| 50 | 1,86 | 2,44 | 0,49 | 1,25 | 0,62 | 1,36 | 0,62 | 1,48 | 1,00 | 1,54 | 0,92 | 1,61 |
| 100 | 2,15 | 2,54 | 0,54 | 1,34 | 0,62 | 1,85 | 0,90 | 1,86 | 0,87 | 1,08 | 1,02 | 1,73 |
| 150 | 1,18 | 1,74 | 0,38 | 1,10 | 1,85 | 3,70 | 1,20 | 2,38 | 0,88 | 1,14 | 1,10 | 2,01 |
| Alginit 100 t·ha⁻¹ | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 2,01 | 2,36 | 0,93 | 1,83 | 0,68 | 1,09 | 0,39 | 1,44 | 0,60 | 0,74 | 0,92 | 1,49 |
| 50 | 3,31 | 3,75 | 0,69 | 1,70 | 1,60 | 3,46 | 0,56 | 2,16 | 1,44 | 1,82 | 1,52 | 2,58 |
| 100 | 3,87 | 4,52 | 0,76 | 1,68 | 1,51 | 2,67 | 0,66 | 2,52 | 1,31 | 1,85 | 1,62 | 2,65 |
| 150 | 3,38 | 3,93 | 0,89 | 2,11 | 3,81 | 6,73 | 0,72 | 2,50 | 1,57 | 2,23 | 2,07 | 3,50 |
| SzD _{5%} | 0,72 | 0,72 | 0,30 | 0,46 | 0,84 | 1,18 | 0,60 | 1,21 | 0,37 | 0,53 | 0,27 | 0,39 |
| N-kezelések átlagában | | | | | | | | | | | | |
| Kontroll | 1,62 | 2,07 | 0,53 | 1,29 | 0,88 | 1,89 | 0,80 | 1,76 | 0,78 | 1,07 | 0,92 | 1,62 |
| Alginit | 3,14 | 3,64 | 0,81 | 1,83 | 1,90 | 3,49 | 0,58 | 2,16 | 1,23 | 1,66 | 1,53 | 2,56 |
| SzD _{5%} | 0,36 | 0,36 | 0,15 | 0,23 | 0,42 | 0,60 | 0,30 | 0,60 | 0,19 | 0,27 | 0,13 | 0,20 |
| F-érték | *** | *** | *** | *** | *** | *** | N | N | *** | *** | *** | *** |

5. A N x alginit kezelések hatása a szalma és a szem elemtartalmára

Amint a 17. táblázatban látható, a 2012-ben végzett elemösszetétel vizsgálatok alapján a kontroll talajon a N-kínálat emelkedésével (pH csökkenésével, az elsavanyodással) a K betöményedik, míg a Mg hígul a szalmában. A növényi Mn-felvétel és a pH ismert összefüggését tükrözi a Mn akkumulációja az elsavanyodó talajon. Az alginit kezelés eredményeképpen nő a Ca és Mg, illetve visszaesik a Mn a szalmában (meszező hatás). Emlékeztetőül, a 100 t·ha⁻¹ leszántott alginit elemzéseink szerint 15,4 t·ha⁻¹ CaCO₃ egyenértéket képviselt, tehát egy melioratív meszezést jelentett. A bevitt S mennyisége 124 kg·ha⁻¹ volt. A szalma S-tartalma 0,07%-ról 0,12%-ra nőtt az alginit hatására.

17. táblázat: Alginit kezelés hatása a légszáraz tritikále szalma és szem elemtartalmára aratáskor 2012-ben a N-kezelések átlagában (Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos)

| SZALMA | | | | | | |
|------------------------|---------------------|---------------------|------|------|---------------------|---------------------|
| N-kezelések átlagai | K | Ca | Mg | P | S | Mn |
| | % | | | | | mg·kg ⁻¹ |
| Kontroll | 0,80 | 0,18 | 0,06 | 0,10 | 0,07 | 221 |
| Alginit | 0,71 | 0,23 | 0,13 | 0,11 | 0,12 | 126 |
| SzD _{5%} | 0,10 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 44 |
| F-érték | | ** | *** | | *** | *** |
| N-kezelések átlagai | Zn | Ba | Cu | Ni | Mo | Co |
| | mg·kg ⁻¹ | | | | | μg·kg ⁻¹ |
| Kontroll | 16,6 | 19,7 | 5,2 | 3,0 | 0,39 | 164 |
| Alginit | 12,6 | 10,7 | 4,6 | 2,1 | 1,42 | 103 |
| SzD _{5%} | 2,2 | 2,3 | 0,5 | 0,7 | 0,50 | 37 |
| F-érték | ** | *** | * | * | *** | ** |
| SZEM | | | | | | |
| N-kezelések átlagai | Mg | Mn | Zn | Ba | Mo | Cd |
| | % | mg·kg ⁻¹ | | | μg·kg ⁻¹ | |
| Kontroll | 0,11 | 90 | 36 | 2,4 | 200 | 27 |
| Alginit | 0,14 | 42 | 32 | 0,4 | 889 | 63 |
| SzD _{5%} | 0,02 | 13 | 3 | 0,6 | 184 | 8 |
| F-érték | *** | *** | ** | *** | *** | *** |

Megjegyzés: a szalmában Al 127, Fe 136, Na 18, Sr 14, B 5 mg·kg⁻¹; Cr 225, Cd 105 μg·kg⁻¹ átlagosan a kezeléstől függetlenül. A szemben Se 600, As 400, Pb 300, Ni 200, Hg és Cr 100, Co 40 μg·kg⁻¹ kimutatási határ alatt

Ami a mikroelemeket illeti, a N-kínálattal, illetve az erősödő savanyodással emelkedett a Zn, Ba és a Co, illetve mérséklődött a Mo koncentrációja a szalmában. A mészhatású alginit a N-kezelések átlagában csökkentette a Zn, Ba, sőt a Cu, Co és Ni akkumulációját is. A Mo közismerten lúgos közegben válik mobilissá, molibdenát anionként könnyebben felvehető a növények számára. A nyírségi talaj Mo-szolgáltatását tehát javíthatja az alginites kezelés, mely agronómiai és élettani/takarmányozási szempontból előnyös lehet. Megemlítjük, hogy a kezelésektől függetlenül az Al 127, Fe 136, Na 18, Sr 14, B 5 mg·kg⁻¹, míg a Cr 225, Cd 105 µg·kg⁻¹ átlagos tartalmat mutatott. A Se 0,12; Hg 0,10; As 0,08; Sn 0,05 mg·kg⁻¹ kimutatási határ alatt volt (17. táblázat).

A szem genetikailag védettebb, a kezeléshatások kevésbé kifejezettek. A kontroll talajon érdemben nem változott a N-kínálattal a K, P, S, Mg, Ca makroelemek koncentrációja. A Mn-akkumuláció viszont itt is kifejezett a szalmához hasonlóan. Az alginit alkalmazása (mészhatása) tükröződik az emelkedett Mg és Ca, illetve csökkenő Mn tartalmakban. Némileg nőtt a szemtermés S-készlete is, de statisztikailag egyértelműen nem bizonyítható.

Kontroll talajon a N-kínálattal (elsavanyodással) nagyobb Zn, Fe, Ba, illetve kisebb Mo tartalmakat mérünk a szemtermésben. Az alginit-trágyázással, amint a N-kezelések átlagai mutatják, mérséklődött a Cd és 4-szeresére ugrott a Mo beépülése. Az As, Co, Cr, Hg, Ni, Pb, Se elemek koncentrációja a kimutatási határ alatt maradt a szemtermésben (17. táblázat).

A tritikále szalmában, amint a 18. táblázatban látható, még 2016-ban is érvényesült a korábbi trend, azaz a kontroll talajon a N-kínálat emelkedésével a K betöményedett, míg a Mg hígult. A Mn továbbra is akkumulálódott az elsavanyodó talajon. Még a 100 t·ha⁻¹ alginit kijuttatás utáni ötödik évben is, annak tartamhatása eredményeképpen, csökkent a szalma K koncentráció (az ismert K-Ca-Mg antagonizmusból fakadóan), nőtt a Ca és Mg, illetve visszaesett a Mn tartalom. A szalma S-tartalma ugyanakkor az ötödik évben csak minimálisan, 0,05%-ról 0,06%-ra nőtt az alginit hatására. Mint ismeretes, a talaj könnyen oldható S frakciójára – a N-hez hasonlóan – a talajlakó mikroszervezetek szignifikáns hatást gyakorolhatnak, befolyásolva a növényi S tartalmakat is (18. táblázat).

A mikroelemek közül a tritikále szalmában a kontroll talajon a N-kínálattal, illetve az erősödő savanyodással, leglátványosabban a Zn koncentrációja emelkedett. Ezzel ellentétes folyamat eredményeképpen, látványosan mérséklődött a Mo koncentrációja a szalmában, a szakirodalomban tapasztaltakkal egyezően. Az Fe, a Ba, a Sr és a Cd nem mutatott jellegzetes változásokat a növekvő N szinteken a kontroll talajokon.

A mészhatású alginit, a N-kezelések átlagában, öt évvel a kijuttatás után, csökkentette a szalma K, Mn, Zn, Ba, és Cd akkumulációját is. A Mo felvétele az alginites kezelés hatására emelkedő pH következtében nőtt. Szintén, kisebb mértékben, növekedett a szalma Fe és Sr koncentrációja is alginit hatására, a kijuttatás utáni 5. évben. Megemlítjük, hogy a kezelésektől függetlenül az Al 124, a Na 46, a Cu és a Ni 5, a B 3 mg·kg⁻¹, míg a Cr 370, a Co 65 µg·kg⁻¹ átlagos tartalmat mutatott a szalmában. A Se 0,12; Hg 0,10; As 0,08; Sn 0,05 mg·kg⁻¹ kimutatási határ alatt volt (18. táblázat).

18. táblázat. A N x alginit kezelések hatása a légszáraz tritikále szalma elemtartalmára aratáskor, 2016. (Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos)

| N-adagok kg·ha ⁻¹ ·év ⁻¹ | K | Ca | Mg | P | S | Mn |
|---|------|------|------|------|------|---------------------|
| | % | | | | | mg·kg ⁻¹ |
| Kontroll | | | | | | |
| 0 | 0,76 | 0,27 | 0,07 | 0,09 | 0,06 | 67 |
| 50 | 0,54 | 0,28 | 0,08 | 0,07 | 0,05 | 41 |
| 100 | 0,84 | 0,26 | 0,05 | 0,08 | 0,05 | 146 |
| 150 | 0,94 | 0,24 | 0,05 | 0,08 | 0,05 | 164 |
| Alginit 100 t·ha ⁻¹ | | | | | | |
| 0 | 0,74 | 0,34 | 0,10 | 0,12 | 0,08 | 23 |
| 50 | 0,75 | 0,30 | 0,07 | 0,09 | 0,06 | 62 |
| 100 | 0,48 | 0,34 | 0,09 | 0,09 | 0,05 | 22 |
| 150 | 0,41 | 0,33 | 0,09 | 0,06 | 0,05 | 24 |
| SzD _{5%} | 0,24 | 0,07 | 0,02 | 0,04 | 0,02 | 66 |
| N-kezelések átlagában | | | | | | |
| Kontroll | 0,77 | 0,26 | 0,06 | 0,08 | 0,05 | 104 |
| Alginit | 0,60 | 0,33 | 0,08 | 0,09 | 0,06 | 33 |
| SzD _{5%} | 0,12 | 0,04 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 33 |
| F-érték | ** | ** | *** | N | * | *** |

| N-adagok kg·ha ⁻¹ ·év ⁻¹ | Fe | Ba | Sr | Zn | Mo | Cd |
|---|---------------------|------|------|------|------|---------------------|
| | mg·kg ⁻¹ | | | | | µg·kg ⁻¹ |
| Kontroll | | | | | | |
| 0 | 161 | 25,8 | 21,9 | 9,7 | 0,54 | 75 |
| 50 | 121 | 16,7 | 18,9 | 7,6 | 0,62 | 62 |
| 100 | 161 | 28,3 | 19,8 | 11,7 | 0,35 | 75 |
| 150 | 138 | 25,6 | 16,1 | 17,6 | 0,16 | 62 |
| Alginit 100 t·ha ⁻¹ | | | | | | |
| 0 | 157 | 18,7 | 28,4 | 11,2 | 1,72 | 70 |
| 50 | 148 | 16,9 | 21,6 | 7,1 | 1,06 | 72 |
| 100 | 142 | 13,4 | 24,3 | 6,9 | 1,30 | 57 |
| 150 | 226 | 10,2 | 23,2 | 5,6 | 0,93 | 50 |
| SzD _{5%} | 66 | 7,6 | 5,1 | 5,2 | 0,54 | 36 |
| N-kezelések átlagában | | | | | | |
| Kontroll | 145 | 19,7 | 19,2 | 11,6 | 0,42 | 75 |
| Alginit | 168 | 10,7 | 24,4 | 7,7 | 1,25 | 62 |
| SzD _{5%} | 33 | 3,8 | 2,6 | 2,6 | 0,26 | 18 |
| F-érték | N | *** | *** | ** | *** | N |

F-érték: *95; **99; ***99,9% szignifikancia. Az Al 124; Na 46; Cu és Ni 5; B 3 mg·kg⁻¹; Cr 370, Co 66 µg·kg⁻¹ átlagosan a kezelésektől függetlenül. A Se 0,12; Hg 0,10; As 0,08; Sn 0,05 mg·kg⁻¹ kimutatási határ alatt.

A tritikále szemtermésben a kontroll talajon érdemben nem változott a N-kínálattal a K, és a Ca makroelemek koncentrációja. A P, az Mg és az S tartalmak kisebb mértékben csökkentek a javuló N kínálattal (19. táblázat).

19. táblázat. A N x alginit kezelések hatása a légszáraz tritikále szemtermés elem-tartalmára aratáskor, 2016. (Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos)

| N-adagok kg·ha ⁻¹ ·év ⁻¹ | K | P | Mg | S | Ca | Mn |
|---|------|------|------|------|---------------------|-----|
| | % | | | | mg·kg ⁻¹ | |
| Kontroll | | | | | | |
| 0 | 0,55 | 0,45 | 0,18 | 0,17 | 354 | 45 |
| 50 | 0,56 | 0,42 | 0,18 | 0,15 | 342 | 38 |
| 100 | 0,61 | 0,44 | 0,17 | 0,17 | 390 | 86 |
| 150 | 0,59 | 0,40 | 0,16 | 0,15 | 361 | 80 |
| Alginit 100 t·ha ⁻¹ | | | | | | |
| 0 | 0,52 | 0,44 | 0,18 | 0,18 | 339 | 20 |
| 50 | 0,53 | 0,40 | 0,15 | 0,16 | 301 | 36 |
| 100 | 0,52 | 0,38 | 0,15 | 0,15 | 355 | 20 |
| 150 | 0,60 | 0,41 | 0,17 | 0,16 | 416 | 24 |
| SzD _{5%} | 0,06 | 0,06 | 0,03 | 0,03 | 58 | 27 |
| N-kezelések átlagában | | | | | | |
| Kontroll | 0,58 | 0,43 | 0,17 | 0,16 | 362 | 62 |
| Alginit | 0,54 | 0,41 | 0,16 | 0,16 | 353 | 25 |
| SzD _{5%} | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 29 | 14 |
| F-érték | * | N | N | N | N | *** |

| N-adagok kg·ha ⁻¹ ·év ⁻¹ | Zn | Fe | Mo | Ni | Co | Cd |
|---|---------------------|----|-----|------|---------------------|----|
| | mg·kg ⁻¹ | | | | μg·kg ⁻¹ | |
| Kontroll | | | | | | |
| 0 | 41 | 36 | 0,8 | 0,27 | 40 | 61 |
| 50 | 35 | 26 | 1,0 | 0,22 | 68 | 56 |
| 100 | 40 | 29 | 0,4 | 0,29 | 76 | 75 |
| 150 | 44 | 26 | 0,3 | 0,35 | 137 | 76 |
| Alginit 100 t·ha ⁻¹ | | | | | | |
| 0 | 31 | 33 | 2,2 | 0,20 | 40 | 68 |
| 50 | 29 | 25 | 1,6 | 0,30 | 63 | 80 |
| 100 | 23 | 26 | 2,1 | 0,20 | 63 | 51 |
| 150 | 25 | 30 | 1,6 | 0,22 | 40 | 46 |
| SzD _{5%} | 9 | 6 | 0,7 | 0,10 | 31 | 39 |
| N-kezelések átlagában | | | | | | |
| Kontroll | 40 | 29 | 0,6 | 0,28 | 80 | 67 |
| Alginit | 27 | 28 | 1,9 | 0,23 | 52 | 61 |
| SzD _{5%} | 4 | 3 | 0,4 | 0,05 | 16 | 19 |
| F-érték | *** | N | *** | * | ** | N |

F-érték: *95;**99;***99,9% szignifikancia. A Se 0,6; As 0,4; Pb 0,3; Hg és Cr 0,1 mg·kg⁻¹ kimutatási határ alatt.

A Mn-akkumuláció viszont itt is kifejezett, a szalmához hasonlóan, csaknem a duplájára növekedett a legnagyobb N szinten (19. táblázat).

Öt évvel a 100 t·ha⁻¹ alginit kijuttatása után, a szemtermésben a mazo- és mezoelemek, ill. a Mn vonatkozásában csupán az utóbbiban volt szignifikáns elemtartalom csökkenés.

A kontroll talajon a N-kínálattal (elsavanyodással) nagyobb tritikále szem Ni, Co és Cd illetve kisebb Mo tartalmakat mérünk. A Zn és Fe elemekben nem volt kimutatható N hatás a kontroll talajokon. Az alginit kijuttatás utáni ötödik évben, amint a N-kezelések átlagai mutatják, mérséklődött a szem Zn, Ni, Co, és, kisebb mértékben, a Cd koncentráció. Még öt évvel a 100 t·ha⁻¹ alginit kijuttatás után is háromszoros növekedést lehetett kimutatni a szem Mo tartalmakban, a megváltozott kémhatás viszonyok következtében javuló Mo kínálat következtében. Az As, Co, Cr, Hg, Ni, Pb, Se elemek koncentrációja a kimutatási határ alatt maradt (19. táblázat).

Összefoglalás

A nyírlugosi savanyú homoktalajon 1962 őszen beállított tartamkísérletben 5 éven át, a 2012-2016. években vizsgáltuk az alginit ásvány talajra és a tritikále növényre gyakorolt hatását. Az alginit adagja 100 t·ha⁻¹ volt melyet 0, 50, 100, 150 kg·ha⁻¹·év⁻¹ N-trágyázási parcellákra juttattuk ki 2011 őszen. Az eredeti 5 x 10 = 50 m² területű parcellákat megfeleztük, a parcellák alginnel nem kezelt fele szolgált kontrollként. A 4N + 4N (alginnel) = 8 kezelés x 4 ismétlés = 32 parcellás kísérletet adott. Főbb eredmények:

1. Talajfizikai méréseink szerint az alginit kezelések nem módosították a talaj összporozitását, a vízkapacitást. A szabadföldi vízkapacitás azonban átlagosan 4,4%-kal nőtt, bár nem szignifikánsan. A kötöttség K_A 30,2 értékről 31,6 értékre emelkedett igazolhatóan az első évben.

2. Alginnel kezelt parcellákon a pH(KCl) 3,9-ről 6,2-re; CEC 1,3-ről 3,6-ra; EC ms cm⁻¹ 21-ről 67-re; a bázistelítettség 53%-ról 74%-ra nőtt, míg a hidrolitos aciditás 10-ről 6-ra mérséklődött az első év után. A 2016-os talajvizsgálatok alapján öt évvel az alginit kijuttatása után, a kémhatás a savanyú tartományból továbbra is a semleges körüli tartományba emelkedve maradt mind a vizes (5.1 → 6.8), mind a KCl-es pH (4.1 → 6.3) értékek alapján. Az elektromos vezetőképesség mintegy 50%-kal, a kationcserélő kapacitás 35%-kal növekedett. A hidrolitos aciditás (y₁) értékekben is drasztikus különbségek (11 → 4) maradtak, ami az alginit talajjavító, meszező tartamhatásáról tanúskodik.

3. Alginnel kezelt parcellákon az NH₄-acetát+EDTA oldható Ca 154-ről 730-ra; K₂O 50-ről 62-re; Mg 18-ről 104-re; Sr 0,9-ről 4,4 mg·kg⁻¹; a Ni 125-ről 330 µg·kg⁻¹ értékre emelkedett az első évben. A számottevő P tartalom következtében öt évvel a kijuttatás után még mindig 30%-kal nagyobb AL-P₂O₅ tartalmat mértünk az alginites kezelésekben, míg az AL-K₂O tartalmakban már nem volt megbízható növekedés.

4. Alginit hatására mind az öt kísérleti évben nőtt a tritikále földfeletti biomassza termése. Az öt év átlagában a szem hozama 0,92-ről 1,53 t·ha⁻¹-ra, a szalmáé 1,62-ről 2,56 t·ha⁻¹-ra nőtt az alginit kezelés nyomán. A szemtermés

növekmény a $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$ N trágyázásban részesült parcellákon volt a legkifejezettebb, közel kétszeres mértékű.

5. Alginittel kezelt parcellákon az első évben nőtt a tritikále szemtermés Mg, Mo, illetve csökkent a Mn, Zn, Ba felvétele. A szalma Ca, Mg, S, Mo koncentrációja emelkedett, míg a Mn, Zn, Ba, Cu, Ni, Co elemek beépülését az alginit gátolta. Hasonló trendek érvényesültek 2016-ban is.

6. Az alginit hasonló savanyú homokok meliorációjára alkalmas ásvány, mely megszüntetheti e talajok savasságát, javítja a víztároló kapacitásukat, kolloidkészletüket, tápelemekben való gazdagságukat, aszálytűrő képességüket. A melioratív adag kijuttatása mellett, természetett növényeink N-igényének biztosításához kiegészítő nitrogén trágyázás is szükséges.

7. További egzakt kísérletekkel kellene feltárni az alginit alkalmazásának lehetőségeit pl. a szennyvizek, szennyvíziszapok, hígtrágyák stb. kezelésében, azok mezőgazdasági alkalmazását elősegítve.

Irodalom

1. ALGINIT (1999): Talajjavító, kondicionáló ásvány. Lelőhelye: Magyarország. Alginit Kitermelő és Értékesítő Kft. Budapest. 8 p.
2. BANOS J. (1999): Több tízmilliárdos vagyon parlagon. Napi Magyarország. Gazdaság. 1999. Január 4. Évszázadokig tartó kincsünk az alginit. 1 p.
3. BARANYAI F., FEKETE A., KOVÁCS I. (1987): A magyarországi talaj tápanyagvizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
4. BASCOMB, C. (1964): Rapid method for the determination of cation exchange capacity of calcareous and noncalcareous soils. J. Soil Sci. Food Agri. 15:821-823.
5. HELAL M.I.D. (2010): Alginit field trial in Egypt in the year 2010. Final Report. Terra Natural Resource GmbH. Germany and Switzerland. 14 p.
6. KÁDÁR I, SZEMES I, LOCH J, LÁNG I. (2011): A nyírlugosi műtrágyázási tartamkísérlet 50 éve. MTA Talajtani és Agrokémiail Kutatóintézet. Akaprint. Budapest.
7. LAKANEN, E. - ERVIÖ, R. (1971): A comparison of eight extractants for the determination of plant available microelements in soils. Acta Agr. Fenn. 123:223-232.
8. LÁNG I. (1963): A homoktalajok műtrágyázásának kérdései. MTA Agrártud. Oszt. Közlem. 22: 431-434.
9. MSZHK (2009): Gércei alginit forgalomba hozatali és felhasználási engedélye. Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Központ. Növény, Talaj és Agrárkörnyezetvédelmi Igazgatóság. 2009. Szeptember 8. Budapest. 8 p.
10. REX, M. & SCHERER, H. (2010): Impact of Alginit enrichments of a sandy soil on the soil and plant properties in a vegetation pot experiment. Report of results. Agric. Res. Station Kamperhof. Duisburg. Institute of Crop Science and Resource Conservation-Plant Nutrition. Univ. Bonn. 29 p.
11. SOLTI G. (1999): Az alginit. ZELBA Kft. Hungary-Magyarország. Piliscsaba. Budapest. 7 p. Kézirat. MTA ATK Talajtani és Agrokémiail Intézet. 1999. Január
12. TNR GMBH (2010): ALGINIT –DATA SHEET AND SPECIFICATION. Terra Natural Resources GmbH. Switzerland. Termékismertető. 2 p. www. Alginit.com

EFFECT OF GÉRCE ALGINIT ON THE FERTILITY OF AN ACIDIC SANDY SOIL DURING FIVE YEARS

Introduction

Alginit is an oil shale rock containing high organic matter which was formed 3-4 million years ago from fossil/buried and petrified algae biomass and decayed tufa. At that time, after the calming down of heavy volcanic activities, craters (tufa rings, maars) were formed. The water of the upper Pannonian inland sea leaked into the basin of the craters. Green algae (*Botryococcus brauni*) and other plants/animals proliferated in the nutrient-rich, low salinity waters of the crater lakes which resulted in eutrophication. Mortified in anaerobic conditions they accumulated at the bottom of the lake as a sapropelic mud (SOLTI 1999).

The name "alginit" indicates its algae biomass origin. Sixty-four elements were identified from the alginit rock, which are mostly located in the inorganic bounds of the triple layered silicates, as well as in organic or chelate bounds of humus materials. Clay minerals (smectite, illite), carbonates (calcite, dolomite) as well as amorphous quartz and silica dominate among the mineral components. In smaller amounts gypsum, plagioclase, K-feldspar, siderite, goethit, pyrite and magnesite can also be found. Within the framework of the mapping research program of the Geological Institute of Hungary (MÁFI) Gábor Solti explored onetime volcanic craters buried with alginit and basalt bentonite in 1974 (SOLTI 1999).

According to present knowledge it can be found exclusively in the Carpathian Basin. The alginit property is approximately 150 million tons. Opencast mining is economical at three locations. The stock of these three mines gives about the 90% of the total resource. Two mines operate in Hungary. The most significant mine is located in Gérce, which has about 80% of the whole property. According to drillings made in the last years, at this place alginit forms an average 40-60 m thick layer from the surface on an area of about 200 hectares with 100 million tons of recoverable reserves. The mine currently operates on 16 hectares.

Soil Protection Lab of Hungarian Agricultural Office (MSZH) in Tanakajd analysed three alginit samples in 2009. Average compositions of the samples were as below: moisture 37%, CaCO₃ 15%. Microelements/heavy metals: Pb 93, Cr 62, Cu 22, Ni 21, Co 20, As 10, Se < 0.5; Cd < 0.2 and Hg < 0.1 mg·kg⁻¹ in dry matter. The Center of the Hungarian Agricultural Office (MSZHK) licensing authority has granted the permission for commercial use and instructions, since the product does not have hazardous component, hazardous waste or other risky materials above the permitted limit values. According to the required quality criteria of the permission, the alginit as a soil improving material is brown, odourless, moist and soil-like material. Parameters: maximum 40% moisture, at least 14% CaCO₃ and organic material. As an upper limit concentration it can contain 100 Cu, Cr and Pb; 50 Co and Ni; 10 As; 5 Se; 2 Cd and 1 mg·kg⁻¹ Hg element in the dry matter. It can be used for amelioration of acidic soils and as an additive for growing mediums until 08 September 2019 the validity period of the permission (MSZHK 2009).

According to analyses of the UNIVERSITY OF BONN DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE AND NORD-WEST LUFA the alginite from G rce contains 52% clay, 42% silt and 6% sand. After the breakdown of carbonates and humus materials, clay falls to its half, i.e. 26%, while the silt fraction rises to 67%. The clay decrease is due to the disappearance of the fine structured lime from alginite. 1 m³ alginite can retain about 600 kg water from which about 400 litres remain available for plants. According to X-ray diffraction analysis clay minerals are represented as follows: smectite 50%, illite 40%, chlorite / vermiculite 10%. The expanding smectite can improve the water-holding capacity of the rock. Organic matter content may vary from 6 to 19%. However, C/N ratio is above 30, and the organic material is stable with long half-life. CaCO₃ content can reach 20%, and CEC 35 cmol·kg⁻¹ value. These properties may be particularly advantageous to ameliorate acidic sandy soils with natural poor water holding capacity and nutrient supply, and with little or no structure. According to the 2 pages brochure “due to the genetics the mineral is heterogeneous, thus accurate composition and quality can not be determined” (TNR GMBH 2010).

Effect of G rce alginite was studied in Germany on the properties of an acidic sandy soil and on spinach growing in 6 kg Mitscherlich pots with uniform additional NPKMgS fertilization. Alginite was mixed with soil in 0, 10, 15, 20 m/m% levels. Cation exchange capacity (CEC) of the soil increased to 2, 26, 38, 44 cmol·kg⁻¹ respectively with the doses, thus the increment was 10 to 20-fold. Shoot and root mass of spinach increased by 20 to 30%. In particular, the mass of fine, long roots became significant. Overall, a more stable soil structure has been established, water and nutrient use efficiency of plants became more favourable. The pH of the soil elevated and water storage capacity increased by 7-10%. According to leaching tests, higher amounts of Ca, Mg, K, Ni left with the percolating water from the alginite treated soil, while the amount of P decreased with increasing alginite doses. Unfortunately, composition and quality characteristics of alginite are not published by the authors (REX and SCHERER 2010).

A micro plot field experiment was set up on raw calcareous sandy soil with uniform NPK fertilization in Egypt in order to study the ameliorative effects of alginite. Alginite treatments were 0, 4, 8, 16 kg·m⁻², that is 0, 40, 80, 160 t·ha⁻¹ application rate. The established grass was irrigated every day from May till September. Under similar conditions 8-10 kg·m⁻², i.e. 80-100 t·ha⁻¹ finely ground alginite is recommended mixed with soil to a depth of 10 cm. Due to the treatments, structure and water-holding capacity of sandy soil improved. Longer and finer grass roots were formed, which interweaved the soil more intensively and thus stimulated the uptake of nutrients and water. Plant available water content increased from 6% to 10%, while the water storage capacity raised from 120 to 150 m³·ha⁻¹, thus the increment was from 12 to 15 mm·ha⁻¹. Mixed into the upper 10 cm layer resulted in higher alginite ratio, thus the treatment was more efficient compared to the distribution in 0-20 cm soil layer. Finely ground fraction of alginite below 2 mm was also more advantageous, noted by the author. The composition of alginite was again not published (HELAL 2010).

Comparison of the characteristics of alginite, communal compost from G d ll , sandy soil from Nyírlugos and loamy soil from Nagyhörcsök is shown in Table 1.

Alginit may contain extreme amount of clay, which is also indicated by the high K_A (water-holding capacity) value. In addition, its CaCO_3 and organic matter content are also outstanding. However it does not supply N for the plants, since it has extremely high C/N ratio. Thus the application requires additional N supply, as it can be ineffective without N. It is misleading to state that “alginit application ensures a complex supply of macro- and microelements in the soil for the development of plants ... alginit could substitute for fertilizers and also compensate the lack of organic manures” (BANOS 1999).

Table 1: Comparison of the characteristics of alginit, communal compost from Gödöllő, sandy soil from Nyírlugos and loamy soil from Nagyhörcsök (Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry, CAR, HAS)

| Analysed characteristics | Alginit mineral | Communal compost | Sandy soil Nyírlugos | Loamy soil Nagyhörcsök |
|------------------------------|-----------------|------------------|----------------------|------------------------|
| pH (H ₂ O) | 7.0-7.8 | 7.0-8.0 | 4.8-5.8 | 7.8-8.1 |
| pH (KCl) | 6.9-7.4 | 6.0-7.0 | 4.0-4.2 | 7.5-7.7 |
| Sand % | 10-20 | 60-65 | 86-92 | 15-20 |
| Silt % | 40-50 | 20-25 | 5.0-9.0 | 55-60 |
| Clay % | 40-50 | 10-15 | 3.0-5.0 | 20-25 |
| Water-holding cap. (K_A) | 60-90 | - | 23-25 | 38-40 |
| CaCO_3 % | 5-20 | 5-8 | - | 3-5 |
| Humus % | 5-13 | 30-40 | 0.5-0.8 | 2-4 |
| „Total” salt % | 0.2-0.4 | 0.4-0.6 | <0.02 | 0.02 |
| Total N % | 0.1-0.4 | 1.0-3.0 | <0.05 | 0.1-0.2 |
| C/N ratio | 30-180 | 7-8 | - | 10-15 |

Undoubtedly, slightly alkaline or neutral pH, large amount of Ca and Mg (and in some cases K, S and P) content as well as water storage capacity and richness in organic and mineral colloids of alginit makes it suitable for improvement of the quality and fertility of acidic, loose-structure, colloid-arm sandy soils. Alginit can also improve the water- and nutrient supply characteristics with the addition of N fertilizer. Drought tolerance of plants can be enhanced. Due to its colloidal structure alginit can bind the soil contaminants (detoxification), and may hinder their leaching and access to ground water. On acidic sandy soils, the liming, pH-increasing and colloid-enhancing effects of alginit are expected when it is applied in ameliorative doses.

Limiting factors of the utilization of alginit:

- Have to be transported, applied and manipulated in large quantities (10 to 100 t·ha⁻¹)
- The mined, deposited, “ready to sell” alginit has an average of 20 to 25% moisture content.

- In Hungary the soils of Nyírség and Belső-Somogy regions should be meliorated. These are the poorest regions of the country, so the operation requires financial support from the government.
- Ni content of alginite can reach or in some cases exceed the permitted 50 mg·kg⁻¹ D.M. limit value.

This latter fact has no agronomical, physiological or environmental impact, since in this calcareous medium this element will not be mobilized and taken up by plants.

Materials and Methods

One of the oldest long-term field experiment in Hungary is in the Nyírség region, in Nyírlugos which was set up by LÁNG (1963) on acidic sandy brown forest soil with thin interstratified layers of colloid and sesquioxide accumulation called “kovárvány”. Effects of five elements were studied in the experiment: N, P, K, Ca elements at 4-4 and Mg at 3 levels. The forms of fertilizers applied were Calcium-ammonium-nitrate, superphosphate, muriate of potash, ground limestone and dolomite powder. Number of treatments are 32 with 4 replications giving a total of 128 plots. Size of the plots are 5 x 10 = 50 m² arranged in randomized factorial block design. Originally the number of plots were 512, because earlier the effects of different varieties and plough depth were also studied. Triticale is grown in monoculture since 1991 in the experiment. The conditions and the lessons learned from the 50 years of the experiment were described more detailed in a book published recently (KÁDÁR et al. 2011).

The alginite was applied one time in 100 t·ha⁻¹ ameliorative amount at four different N doses which were 0, 50, 100, 150 kg·ha⁻¹·year⁻¹ N-treatments of the long-term experiment. Soil of these plots were acidified and depleted in Ca, Mg, K, P elements due to the increasing N fertilization. The 50 m² sized plots were halved and the 5 x 5 = 25 m² half-plots were treated with 100 t·ha⁻¹ that is 250 kg·plot⁻¹ alginite in 2011 autumn. The application was made evenly by hand and the material was mixed with ploughing and disking into the soil. The half-plots without alginite treatment served as control. Thus 4 N x 4 replications = 16 treatments with alginite, as well as 4 N x 4 replications = 16 treatments without alginite gave together an experiment with 32 plots.

1. Characterization of the applied alginite

The applied alginite contained 15% moisture, 15% CaCO₃ and 4.6% organic material. Total-N: 0.15%, K_A: 63, AL-K₂O: 386, AL-P₂O₅: 216 mg·kg⁻¹. Estimated C/N ratio was about 180. Ameliorative amount of 100 t·ha⁻¹ alginite was applied one time, at the beginning of the N x alginite field experiment in order to study the effect on the physical and water management characteristics of the soil as well. *Table 2* shows the aqua regia soluble „total” and NH₄-acetate+EDTA soluble „mobile” element content of the applied alginite as well as the percentage proportion of the mobile fraction compared to “total”. Soil load of the 100 t·ha⁻¹ dose is also shown in kg·ha⁻¹ unit.

The applied alginite contained about 5% Ca; 3.6% Al; 2.9% Fe; 1.9% Mg; 0.82% K; 0.15% P; 0.12% S elements. Aqua regia soluble Ni exceeded the 50 mg·kg⁻¹ D.M. limit value. Concerning chemical solubility (which is not linked directly to plant availability), 92-70% mobile fraction ratio of Cd, Ca, Sr, Mn in descending order is conspicuous. They are followed by S, Na, Pb, Cu, Mg, Ba with 57-30% mobile fraction ratio. Ni and Co amounts only 19-18%. Mobile fractions of the other elements remain below 10%. Mobile fraction is about 1% or less in the case of Al, Cr, B elements built into the crystal lattices (Table 2).

Table 2. Aqua regia soluble „total” and NH₄-acetate+EDTA soluble „mobile” element content of the applied alginite as well as the soil load of the 100 t·ha⁻¹ dose (Nyírlugos long-term field experiment, Nyírség region, 2011)

| Element | Unit | Aqua regia soluble | NH ₄ -acetate +EDTA soluble | Mobile % of the total | Soil load kg·ha ⁻¹ * |
|---------|---------------------|--------------------|--|-----------------------|---------------------------------|
| Ca | mg·kg ⁻¹ | 49942 | 43965 | 88 | 4245 |
| Al | mg·kg ⁻¹ | 36026 | 68 | <1 | 3062 |
| Fe | mg·kg ⁻¹ | 28501 | 934 | 3 | 2423 |
| Mg | mg·kg ⁻¹ | 19188 | 6969 | 36 | 1631 |
| K | mg·kg ⁻¹ | 8166 | 466 | 6 | 694 |
| P | mg·kg ⁻¹ | 1501 | 35 | 2 | 128 |
| S | mg·kg ⁻¹ | 1237 | 703 | 57 | 105 |
| Mn | mg·kg ⁻¹ | 587 | 411 | 70 | 50 |
| Na | mg·kg ⁻¹ | 454 | 230 | 51 | 39 |
| Sr | mg·kg ⁻¹ | 419 | 322 | 77 | 36 |
| Ba | mg·kg ⁻¹ | 281 | 84 | 30 | 24 |
| Ni | mg·kg ⁻¹ | 75.0 | 14.50 | 19 | 6.4 |
| Zn | mg·kg ⁻¹ | 65.8 | 5.22 | 8 | 5.6 |
| Cr | mg·kg ⁻¹ | 63.9 | 0.42 | <1 | 5.4 |
| B | mg·kg ⁻¹ | 26.8 | 0.34 | 1 | 2.3 |
| Cu | mg·kg ⁻¹ | 19.2 | 7.04 | 37 | 1.6 |
| Co | mg·kg ⁻¹ | 15.9 | 2.80 | 18 | 1.4 |
| Pb | mg·kg ⁻¹ | 9.75 | 3.92 | 40 | 0.85 |
| As | mg·kg ⁻¹ | 8.84 | 0.44 | 5 | 0.76 |
| Sn | mg·kg ⁻¹ | 2.84 | 0.14 | 5 | 0.25 |
| Mo | mg·kg ⁻¹ | 1.86 | 0.06 | 3 | 0.17 |
| Se | mg·kg ⁻¹ | 1.02 | <0.12 | - | 0.08 |
| Cd | mg·kg ⁻¹ | 0.12 | 0.11 | 92 | 0.01 |

*Soil load with 100 t·ha⁻¹ alginite based on the aqua regia element content and 85% D.M. content

With 100 t·ha⁻¹ dose the ploughed soil layer was loaded by 4.2 t Ca; 3.1 t Al; 2.4 t Fe; 1.6 t Mg; 694 kg K, 128 kg P and 105 kg S per hectare. Total Ni, Zn and Cr load could be about 5-6 kg·ha⁻¹; B, Cu and Co 1-2 kg·ha⁻¹, while the applied amount of the remaining microelements can be expressed only in decagrams. Hg was not even detectable.

Since alginite is rich in Ca and Mg elements and partly in K, P and S nutrients, it can replace liming materials, as well as in lesser extent the K, P and S fertilizers.

However, it cannot serve as a N source, thus for a lasting and positive effect, proper N-fertilization is essential.

2. Plant and soil samplings

Aboveground plant samples were taken each year for the determination of yield elements at ripening stage from 8-8 running meters, i.e. 1-1 m² per plot leaving 1-1 meters round the edge of plots, in order to filter out the edge effect (net plots). The samples were threshed, and the grain/straw/husk weights were measured (n=32). Analysis of crop (grain and straw) element composition was carried out in 2012 and 2016. Plant materials were milled for lab analyses.

The basic properties of the soil and its element composition were studied in 2012 and 2016. For these analyses, composite soil samples were taken after disk-harrowing from the plough layer, mixing the samples of 20-20 subsamples per plot (representative average sample, n = 32).

For soil physical testing (field capacity and effective water) in 2012, 2-2 cylinders on control and 3-3 cylinders on alginite treated plots were beat down in the ploughed layer (the more cylinders for the latter were used due to soil heterogeneity). The 4 control x 2 cylinder x 2 replication = 16 samples; in alginite treatment: 4 alginite treatment x 3 cylinder x 2 replication = 24 samples, thus a total of 40 undisturbed soil sample test was carried out. Plant and soil analyses are planned to perform in every five years.

3. Chemical analyses

Laboratory analyses were conducted in Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry, Centre for Agricultural Research, Hungarian Academy of Sciences with the following methods:

Plant samples: 0.5 g air-dried material + 5 cm³ cc. HNO₃ + 1 cm³ cc. H₂O₂ are added, then 15 minutes digestion in microwave device. Element concentration is measured in ICP detector.

Soil and alginite samples: For soluble element content analysis LAKANEN AND ERVIÖ (1971) method was used. Aqua regia soluble "total" element content was measured using HCl + 65m/m% HNO₃ + 30m/m% H₂O₂. Element concentrations were measured in ICP detector. The pH, y₁, CaCO₃, humus, water holding capacity, total salt and basic tests were made according to BARANYAI et al. (1987).

Exchangeable cations and T-value was measured with 2,5 g soil adding 30 cm³ 1 mol·L⁻¹ BaCl₂+TEA shaking solution. After 3 hours shaking, elements were measured with ICP device according to Hungarian Standards MSZ 08-0214-1: 1978 and MSZ 08-0214-2: 1978, as well as BASCOMB (1964). S-value was calculated as a sum of Ca, Mg, K, Na exchangeable cations. Difference between T-S indicates the amount of adsorption sites not bound by bases expressed in meq 100 g⁻¹ soil. V% refers to base saturation, indicating how much % of the possible adsorption sites are fixed by 1 and 2 value base cations ($V = S \cdot 100 / T$). Thus V% is saturation expressed as a % of T-value. However, its inverse (reciprocal) may also indicate the % unsaturation value of T ($U = 100 - V$).

4. Soil physical analyses

The water capacity and field capacity was characterized by two points of pF curve. The pF = 0 point – corresponding to the total water capacity value – was determined with water saturation of the undisturbed soil columns. The pF = 2.3 point (which corresponds to the field capacity value) was created from the equilibrium state of undisturbed soil columns placed on kaolin sheet with suction power of 200 cm water column. Moisture content of the fresh soil samples were measured by drying at 105°C.

5. Weather conditions

Monthly and yearly sums of precipitation and 50 years average are shown in *Table 3*. According to the data, during the 9 months growing season of triticale in the first year, between October 2011 and June 2012 only 288 mm of rain fell, however the yields were acceptable in 2012. The year 2013 was extremely unfavourable. In the spring months of March, April and May the rain was unusually heavy and this period was accompanied by low temperature. Triticale was retarded in growth, thinned away and became weedy. In the generative phase from flowering till ripening, which determines the crop yield, in June and July the weather was extremely hot and dry. The seed could not develop, so alginin could not exert its yield-increasing effect because of the water shortage. 2014 was favourable for the abundant rainfall in May. The plenty of rainfall in June, however, was mostly favourable for the development of weeds. After sowing, the end of 2014 had favourable amount of rainfall.

Table 3: Monthly and yearly sums of precipitation between 2011-2016, and 50 years average, mm (Nyírlugos long-term field experiment, Nyírség region)

| Months | 2011/ 2012 | 2012/ 2013 | 2013/ 2014 | 2014/ 2015 | 2015/ 2016 | Five-year average | 50-year average |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|--------------------|
| October | 29 | 30 | 45 | 65 | 82 | 50 | 37 |
| November | 1 | 28 | 27 | 18 | 51 | 25 | 42 |
| December | 50 | 55 | 3 | 35 | 5 | 30 | 41 |
| January | 26 | 28 | 32 | 43 | 78 | 41 | 27 |
| February | 11 | 46 | 28 | 13 | 112 | 42 | 29 |
| March | 1 | 132 | 15 | 15 | 25 | 38 | 30 |
| April | 32 | 47 | 24 | 26 | 7 | 27 | 41 |
| May | 85 | 82 | 79 | 57 | 56 | 72 | 59 |
| June | 53 | 29 | 27 | 25 | 91 | 45 | 65 |
| July | 53 | 34 | 122 | 35 | 103 | 69 | 65 |
| August | 8 | 16 | 57 | 39 | 69 | 38 | 50 |
| September | 19 | 22 | 33 | 43 | 47 | 33 | 46 |
| X-VI. mo. sum | 288 | 477 | 280 | 297 | 507 | 370 | 371 |
| X-IX. mo. sum | 368 | 549 | 492 | 414 | 726 | 510 | 532 |

At the same time, in 2015, monthly precipitation data, with the exception of January and May, remained below the 50-year average, so the area was basically characterized by drought in that year. The amount of fallen rain in February, March, June and July reached only almost half of the many years average. The end of 2015 was favorable for rainfall. In 2016, monthly precipitation data, except for March and April, exceeded the 50-year average significantly, resulting in an annual average of about 35% surplus. The rainiest months were February, June and July (*Table 3*).

Results and discussion

1. *Effect of N x alginite treatments on water management properties of the soil*

As for the soil physical tests carried out in 2012, it was found that neither N fertilization nor alginite treatment altered significantly the total porosity, the water capacity of the soil. The total pore volume was 47.5%, so the volume of the solid phase of soil was 52.5%. Field capacity, i.e. the amount of water stored in the capillary pores increased from 21 to 28% of the control to the 28 to 34% range. Considering the average, from 26% to 31%. However, this difference is not significant, although not negligible and may have contributed to the positive yield-increasing effect of the dry years. The soil moisture on 26 September 2012 was 5.8% in the control and 7.2% in the alginite treatment on average, which is 23% increment. All of this can be attributed to organic and mineral colloids allocated to the soil with alginite, which is also supported by the significantly increasing water holding capacity value (K_A according to Arany) from 30.2 to 31.6 on average, as a result of the alginite treatment.

2. *Effect of N x alginite treatments on some basic parameters of the soil*

The results of the 2012 soil analyses also showed that the N-load reduced the pH, the soil became dramatically acidified over the past half-century. At the same time cation exchange capacity (CEC or T-value) decreased, and the amount of bases, the S-value as well. In alginite treatment, the average pH (H_2O) increased from 5.20 to 6.66, the pH (KCl) value from 3.87 to 6.16. The acidic sandy soil become practically neutral. The electrical conductivity (EC) tripled, while CEC and S-value also nearly tripled. The base saturation of the soil increased from 53% to 74% (*Table 4*).

A huge change was also indicated by the alteration of the proportion of exchangeable cations. In the $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ N-treatment, the ratio of Ca^{2+} dropped to 35%, while rate of Al^{3+} – which is phytotoxic in soil solution – and Fe^{2+} increased. With the application of alginite, the ratio of Ca^{2+} lifted to 80% similarly to neutral soils, and at the same time the rate of toxic Al and Fe ions dropped to their 1/10 and 1/4. Therefore, application of alginite in $100 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ dose can result the amelioration, chemical modification of acidic sandy soils (*Table 5*).

Table 4. Effect of N and alginite treatments on some soil parameters in the ploughed layer, 2012 (Brown forest soil, acidic sand, Nyírlugos)

| N-rate kg·ha ⁻¹ ·yr ⁻¹ | pH (H ₂ O) | pH (KCl) | Hydrolytic acidity (y ₁) | CEC | S-value | Base saturation% |
|---|--------------------------|-------------|---|--------------------------|---------|---------------------|
| | | | | mgeé 100 g ⁻¹ | | |
| <i>Without alginite (control)</i> | | | | | | |
| 0 | 5.69 | 4.17 | 7.5 | 2.0 | 1.1 | 54 |
| 50 | 5.22 | 3.88 | 9.3 | 2.1 | 1.1 | 52 |
| 100 | 5.00 | 3.77 | 12.4 | 1.8 | 1.0 | 54 |
| 150 | 4.89 | 3.67 | 12.3 | 1.5 | 0.8 | 51 |
| <i>Alginite 100 t·ha⁻¹</i> | | | | | | |
| 0 | 6.75 | 6.25 | 5.1 | 3.4 | 2.5 | 74 |
| 50 | 6.76 | 6.26 | 5.3 | 4.5 | 3.5 | 77 |
| 100 | 6.67 | 6.23 | 6.6 | 3.5 | 2.6 | 74 |
| 150 | 6.49 | 5.92 | 7.3 | 2.9 | 2.0 | 70 |
| LSD _{5%} | 0.25 | 0.36 | 2.8 | 1.2 | 0.7 | 12 |
| <i>Means of N-treatments</i> | | | | | | |
| Control | 5.20 | 3.87 | 10.4 | 1.3 | 1.0 | 53 |
| Alginite | 6.66 | 6.16 | 6.1 | 3.6 | 2.6 | 74 |
| LSD _{5%} | 0.13 | 0.18 | 1.4 | 0.6 | 0.4 | 6 |

Note: EC increased from 21 to 67 ms cm⁻¹, while K_A value (water holding capacity) lifted from 30.2 to 31.6 with alginite treatment.

Table 5. Effect N and alginite on the proportion of the exchangeable cations in the ploughed layer, 2012 (Brown forest soil, acidic sand, Nyírlugos)

| N-rate kg·ha ⁻¹ ·yr ⁻¹ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Al ³⁺ | Fe ³⁺ | K ⁺ | Total |
|---|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|-------|
| | % of S-value | | | | | |
| <i>Control</i> | | | | | | |
| 0 | 61 | 12 | 18 | 6 | 3 | 100 |
| 50 | 55 | 14 | 17 | 8 | 6 | 100 |
| 100 | 40 | 12 | 21 | 15 | 2 | 100 |
| 150 | 35 | 12 | 24 | 22 | 7 | 100 |
| <i>Alginite 100 t·ha⁻¹</i> | | | | | | |
| 0 | 82 | 13 | 2 | 2 | 1 | 100 |
| 50 | 78 | 14 | 1 | 5 | 2 | 100 |
| 100 | 80 | 14 | 2 | 3 | 1 | 100 |
| 150 | 78 | 15 | 3 | 3 | 1 | 100 |
| LSD _{5%} | 24 | 6 | 4 | 6 | 4 | |
| <i>Means of N-treatments</i> | | | | | | |
| Control | 48 | 13 | 20 | 13 | 5 | 100 |
| Alginite | 80 | 14 | 2 | 3 | 1 | 100 |
| LSD _{5%} | 12 | 3 | 2 | 3 | 2 | |
| F-value | *** | N | *** | *** | *** | |

F-value: *95, **99, ***99.9% interval of significance

Based on the results of soil tests in 2016, five years after the 100 t·ha⁻¹ alginite application, pH values still remained in the range of around neutrality both in aqueous pH (5.1 → 6.8) and KCl pH (4.1 → 6.3) left behind the acidic range. In 2016 the sharp differences remaining in hydrolytic acidity (y₁) values (11 → 4) also

testify the long-term liming and soil amendment effect of alginit. Humus content increasing effect of alginit treatment in 2016 was not justified. Plasticity index (K_A according to Arany) values increased by an average of one unit in the 5th year after alginit application (Table 6).

Table 6. Effect of N x alginit on some soil parameters in ploughed layer, 2016 (Brown forest soil, acidic sand, Nyírlugos)

| N-rate kg·ha ⁻¹ ·yr ⁻¹ | pH (H ₂ O) | pH (KCl) | Hydrolitic acidity (y ₁) | Humus % | Plasticity index (K_A) |
|---|--------------------------|-------------|---|------------|-------------------------------|
| Control | | | | | |
| 0 | 5.53 | 4.46 | 7.8 | 0.67 | 30 |
| 50 | 5.39 | 4.54 | 9.3 | 0.80 | 30 |
| 100 | 4.78 | 3.72 | 13.4 | 0.95 | 30 |
| 150 | 4.82 | 3.67 | 13.9 | 0.92 | 30 |
| Alginit 100 t·ha ⁻¹ | | | | | |
| 0 | 6.87 | 6.49 | 2.6 | 0.70 | 30 |
| 50 | 6.85 | 6.30 | 3.4 | 0.79 | 31 |
| 100 | 6.81 | 6.30 | 3.9 | 0.87 | 31 |
| 150 | 6.56 | 5.97 | 4.4 | 0.95 | 31 |
| LSD _{5%} | 0.64 | 0.82 | 2.9 | 0.15 | 1.3 |
| Means of N-treatments | | | | | |
| Control | 5.13 | 4.10 | 11.1 | 0.84 | 30 |
| Alginit | 6.77 | 6.26 | 3.6 | 0.83 | 31 |
| LSD _{5%} | 0.32 | 0.41 | 1.4 | 0.07 | 0.7 |
| F-value | *** | *** | *** | N | ** |

K_A : Water-need in g to make 100 g soil saturated; F-value: *95, **99, ***99.9% interval of significance

Table 7. Effect of N x alginit on some soil parameters in ploughed layer, 2016 (Brown forest soil, acidic sand, Nyírlugos)

| N-rate kg·ha ⁻¹ ·yr ⁻¹ | EC mS cm ⁻¹ | CEC meq 100g ⁻¹ soil | AL-P ₂ O ₅ mg kg ⁻¹ | AL-K ₂ O mg kg ⁻¹ |
|---|---------------------------|------------------------------------|---|--|
| Control | | | | |
| 0 | 64 | 2.39 | 121 | 64 |
| 50 | 64 | 2.69 | 152 | 54 |
| 100 | 46 | 1.99 | 106 | 39 |
| 150 | 36 | 2.20 | 107 | 31 |
| Alginit 100 t·ha ⁻¹ | | | | |
| 0 | 74 | 2.63 | 184 | 65 |
| 50 | 84 | 3.09 | 155 | 64 |
| 100 | 90 | 3.36 | 164 | 42 |
| 150 | 84 | 3.51 | 123 | 39 |
| LSD _{5%} | 20 | 1.03 | 79 | 19 |
| Means of N-treatments | | | | |
| Control | 52 | 2.32 | 121 | 47 |
| Alginit | 83 | 3.15 | 157 | 53 |
| LSD _{5%} | 10 | 0.51 | 39 | 10 |
| F-value | *** | ** | + | N |

F-value: +90, *95, **99, ***99.9% interval of significance

Electrical conductivity increased approximately by 50% in 2016 as an effect of alginite treatment. The positive effect of alginite application on cation exchange capacity changes could be also detected in the 5th year resulting in 35% growth. Due to significant P content of alginite, the AL-P₂O₅ contents of soils on plots treated with alginite were still 30% higher five years after the application. However, the opposite effect of N was observed compared to alginite: P₂O₅ contents decreased with increasing levels of N. Alginite did not induce significant growth in AL-K₂O contents.

With increasing N levels, however, similarly to AL-P₂O₅, the AL-K₂O contents were greatly diminished. This declining trend of soluble PK-contents with the growing N levels can also be explained by cumulative PK balances which are estimated based on the data from over 50 years of this long-term experiment: higher yields received on increasing levels of N extracted additional PK quantities reduced not only soluble soil PK content, but to some extent AL-PK content was also reduced which is a soil PK indicator (*Table 7*).

The extremely big changes in pH occurred in 2012 as an effect of 100 t·ha⁻¹ alginite application that still remained in 2016 is also indicated by modifications in the ratio of exchangeable cations. While in the 0 kg·ha⁻¹·yr⁻¹ N treatment (N control) the Ca²⁺ ratio was 70%, in 150 kg·ha⁻¹·yr⁻¹ N treatment this figure fell to 50%. The rate of exchangeable, moreover phytotoxic Al³⁺ changed to the contrary: of around 5% of the N control the value increased to 25% at N 150 levels. There were no significant changes concerning the other cations in the block without alginite, at increasing N levels (*Table 8*).

Table 8. Effect N x alginite on the ratio of the exchangeable cations in ploughed layer, 2016 (Brown forest soil, acidic sand, Nyírlugos)

| N-rate kg·ha ⁻¹ ·yr ⁻¹ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Al ³⁺ | Fe ²⁺ | K ⁺ | Total |
|---|---------------------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|-------|
| | % of S-value | | | | | |
| | Control | | | | | |
| 0 | 70.6 | 18.1 | 6.2 | 0.2 | 4.9 | 100 |
| 50 | 69.2 | 18.5 | 8.5 | 0.2 | 3.6 | 100 |
| 100 | 60.1 | 20.4 | 15.8 | 0.4 | 3.4 | 100 |
| 150 | 50.3 | 20.5 | 25.2 | 0.6 | 3.4 | 100 |
| | Alginite 100 t·ha ⁻¹ | | | | | |
| 0 | 75.9 | 18.8 | 0.4 | 0.1 | 4.8 | 100 |
| 50 | 76.0 | 20.6 | 0.0 | 0.0 | 3.4 | 100 |
| 100 | 76.9 | 21.1 | 0.0 | 0.1 | 1.9 | 100 |
| 150 | 78.1 | 20.0 | 0.0 | 0.1 | 1.8 | 100 |
| LSD _{5%} | 10.1 | 4.0 | 9.7 | 0.2 | 2.4 | |
| | Means of N-treatments | | | | | |
| Control | 62.5 | 19.4 | 13.9 | 0.4 | 3.8 | 100 |
| Alginite | 76.8 | 20.1 | 0.1 | 0.1 | 3.0 | 100 |
| LSD _{5%} | 5.1 | 2.0 | 4.8 | 0.1 | 1.2 | |
| F-value | *** | N | *** | *** | N | |

F-value: *95, **99, *** 99.9% interval of significance

Residual effect of 100 t·ha⁻¹ alginite applied in the autumn of 2011 were also firmly prevailed in the relative proportions of exchangeable cations even five years

after the treatment. The phytotoxic exchangeable Al^{3+} was undetectable not only on N control but also with the highest N 150 level. The large quantities of base ions entered the ploughed layer with the application of alginite made soluble Al^{3+} ions to insoluble form not only in soil solution, but on the cation exchange sites of the organo-mineral complex as well. This residual effect still fully prevailed five years after application. In parallel, even after the 5th year, the ratio of exchangeable Ca^{2+} was significantly higher compared to the treatments received no alginite: about 60% on control plots as a mean of N treatments, while more than 75% with alginite treatment.

Remarkably, effects of N fertilization were eliminated with alginite treatments. An exception to this was perhaps potassium (K). Similarly to $\text{Al-K}_2\text{O}$ contents, exchangeable K^+ ratio was slightly decreased with increasing N levels. The missing K locations were filled with Ca^{2+} applied in large quantities with alginite. Thus the application of $100 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ alginite means the melioration, chemical conversion of acidic sandy soil, even five years after the treatment (Table 8).

3. Effect of N x alginite treatments on the NH_4 -acetate+EDTA soluble element content of the soil in the ploughed layer

The NH_4 -acetate+EDTA soluble element content is an important characteristic in agronomic and environmental studies. It refers to the mobility, the potential uptake of the element by plants, as well as to the absence or abundance of a certain element. Data of Table 9 in accordance with the results of the data in Tables 4 and 5 described earlier, reflecting the impact of large-scale long-term N-fertilization on the loss/excretion of Ca and Mg in topsoil, as well as on the harmful accumulation of Fe and Al. In terms of averages of N treatments, with the application of alginite (which enriched the topsoil with approx. $5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ elementary Ca), the soluble Ca content increased nearly 5-fold. The treated soil also enriched in soluble K, Mg and P elements as well. The solubility of undesirable elements slightly decreased.

Table 9. Effect of alginite treatments on the NH_4 -acetate+EDTA soluble element content of the soil in the ploughed layer as an average of N-treatments, 2012 (Brown forest soil, acidic sand, Nyírlugos)

| N-treatments means | Ca | K_2O | Mg | Ba | Sr | Ni $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ |
|-----------------------|--------------------------------|----------------------|-----|-----|-----|--|
| | $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ | | | | | |
| Control | 154 | 50 | 18 | 3.6 | 0.9 | 125 |
| Alginite | 730 | 62 | 104 | 4.8 | 4.4 | 330 |
| LSD _{5%} | 116 | 5 | 12 | 0.5 | 0.6 | 27 |
| F-value | *** | *** | *** | *** | *** | *** |

Note: Fe 120, Al 105, P_2O_5 101, S 8, Na 7, Zn 0.6-0.9 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, Co 250, Cr 100, Mo 20, Cd 10 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ regardless of the treatments

It can be observed that parallel with the high N-load and acidification, the most important micro-nutrients in the soil also reduced, e.g. Mn, Na, Ba, Sr, Ni elements

became impoverished in the topsoil. With alginite treatment, concentration of these elements increased. Sr content increased extremely, nearly 5-fold. It is known that Sr is an accompanying element to Ca. Its content in rocks and soils can be about 1% of the content of Ca. This Ca:Sr ratio about 100 is also typical for alginite. Other element concentrations were about: Co 0.25 mg·kg⁻¹, Cr 0.10 mg·kg⁻¹, Mo and Cd 0.01 mg·kg⁻¹ regardless of the treatments (Table 9).

Five years after application, the soluble Ca-content still shows a 3-fold increase as an effect of alginite in the averages of N-treatments. Soluble Mg content of the treated soil also tripled. NH₄-acetate + EDTA (LE) soluble P and K contents followed the trends experienced in AL-PK contents. Sr content increased extremely, approximately 4-fold. Approximate content of the following elements were independent from treatments: Co 0.25 mg·kg⁻¹, Cr 0.10 mg·kg⁻¹, Mo and Cd 0.01 mg·kg⁻¹ (Table 10).

Table 10. Effect N x alginite on the NH₄-acetate+EDTA soluble element content in ploughed layer, 2016. (Brown forest soil, acidic sand, Nyírlugos)

| N-rate kg·ha ⁻¹ ·yr ⁻¹ | Ca | Fe | Al | P ₂ O ₅ | K ₂ O | Mg |
|---|---------------------|-----|-----|-------------------------------|------------------|-----|
| | mg·kg ⁻¹ | | | | | |
| Control | | | | | | |
| 0 | 329 | 83 | 90 | 66 | 58 | 37 |
| 50 | 373 | 131 | 120 | 108 | 53 | 50 |
| 100 | 139 | 149 | 145 | 66 | 34 | 21 |
| 150 | 124 | 164 | 142 | 74 | 27 | 25 |
| Alginite 100 t·ha ⁻¹ | | | | | | |
| 0 | 819 | 133 | 79 | 142 | 60 | 109 |
| 50 | 726 | 115 | 73 | 107 | 59 | 104 |
| 100 | 778 | 148 | 80 | 111 | 41 | 109 |
| 150 | 696 | 147 | 71 | 83 | 36 | 105 |
| LSD _{5%} | 242 | 48 | 26 | 59 | 19 | 26 |
| Means of N-treatments | | | | | | |
| Control | 241 | 132 | 124 | 79 | 43 | 33 |
| Alginite | 755 | 136 | 76 | 110 | 49 | 107 |
| LSD _{5%} | 121 | 24 | 13 | 30 | 10 | 13 |
| F-value | *** | N | *** | * | N | *** |

Continuation of Table 10. Effect N x alginit on the NH₄-acetate+EDTA soluble element content in ploughed layer, 2016. (Brown forest soil, acidic sand, Nyírlugos)

| N-rate kg·ha ⁻¹ ·yr ⁻¹ | S | Na | Ba | Zn | Sr | Ni |
|---|--------------------------------|------|-----|-----|-----|---------------------|
| | mg·kg ⁻¹ | | | | | µg·kg ⁻¹ |
| | Control | | | | | |
| 0 | 6.2 | 10.5 | 7.4 | 2.3 | 2.1 | 180 |
| 50 | 7.1 | 17.3 | 6.3 | 2.3 | 1.5 | 215 |
| 100 | 8.4 | 11.1 | 5.1 | 2.9 | 0.7 | 149 |
| 150 | 8.5 | 12.5 | 4.1 | 2.2 | 0.6 | 135 |
| | Alginit 100 t·ha ⁻¹ | | | | | |
| 0 | 6.0 | 6.3 | 9.2 | 2.6 | 5.9 | 316 |
| 50 | 5.9 | 8.8 | 7.2 | 2.0 | 4.3 | 250 |
| 100 | 7.0 | 11.0 | 7.6 | 1.9 | 5.2 | 341 |
| 150 | 7.0 | 12.3 | 6.1 | 2.1 | 4.8 | 320 |
| LSD _{5%} | 1.9 | 9.4 | 1.5 | 1.2 | 1.5 | 81 |
| | Means of N-treatments | | | | | |
| Control | 7.6 | 12.8 | 5.7 | 2.4 | 1.2 | 170 |
| Alginit | 6.5 | 9.6 | 7.5 | 2.1 | 5.0 | 307 |
| LSD _{5%} | 1.0 | 4.7 | 0.8 | 0.6 | 0.8 | 41 |
| F-value | N | N | *** | N | *** | *** |

F-value: *95, **99, ***99.9% interval of significance; Note: approximate content of the following elements were independent from treatments: Co 0.20; Cr 0.10; Mo 0.02; Cd 0.02 mg·kg⁻¹

4. Effect of N x alginit treatments on the yield of triticale

The development of the crop stand was evaluated on 1-5-scale scoring (bonitation) by plots 3-times during the vegetation: at tillering, flowering and harvest. It was established that alginit application made a significantly positive effect on triticale development, especially in the 150 kg·ha⁻¹·year⁻¹ N-treatment, which drastically acidified and become infertile during the 50 examined years.

In the first year following the alginit treatment, rain did not fall for a month after triticale sowing (14 October 2011) so the emergence delayed. At this time, no positive effect on the alginit could be expressed.

Maximum plant height and yield was achieved with 100 kg·ha⁻¹·year⁻¹ N-dose on control plots. The highest N-effects in both vegetative and reproductive stages (by-products, grain weight per ear and 1000-kernel weight) belonged to this N-dose. In the 150 kg·ha⁻¹·year⁻¹ treatment, where the soil acidified the mostly in the past decades, plant height and yield mass reduced significantly, depression occurred. However, weight of the by-product (straw+chaff) declined less pronounced than that of the grain, thus the by-product/crop ratio increased, the so-called "harvest index" deteriorated. With the application of alginit, the average height of the plants significantly increased, grain yield almost doubled and above-ground biomass

weight increased from 3.7 t ha⁻¹ to 6.8 t ha⁻¹. Harvest index was improved, mainly because of the sharp increase in g·spike⁻¹ and 1000-grain weight indexes (*Table 11*).

Table 11. Effect of N x alginite treatments on the height and air-dried weight of triticale at harvest, 2012 (Brown forest soil, acidic sand, Nyírlugos)

| N-rate kg·ha ⁻¹ ·yr ⁻¹ | Height cm | Grain | By-product | Biomass | By-product / grain | Grain weight g·100 ⁻¹ ear |
|---|--------------|--------------------|------------|---------|-----------------------|---|
| | | t·ha ⁻¹ | | | | |
| <i>Control</i> | | | | | | |
| 0 | 49 | 1.30 | 1.57 | 2.87 | 1.2 | 35 |
| 50 | 60 | 1.86 | 2.44 | 4.29 | 1.3 | 54 |
| 100 | 62 | 2.15 | 2.54 | 4.70 | 1.2 | 65 |
| 150 | 55 | 1.18 | 1.74 | 2.92 | 1.5 | 31 |
| <i>Alginite 100 t·ha⁻¹</i> | | | | | | |
| 0 | 56 | 2.01 | 2.36 | 4.37 | 1.2 | 58 |
| 50 | 63 | 3.31 | 3.75 | 7.06 | 1.2 | 81 |
| 100 | 68 | 3.87 | 4.52 | 8.39 | 1.2 | 97 |
| 150 | 64 | 3.38 | 3.93 | 7.31 | 1.2 | 76 |
| LSD _{5%} | 8 | 0.72 | 0.72 | 1.40 | 0.2 | 18 |
| <i>Means of N-treatments</i> | | | | | | |
| Control | 57 | 1.62 | 2.07 | 3.69 | 1.3 | 46 |
| Alginite | 63 | 3.14 | 3.64 | 6.78 | 1.2 | 78 |
| LSD _{5%} | 4 | 0.36 | 0.36 | 0.70 | 1.0 | 9 |
| F-value | ** | *** | *** | *** | ** | *** |

According to our earlier experiences, both extreme wet and extreme dry years with water shortage lead to a drastic yield reduction. In strongly wet periods the crop thinned, spaced out, stalk and root rot diseases and fungi occurred and weeds proliferated. In the hot summer months, water shortage occurs very rapidly on sandy soil and the vegetation may be desiccated and dry out. In 2013 and partly in 2012 both the plenty of rainfall (vegetative phase) and water deficit / drought (reproductive phase) prevailed with devastating effect. Weather conditions may have different effects during the growing season on the formation of different yield elements (plant density at emergence, numbers of spike at tillering, and thousand seed weight during maturation). Favourable weather may increase the 1000 seed weight in the generative phase, thus slightly offsetting for example the negatives of the vegetative phase. Or vice versa.

The negative and positive effects might be additive. The yield develops as the result of interactions between different factors. As *Table 12* shows, in 2013, in the second year of the trial, alginite failed to exert a spectacularly positive impact, although effects were significant. Grain yield remained below 1 t·ha⁻¹, above-ground biomass of triticale ranged from 1.5 to 3.0 t·ha⁻¹. Air-dried weed mass was approx. 50% of the triticale above-ground air-dried weight at harvesting. It is worth to mention that no chemical weed control was applied in the experiment.

The third year, 2014 was favourable for the development of triticale. Extremely pronounced N-effects prevailed in this wet year. Alginite treatments increased dramatically the efficiency of N-fertilization. Due to the application of both N + alginite, the grain and straw yield of triticale increased 5-fold, reaching 10.5 t·ha⁻¹ air-

dried biomass on the 150 kg·ha⁻¹·year⁻¹ N-treated plots. The air-dry weeds mass was increased slightly by alginite treatment, while on control plots the higher triticale yield resulted from the abundant N-supply dampened the weediness (Table 13).

Table 12. Effect of N x alginite treatments on the height and air-dried yield of triticale as well as on the air-dried weed biomass at harvest, 2013 (Brown forest soil, acidic sand, Nyírlugos)

| N-rate kg·ha ⁻¹ ·yr ⁻¹ | Height cm | Grain | By-product | Biomass | By-product / grain | Weed t·ha ⁻¹ |
|---|--------------|--------------------|------------|---------|-----------------------|----------------------------|
| | | t·ha ⁻¹ | | | | |
| <i>Control</i> | | | | | | |
| 0 | 44 | 0.73 | 1.47 | 2.20 | 2.1 | 1.1 |
| 50 | 36 | 0.49 | 1.25 | 1.74 | 2.7 | 1.0 |
| 100 | 39 | 0.54 | 1.34 | 1.88 | 2.6 | 1.0 |
| 150 | 38 | 0.38 | 1.10 | 1.48 | 3.6 | 0.9 |
| <i>Alginite 100 t·ha⁻¹</i> | | | | | | |
| 0 | 47 | 0.93 | 1.83 | 2.76 | 2.0 | 1.1 |
| 50 | 43 | 0.69 | 1.70 | 2.38 | 2.5 | 1.1 |
| 100 | 50 | 0.76 | 1.68 | 2.43 | 2.5 | 1.7 |
| 150 | 49 | 0.89 | 2.11 | 3.00 | 2.4 | 1.2 |
| LSD _{5%} | 5 | 0.30 | 0.46 | 0.73 | 1.1 | 0.5 |
| <i>Means of N-treatments</i> | | | | | | |
| Control | 39 | 0.53 | 1.29 | 1.82 | 2.7 | 1.0 |
| Alginite | 47 | 0.81 | 1.83 | 2.64 | 2.4 | 1.3 |
| LSD _{5%} | 3 | 0.15 | 0.23 | 0.37 | 0.6 | 0.3 |
| F-value | *** | *** | *** | *** | | * |

Table 13. Effect of N x alginite treatments on the height and air-dried yield of triticale as well as on the air-dried weed biomass at harvest, 2014 (Brown forest soil, acidic sand, Nyírlugos)

| N-rate kg·ha ⁻¹ ·yr ⁻¹ | Height cm | Grain | By-product | Biomass | By-product / grain | Weed t·ha ⁻¹ |
|---|--------------|--------------------|------------|---------|-----------------------|----------------------------|
| | | t·ha ⁻¹ | | | | |
| <i>Control</i> | | | | | | |
| 0 | 40 | 0.44 | 0.67 | 1.10 | 1.3 | 1.8 |
| 50 | 51 | 0.62 | 1.36 | 1.97 | 2.2 | 1.2 |
| 100 | 54 | 0.62 | 1.85 | 2.47 | 3.2 | 1.0 |
| 150 | 62 | 1.85 | 3.70 | 5.55 | 2.0 | 0.8 |
| <i>Alginite 100 t·ha⁻¹</i> | | | | | | |
| 0 | 43 | 0.68 | 1.09 | 1.77 | 1.6 | 2.0 |
| 50 | 62 | 1.60 | 3.46 | 5.05 | 2.4 | 1.4 |
| 100 | 61 | 1.51 | 2.67 | 4.18 | 1.9 | 2.2 |
| 150 | 72 | 3.81 | 6.73 | 10.54 | 1.8 | 1.1 |
| LSD _{5%} | 10 | 0.84 | 1.18 | 1.84 | 1.0 | 0.9 |
| <i>Means of N-treatments</i> | | | | | | |
| Control | 52 | 0.88 | 1.89 | 2.77 | 2.2 | 1.2 |
| Alginite | 59 | 1.90 | 3.49 | 5.39 | 1.9 | 1.7 |
| LSD _{5%} | 5 | 0.42 | 0.60 | 0.94 | 0.5 | 0.5 |
| F-value | ** | *** | *** | *** | | |

The scorings carried out projected a stronger effect of nitrogen and a moderate impact of alginin *in the fourth year*, in 2015. The effect of soil heterogeneity which is typical for sandy soils was also expressed on the plots. Fusarium infection at harvest was striking and somewhat difficult to understand. Decreasing ear infection was observed at increasing N levels without alginin treatment. At the same time, fusarium infection was strong on all of the plots treated with alginin. The year 2015 became memorable for the local mass infection of fusarium (*Fusarium spp.*). The rate of infection is very highly dependent on the further weather conditions - especially in May. Three factors are needed for plant disease: infectious agents, proper environmental conditions and susceptible host plant. In May 2015, all three factors were present, so possible infection could occur in spite of the particular attention paid by farmers to the protection of cereal from fusarium during this period.

While triticale is considered to be less susceptible to plant pathogens compared to winter wheat, in 2015 fusarium occurred in triticale experiment with N x alginin treatment despite the fact that the stock received 1 l·ha⁻¹ Falcon Pro fungicide spraying on 5 May. In 2015, differences in fusarium infection were reflected in the grain yield results as well. The measured data of the air-dried triticale yield are shown in *Table 14*.

In this dry year, effect of N treatment was more dominant on plant height at harvest compared to alginin application. The grain yields in the control (without alginin) treatments increased between the 50 and 150 kg·ha⁻¹ N levels by about 0.3 t·ha⁻¹ per level. In treatments received alginin and infected with fusarium treatments, these differences were only 0.1 t·ha⁻¹ and 0.0 t·ha⁻¹. Thousand kernel weight could be a decisive factor in yield development in this rainy May of 2015. Without alginin as the mean of N treatments, grains weighed almost 25% more compared to that of with alginin treatment. It is possible that differences in existing pH relations (pH close to neutral, free lime content in the plough layer) favoured the development of fusarium infection. In 2015 in Hungary, fusarium occurred massively mainly in winter wheat stands cultivated on calcareous soils.

The effect of nitrogen on the thousand kernel weight has proved to be opposite: it was increasing without alginin and decreasing with alginin in terms of ascending N levels, demonstrating the negative impact of the severe fusarium infection in alginin treatments.

However, based on data it is evident that accordingly to the results of previous years, in 2015 alginin also had a positive effect on straw biomass which was not affected by fusariosis. The highest straw yield was reached at N150 level without alginin, but it was close to the maximum already at N50 level with alginin. As the average of N levels, alginin increased straw yields by 20% compared to control treatments.

Straw/grain yield rates (harvest index) are accurately indicated the development of grain and straw yields described above. The differences between grain and straw yields were levelled out concerning the aboveground biomass weight. In 2015 mainly the effect of N could be detected on aboveground biomass and alginin effects were smaller.

Table 14. Effect of N x alginite treatments on the air-dried triticale yield on 9 July 2015, (Brown forest soil, acidic sand, Nyírlugos)

| N-rate kg·ha ⁻¹ ·yr ⁻¹ | Height cm | Grain | By-product | Biomass | By-product/ Grain | Grain weight | 1000 kernel |
|---|--------------|--------------------|------------|---------|----------------------|-------------------------|-------------|
| | | t·ha ⁻¹ | | | | g·100 ⁻¹ ear | weight, g |
| Control | | | | | | | |
| 0 | 57.5 | 0.46 | 1.31 | 1.78 | 2.8 | 11.5 | 44.9 |
| 50 | 55.0 | 0.62 | 1.48 | 2.10 | 3.2 | 15.0 | 42.3 |
| 100 | 65.0 | 0.90 | 1.86 | 2.77 | 2.1 | 21.7 | 51.0 |
| 150 | 72.5 | 1.20 | 2.38 | 3.58 | 2.0 | 24.2 | 50.8 |
| Alginite 100 t·ha⁻¹ | | | | | | | |
| 0 | 55.0 | 0.39 | 1.44 | 1.83 | 3.9 | 8.7 | 40.9 |
| 50 | 62.5 | 0.56 | 2.16 | 2.73 | 4.2 | 14.3 | 35.6 |
| 100 | 57.5 | 0.66 | 2.52 | 3.18 | 3.8 | 14.2 | 36.2 |
| 150 | 62.5 | 0.72 | 2.50 | 3.23 | 3.4 | 16.7 | 32.9 |
| LSD _{5%} | 19.5 | 0.60 | 1.21 | 1.69 | 2.1 | 12.6 | 15.5 |
| Means of N-treatments | | | | | | | |
| Control | 62.5 | 0.80 | 1.76 | 2.55 | 2.5 | 18.1 | 47.2 |
| Alginite | 59.4 | 0.58 | 2.16 | 2.74 | 3.8 | 13.5 | 36.4 |
| LSD _{5%} | 10 | 0.30 | 0.60 | 0.84 | 1.1 | 6.3 | 7.7 |
| F-value | N | N | N | N | X | N | X |

F-value: *95, ** 99, ***99.9% interval of significance.

Improved pH projected a positive, yield-increasing effect of alginite treatment in 2015 through a higher straw yield. However, this yield increase was hindered by fusarium infection.

In the fifth year of the experiment, the scorings in spring and early summer 2016 projected a strong effect of both alginite and nitrogen. Although the herbicide Genius WG used in replications 1 and 2 of experiment, was effective against graminoid weeds and strongly suppressed windgrass infection, less developed triticale stands were not detected in replications 3 and 4, compared to replications 1 and 2.

The effects of both alginite and nitrogen were strongly manifested in grain and straw yields. The measured air-dried triticale harvest yield data as well as yield element data are shown in Table 15.

In this wet year, N treatment had more dominant effect on plant height at harvest than alginite application.

In control treatments without alginite application, the grain yield increased up to 50 kg·ha⁻¹ N dose. The maximum N effect was about 0.6 t·ha⁻¹. On plots received alginite, however, the N effects could increase yield up to the maximum 150 kg·ha⁻¹ dose. In alginite treatments the maximum N effect was close to 1.0 t·ha⁻¹.

As a mean of N levels, about 50% (0.4 t·ha⁻¹) yield surplus was achieved due the effect of alginite.

Similarly to the results of the previous years, the by-product yield and above-ground biomass followed the same N x alginite effect trends as experienced with the grain yield. While in absolute treatments without N or alginite the above-ground mass was only 0.9 t·ha⁻¹, at N150 level with alginite application this value

increased more than fourfold reaching 3.8 t·ha⁻¹. Due the effect of alginite hay yields were about 55% higher than on control treatments, as an average of N levels. The yield increasing effect of alginite was 1.0 t·ha⁻¹ concerning the total above-ground (biomass) weight.

Table 15. Effect of N x alginite treatments on the air-dried triticale yield on 28 June 2016, (Brown forest soil, acidic sand, Nyírlugos)

| N-rate kg·ha ⁻¹ ·yr ⁻¹ | Height cm | Grain | By-product | Biomass | By-product/ Grain | Grain weight g·100 ⁻¹ ear |
|---|--------------|--------------------|------------|---------|----------------------|---|
| | | t·ha ⁻¹ | | | | |
| Control | | | | | | |
| 0 | 53.8 | 0.36 | 0.50 | 0.86 | 1.4 | 38.7 |
| 50 | 67.5 | 1.00 | 1.54 | 2.54 | 1.6 | 56.2 |
| 100 | 72.5 | 0.87 | 1.08 | 1.95 | 1.2 | 77.8 |
| 150 | 68.8 | 0.88 | 1.14 | 2.03 | 1.4 | 93.7 |
| Alginite 100 t·ha ⁻¹ | | | | | | |
| 0 | 53.8 | 0.60 | 0.74 | 1.33 | 1.3 | 44.7 |
| 50 | 71.3 | 1.44 | 1.82 | 3.27 | 1.3 | 68.2 |
| 100 | 70.0 | 1.31 | 1.85 | 3.16 | 1.4 | 65.0 |
| 150 | 73.8 | 1.57 | 2.23 | 3.80 | 1.4 | 80.9 |
| LSD _{5%} | 5.5 | 0.37 | 0.53 | 0.80 | 0.5 | 29.2 |
| Means of N-treatments | | | | | | |
| Control | 65.6 | 0.78 | 1.07 | 1.84 | 1.4 | 66.6 |
| Alginite | 67.2 | 1.23 | 1.66 | 2.89 | 1.4 | 64.7 |
| LSD _{5%} | 2.8 | 0.19 | 0.27 | 0.40 | 0.2 | 14.6 |
| F-value | N | *** | *** | *** | N | N |

F-value: *95, ** 99, ***99.9% interval of significance.

N x alginite effect was not observed on by-product/grain yield ratios because these two indicators varied together in different treatments.

In summary, the effect of N x alginite treatment on triticale grain and straw yield was expressed as an average of the five years (*Table 16*). The five-year summary table gives an insight into the year effects, as we have seen in the annual evaluation of crop yields. It can be clearly seen that yield production was favorable in 2012, medium in 2014 and 2016, while low in 2013 and 2015. The primary causes of fluctuations might have been the weather factors, the amount and timing of precipitation, as well as the weeds and fusarium infections.

**Table 16. Effect of N x alginite treatments on the air-dried triticale yield between 2012 and 2016
(Brown forest soil, acidic sand, Nyírlugos)**

| N rate kg ha ⁻¹ yr ⁻¹ | 2012 | | 2013 | | 2014 | | 2015 | | 2016 | | Mean | |
|--|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Grain | Straw | Grain | Straw | Grain | Straw | Grain | Straw | Grain | Straw | Grain | Straw |
| | Control | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1.30 | 1.57 | 0.73 | 1.47 | 0.44 | 0.67 | 0.46 | 1.31 | 0.36 | 0.50 | 0.66 | 1.10 |
| 50 | 1.86 | 2.44 | 0.49 | 1.25 | 0.62 | 1.36 | 0.62 | 1.48 | 1.00 | 1.54 | 0.92 | 1.61 |
| 100 | 2.15 | 2.54 | 0.54 | 1.34 | 0.62 | 1.85 | 0.90 | 1.86 | 0.87 | 1.08 | 1.02 | 1.73 |
| 150 | 1.18 | 1.74 | 0.38 | 1.10 | 1.85 | 3.70 | 1.20 | 2.38 | 0.88 | 1.14 | 1.10 | 2.01 |
| | Alginite 100 t ha⁻¹ | | | | | | | | | | | |
| 0 | 2.01 | 2.36 | 0.93 | 1.83 | 0.68 | 1.09 | 0.39 | 1.44 | 0.60 | 0.74 | 0.92 | 1.49 |
| 50 | 3.31 | 3.75 | 0.69 | 1.70 | 1.60 | 3.46 | 0.56 | 2.16 | 1.44 | 1.82 | 1.52 | 2.58 |
| 100 | 3.87 | 4.52 | 0.76 | 1.68 | 1.51 | 2.67 | 0.66 | 2.52 | 1.31 | 1.85 | 1.62 | 2.65 |
| 150 | 3.38 | 3.93 | 0.89 | 2.11 | 3.81 | 6.73 | 0.72 | 2.50 | 1.57 | 2.23 | 2.07 | 3.50 |
| LSD_{5%} | 0.72 | 0.72 | 0.30 | 0.46 | 0.84 | 1.18 | 0.60 | 1.21 | 0.37 | 0.53 | 0.27 | 0.39 |
| | Means of N-treatments | | | | | | | | | | | |
| Control | 1.62 | 2.07 | 0.53 | 1.29 | 0.88 | 1.89 | 0.80 | 1.76 | 0.78 | 1.07 | 0.92 | 1.62 |
| Alginite | 3.14 | 3.64 | 0.81 | 1.83 | 1.90 | 3.49 | 0.58 | 2.16 | 1.23 | 1.66 | 1.53 | 2.56 |
| LSD_{5%} | 0.36 | 0.36 | 0.15 | 0.23 | 0.42 | 0.60 | 0.30 | 0.60 | 0.19 | 0.27 | 0.13 | 0.20 |
| F-value | *** | *** | *** | *** | *** | *** | N | N | *** | *** | *** | *** |

5. Effect of N x alginite treatments on the element content of straw and grain

As it is shown in *Table 17*, based on the element composition analysis performed in 2012, on control soil with the increasing N supply (decrease in pH, acidification) K becomes concentrated, while Mg diluted in the straw. The well-known relationship between plant Mn uptake and pH is reflected by the Mn accumulation on the acidifying soil. Alginite treatment resulted in increasing Ca and Mg, as well as decreasing Mn concentration in the straw (liming effect). According to the analysis the 100 t·ha⁻¹ applied alginite corresponded to 15.4 t·ha⁻¹ CaCO₃, which is an ameliorating liming dose. The quantity of applied S was 124 kg·ha⁻¹. S concentration of the straw lifted from 0.07% to 0.12% due to alginite.

Table 17. Effect of alginite treatment on the element content of air-dried triticale straw and grain at harvest in 2012 as means of N-treatments (Brown forest soil, acidic sand, Nyrlugos)

| STRAW | | | | | | |
|--------------------|---------------------|---------------------|------|------|---------------------|---------------------|
| N-treatments means | K | Ca | Mg | P | S | Mn |
| | % | | | | | mg·kg ⁻¹ |
| Control | 0.80 | 0.18 | 0.06 | 0.10 | 0.07 | 221 |
| Alginite | 0.71 | 0.23 | 0.13 | 0.11 | 0.12 | 126 |
| LSD _{5%} | 0.10 | 0.04 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 44 |
| F-value | | ** | *** | | *** | *** |
| N-treatments means | Zn | Ba | Cu | Ni | Mo | Co |
| | mg·kg ⁻¹ | | | | | μg·kg ⁻¹ |
| Control | 16.6 | 19.7 | 5.2 | 3.0 | 0.39 | 164 |
| Alginite | 12.6 | 10.7 | 4.6 | 2.1 | 1.42 | 103 |
| LSD _{5%} | 2.2 | 2.3 | 0.5 | 0.7 | 0.50 | 37 |
| F-value | ** | *** | * | * | *** | ** |
| GRAIN | | | | | | |
| N-treatments means | Mg | Mn | Zn | Ba | Mo | Cd |
| | % | mg·kg ⁻¹ | | | μg·kg ⁻¹ | |
| Control | 0.11 | 90 | 36 | 2.4 | 200 | 27 |
| Alginite | 0.14 | 42 | 32 | 0.4 | 889 | 63 |
| LSD _{5%} | 0.02 | 13 | 3 | 0.6 | 184 | 8 |
| F-value | *** | *** | ** | *** | *** | *** |

Note: in the straw: Al 127, Fe 136, Na 18, Sr 14, B 5 mg·kg⁻¹; Cr 225, Cd 105 μg·kg⁻¹ as an average, independently from the treatments. In the grain the following elements were below the given detection limits: Se 600, As 400, Pb 300, Ni 200, Hg and Cr 100, Co 40 μg·kg⁻¹.

With the increasing N supply and acidification, concentrations of Zn, Ba and Co increased, while Mo decreased in the straw. The liming effect of alginite reduced the Zn, Ba, and even Cu, Co and Ni accumulation in the average of N-treatments. Mo

is known to become mobile in alkaline medium, it is more easily available for plants in the form of molybdenum anions. Therefore Mo-supply of the soils in Nyírség can be improved with alginite treatment, which can be beneficial in agronomical and physiological/nutritional point of view. It is worth to note, that concentrations of the following elements were independent from the treatments: Al 127, Fe 136, Na 18, Sr 14, B 5 mg·kg⁻¹, while Cr 225, Cd 105 µg·kg⁻¹ on average. The following elements were below the given detection limits: Se 0.12; Hg 0.10; As 0.08; Sn 0.05 mg·kg⁻¹ (*Table 17*).

The grains are genetically more protected, thus treatment effects are less pronounced. On control soil concentrations of K, P, S, Mg, Ca macro elements did not change considerably due to the variable N supply. However, Mn accumulation is expressed similarly to the straw. Application of alginite (liming effect) is indicated by the elevated Mg and Ca, as well as the decreasing Mn contents. S content of grain also increased slightly, but cannot be proved statistically.

On control soil with ascending N supply (acidification) higher Zn, Fe, Ba, and lower Mo contents were measured in grain. With alginite-treatment Cd decreased and incorporation of Mo rose 4-fold, as shown on the average of N-treatments. Concentrations of elements As, Co, Cr, Hg, Ni, Pb, Se remained below detection limit in grain yield (*Table 17*).

In triticale straw, as shown in *Table 18*, the earlier trend still prevailed in 2016, i.e. K become concentrated while Mg diluted in triticale straw with increasing N supply on control soil. Mn continued to accumulate on the acidified soil. Even in the fifth year after 100 t·ha⁻¹ alginite application as a result of its residual effect, K concentration in straw decreased (due to the well-known K-Ca-Mg antagonism), Ca and Mg increased, while Mn content declined. S content of straw increased only marginally from 0.05% to 0.06% in the fifth year due to alginite. As is known, soil micro-organisms have significant impact on the easily soluble S fraction of soil - similarly to N, affecting S content of plant (*Table 18*).

Concerning microelements, concentration of Zn increased the most notably in triticale straw on control soil with increasing N-range and strengthening acidification. As a result of an opposite process, concentration of Mo dramatically decreased in straw, in accordance with literature. Fe, Ba, Sr and Cd showed no characteristic changes with increasing N levels on control soils.

Five years after application, alginite due to its lime effect, has also reduced K, Mn, Zn, Ba and Cd accumulation of straw on the average of N-treatments. The uptake of Mo increased as a result of the rising pH due to alginite treatment. Also, to a lesser extent, Fe and Sr concentrations of straw increased due to alginite, in the 5th year after the application. Note that average content of the following elements in the hay were independent from treatments: Al 124, Na 46, Cu and Ni 5, B 3 mg·kg⁻¹; Cr 370, Co 65 µg·kg⁻¹. The following elements were below the detection limit: Se 0.12; Hg 0.10; As 0.08; Sn 0.05 mg·kg⁻¹ (*Table 18*).

Table 18. Effect N x alginit on the element content of air dry triticale straw at harvest, 2016 (Brown forest soil, acidic sand, Nyírlugos)

| N-rate kg·ha ⁻¹ ·yr ⁻¹ | K | Ca | Mg | P | S | Mn |
|---|---------------------|------|------|------|------|---------------------|
| | % | | | | | mg·kg ⁻¹ |
| Control | | | | | | |
| 0 | 0.76 | 0.27 | 0.07 | 0.09 | 0.06 | 67 |
| 50 | 0.54 | 0.28 | 0.08 | 0.07 | 0.05 | 41 |
| 100 | 0.84 | 0.26 | 0.05 | 0.08 | 0.05 | 146 |
| 150 | 0.94 | 0.24 | 0.05 | 0.08 | 0.05 | 164 |
| Alginit 100 t·ha ⁻¹ | | | | | | |
| 0 | 0.74 | 0.34 | 0.10 | 0.12 | 0.08 | 23 |
| 50 | 0.75 | 0.30 | 0.07 | 0.09 | 0.06 | 62 |
| 100 | 0.48 | 0.34 | 0.09 | 0.09 | 0.05 | 22 |
| 150 | 0.41 | 0.33 | 0.09 | 0.06 | 0.05 | 24 |
| LSD _{5%} | 0.24 | 0.07 | 0.02 | 0.04 | 0.02 | 66 |
| Means of N-treatments | | | | | | |
| Control | 0.77 | 0.26 | 0.06 | 0.08 | 0.05 | 104 |
| Alginit | 0.60 | 0.33 | 0.08 | 0.09 | 0.06 | 33 |
| LSD _{5%} | 0.12 | 0.04 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 33 |
| F-value | ** | ** | *** | N | * | *** |
| N-rate kg·ha ⁻¹ ·yr ⁻¹ | Fe | Ba | Sr | Zn | Mo | Cd |
| | mg·kg ⁻¹ | | | | | µg·kg ⁻¹ |
| Control | | | | | | |
| 0 | 161 | 25.8 | 21.9 | 9.7 | 0.54 | 75 |
| 50 | 121 | 16.7 | 18.9 | 7.6 | 0.62 | 62 |
| 100 | 161 | 28.3 | 19.8 | 11.7 | 0.35 | 75 |
| 150 | 138 | 25.6 | 16.1 | 17.6 | 0.16 | 62 |
| Alginit 100 t·ha ⁻¹ | | | | | | |
| 0 | 157 | 18.7 | 28.4 | 11.2 | 1.72 | 70 |
| 50 | 148 | 16.9 | 21.6 | 7.1 | 1.06 | 72 |
| 100 | 142 | 13.4 | 24.3 | 6.9 | 1.30 | 57 |
| 150 | 226 | 10.2 | 23.2 | 5.6 | 0.93 | 50 |
| LSD _{5%} | 66 | 7.6 | 5.1 | 5.2 | 0.54 | 36 |
| Means of N-treatments | | | | | | |
| Control | 145 | 19.7 | 19.2 | 11.6 | 0.42 | 75 |
| Alginit | 168 | 10.7 | 24.4 | 7.7 | 1.25 | 62 |
| LSD _{5%} | 33 | 3.8 | 2.6 | 2.6 | 0.26 | 18 |
| F-value | N | *** | *** | ** | *** | N |

F-value: *95, **99, *** 99.9% interval of significance; Average content of the following elements were independent from treatments: Al 124; Na 46; Cu and Ni 5; B 3 mg·kg⁻¹; Cr 370, Co 66 µg·kg⁻¹. The following elements were below detection limit: Se 0.12; Hg 0.10; As 0.08; Sn 0.05 mg·kg⁻¹.

Concentration of K and Ca macroelements in triticale grain yield has not changed considerably with different rate of N on control soil. P, Mg and S contents decreased to a lesser extent with increasing N supply. In turn, Mn

accumulation was expressed, similarly to straw, almost doubled at the highest N level. Five years after the 100 t·ha⁻¹ alginite load, out of the macro- and meso element contents, as well as Mn content of the grain yield, only the latter showed significant decrease (Table 19).

Table 19. Effect N x alginite on the element content of air dry triticale grain at harvest, 2016 (Brown forest soil, acidic sand, Nyírlugos)

| N-rate kg·ha ⁻¹ ·yr ⁻¹ | K | P | Mg | S | Ca | Mn |
|---|---------------------|------|------|------|---------------------|-----|
| | % | | | | mg·kg ⁻¹ | |
| Control | | | | | | |
| 0 | 0.55 | 0.45 | 0.18 | 0.17 | 354 | 45 |
| 50 | 0.56 | 0.42 | 0.18 | 0.15 | 342 | 38 |
| 100 | 0.61 | 0.44 | 0.17 | 0.17 | 390 | 86 |
| 150 | 0.59 | 0.40 | 0.16 | 0.15 | 361 | 80 |
| Alginite 100 t·ha ⁻¹ | | | | | | |
| 0 | 0.52 | 0.44 | 0.18 | 0.18 | 339 | 20 |
| 50 | 0.53 | 0.40 | 0.15 | 0.16 | 301 | 36 |
| 100 | 0.52 | 0.38 | 0.15 | 0.15 | 355 | 20 |
| 150 | 0.60 | 0.41 | 0.17 | 0.16 | 416 | 24 |
| LSD _{5%} | 0.06 | 0.06 | 0.03 | 0.03 | 58 | 27 |
| Means of N-treatments | | | | | | |
| Control | 0.58 | 0.43 | 0.17 | 0.16 | 362 | 62 |
| Alginite | 0.54 | 0.41 | 0.16 | 0.16 | 353 | 25 |
| LSD _{5%} | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 29 | 14 |
| F-value | * | N | N | N | N | *** |
| N-rate kg·ha ⁻¹ ·yr ⁻¹ | Zn | Fe | Mo | Ni | Co | Cd |
| | mg·kg ⁻¹ | | | | µg·kg ⁻¹ | |
| Control | | | | | | |
| 0 | 41 | 36 | 0.8 | 0.27 | 40 | 61 |
| 50 | 35 | 26 | 1.0 | 0.22 | 68 | 56 |
| 100 | 40 | 29 | 0.4 | 0.29 | 76 | 75 |
| 150 | 44 | 26 | 0.3 | 0.35 | 137 | 76 |
| Alginite 100 t·ha ⁻¹ | | | | | | |
| 0 | 31 | 33 | 2.2 | 0.20 | 40 | 68 |
| 50 | 29 | 25 | 1.6 | 0.30 | 63 | 80 |
| 100 | 23 | 26 | 2.1 | 0.20 | 63 | 51 |
| 150 | 25 | 30 | 1.6 | 0.22 | 40 | 46 |
| LSD _{5%} | 9 | 6 | 0.7 | 0.10 | 31 | 39 |
| Means of N-treatments | | | | | | |
| Control | 40 | 29 | 0.6 | 0.28 | 80 | 67 |
| Alginite | 27 | 28 | 1.9 | 0.23 | 52 | 61 |
| LSD _{5%} | 4 | 3 | 0.4 | 0.05 | 16 | 19 |
| F-value | *** | N | *** | * | ** | N |

F-value: *95, **99, *** 99.9% interval of significance. The following elements were below detection limit: Se<0.6; As<0.4; Pb<0.3; Hg and Cr<0.1 mg·kg⁻¹.

Elevated Ni, Co, Cd and lower Mo contents were measured in triticale grain with increasing N-rate (acidification) on control soil. Effects of N were not detected on Zn and Fe elements on control soils. As averages of N-treatments show, Zn, Ni, Co and, to a lesser extent, Cd concentrations of grain decreased five years after alginite application. Even five years after $100 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ alginite application, a three-fold increment of Mo content of grain was identified, as a result of improved Mo supply due to the altered pH conditions. Concentration of As, Co, Cr, Hg, Ni, Pb, Se elements remained below detection limit (*Table 19*).

Summary

Effect of alginite mineral on soil and triticale was studied during five years, from 2012 to 2016 in a long-term field experiment set up on acidic sandy soil in Nyírlugos in 1962 autumn. The rate of alginite was $100 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ applied in 2011 autumn on plots with 0, 50, 100, 150 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$ N-treatment. The originally $5 \times 10 = 50 \text{ m}^2$ sized plots were halved, the halves without alginite treatment served as controls. The 4N + 4N (with alginite) = 8 treatments in 4 replications resulted 32 plots. The main results are as follows:

1. According to the soil physical measurements, alginite treatments had no effect on the total porosity, the water capacity of the soil. However, the field capacity increased by 4.4% on average, although not significantly. Water-holding capacity value K_A (according to Arany) lifted significantly from 30.2 to 31.6.

2. On alginite treated plots pH(KCl) increased from 3.9 to 6.2; CEC from 1.3 to 3.6; EC from 21 to 67 $\text{ms}\cdot\text{cm}^{-1}$; base saturation from 53% to 74%, while hydrolytic acidity decreased from 10 to 6 after the first year.

Based on the soil tests in 2016, five years after the $100 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ alginite application, pH values still remained in the range of around neutrality both in aqueous pH (5.1 → 6.8) and KCl pH (4.1 → 6.3) left behind the acidic range. Electric conductivity increased by about 50% and cation exchange capacity by 35%. The sharp differences remaining in hydrolytic acidity (y_1) values (11 → 4) also testify the long-term liming and soil amendment effect of alginite.

3. NH_4 -acetate+EDTA soluble Ca increased from 154 to 730; K_2O from 50 to 62; Mg from 18 to 104; Sr from 0.9 to 4.4 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; Ni from 125 to 330 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ on the alginite treated plots in the first year. Due to the remarkable P content, five years after application, still 30% higher AL- P_2O_5 content was measured in alginite treatments, while in AL- K_2O content there was no significant increase.

4. As a result of alginite, the biomass of the triticale increased in all five experimental years. In the five-year average, the grain yield increased from 0.92 to 1.53, and straw from 1.62 to 2.56 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ as a result of alginite treatment. The grain yield increment was the most pronounced, almost doubled, on the plots with 150 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$ N fertilization.

5. Alginite treatment increased Mg, Mo and reduced Mn, Zn, Ba uptake of triticale grain yield in the first year. Ca, Mg, S, Mo concentrations increased in straw, while incorporation of Mn, Zn, Ba, Cu, Ni, Co elements were inhibited by alginite. Similar trends prevailed in 2016 as well.

6. Alginit is a suitable mineral for amelioration of similar acidic sands, which may eliminate the acidity of these soils, improves water holding capacity, colloidal and nutrient status, drought-tolerance capability. With the application of ameliorative doses, in order to cover crop N-demand, additional nitrogen fertilization is necessary.

7. Further tests are necessary to explore the possible applications of alginit for example in the treatment of wastewaters, sewage sludges, liquid manures etc., promoting their agricultural use.

References

1. ALGINIT (1999): Talajjavító, kondicionáló ásvány. Lelőhelye: Magyarország. Alginit Kitermelő és Értékesítő Kft. Budapest. 8 p.
2. BANOS J. (1999): Több tízmilliárdos vagyon parlagon. Napi Magyarország. Gazdaság. 1999. Január 4. Évszázadokig tartó kincsünk az alginit. 1 p.
3. BARANYAI F., FEKETE A., KOVÁCS I. (1987): A magyarországi talaj tápanyagvizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
4. BASCOMB, C. (1964): Rapid method for the determination of cation exchange capacity of calcareous and noncalcareous soils. J. Soil Sci. Food Agri. 15:821-823.
5. HELAL M.I.D. (2010): Alginit field trial in Egypt in the year 2010. Final Report. Terra Natural Resource GmbH. Germany and Switzerland. 14 p.
6. KÁDÁR I, SZEMES I, LOCH J, LÁNG I. (2011): A nyírlugosi műtrágyázási tartamkísérlet 50 éve. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet. Akaprint. Budapest. 110 p.
7. LAKANEN, E. - ERVIÖ, R. (1971): A comparison of eight extractants for the determination of plant available microelements in soils. Acta Agr. Fenn. 123:223-232.
8. LÁNG I. (1963): A homoktalajok műtrágyázásának kérdései. MTA Agrártud. Oszt. Közlem. 22: 431-434.
9. MSZHK (2009): Gércei alginit forgalomba hozatali és felhasználási engedélye. Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Központ. Növény, Talaj és Agrárkörnyezetvédelmi Igazgatóság. 2009. Szeptember 8. Budapest. 8 p.
10. REX, M. & SCHERER, H. (2010): Impact of Alginit enrichments of a sandy soil on the soil and plant properties in a vegetation pot experiment. Report of results. Agric. Res. Station Kamperhof. Duisburg. Institute of Crop Science and Resource Conservation-Plant Nutrition. Univ. Bonn. 29 p.
11. SOLTÍ G. (1999): Az alginit. ZELBA Kft. Hungary-Magyarország. Piliscsaba. Budapest. 7 p. Kézirat. MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet. 1999. Január
12. TNR GMBH (2010): ALGINIT –DATA SHEET AND SPECIFICATION. Terra Natural Resources GmbH. Switzerland. Termékismertető. 2 p. www.alginit.com