



**Országos Tudományos Diákköri
Konferencia
2013**



A TÁPANYAGELLÁTÁS ÉS A DOLOMITOS TALAJJAVÍTÁS HATÁSA A TAVASZI ÁRPÁRA, PSZEUDOGLEJES BARNA ERDŐTALAJON



Készítette: Bischof András, növénytermesztő mérnök BSc III. évf.

Témavezető: Dr. habil. Sárdi Katalin, egyetemi tanár

Társ-témavezető: Dr. Wágner László, egyetemi docens

PANNON EGYETEM GEORGIKON KAR

**Növénytermesztéstani és Talajtani Tanszék
Állattudományi és Állattenyésztéstani Tanszék**

TARTALOMJEGYZÉK

1. Abstract	3
2. Bevezetés és célkitűzés	5
3. Irodalmi áttekintés	7
3.1. A tápanyagellátás jelentősége	7
3.1.1. Tápelemek és jelentőségük	7
3.2. Az Őrség termőhelyi adottságai	13
3.3. Savanyú talajok javítása	15
3.3.1. A javítóanyag-szükséglet kiszámításának módszerei	15
3.4. A tavaszi árpa	17
4. Anyag és módszer	20
5. Eredmények és értékelésük	26
5.1. Levélanalízis (FS: 6-7) eredményei	26
5.1.1. A növények tömegének és szárazanyag-tartalmának változásai	26
5.1.2. A növények NPK-tartalmának változásai	27
5.1.3. A növények Ca és Mg-tartalmának változásai	32
5.2. A terméseredmények bemutatása	35
5.2.1. A termésátlagok eltérései	35
5.2.2. A szemtermés NPK-tartalmának változásai	36
5.2.3. A szemtermés Ca és Mg-tartalmának változásai	40
6. Következtetések és javaslatok	44
7. Összefoglalás	45
8. Köszönetnyilvánítás	46
9. Irodalomjegyzék	47

1. Abstract

A tavaszi árpát a mérsékelt meleg közép-európai térségben elsősorban söripari célból termesztik. Kiváló adaptálódó képessége ellenére vetésterülete szerény, hazánkban mindössze mintegy 120 ezer hektárt tesz ki. Gazdaságos termesztéséhez elengedhetetlen a talaj adottságaihoz és a növény igényeihez igazodó tápanyag-kijuttatás és a helyes agrotechnika alkalmazása.

Ismeretes, hogy a tavaszi árpa a hűvös, csapadékosabb időjárást kedveli. A kijelölt kísérleti terület, mely az Őrség szélén található, éghajlatát tekintve kedvező, de talajadottságai rosszak: kötött, kedvezőtlen vízgazdálkodású, savanyú pszeudoglejes barna erdőtalaj, a térség jellegzetes termőhelye.

Szántóföldi kisparcellás kísérletemet saját családi gazdaságunk területén, egy drénezett szántón, savanyú ($\text{pH}_{\text{KCl}} = 5,35$) pszeudoglejes barna erdőtalajon állítottam be, melynek felvehető K-tartalma igen gyenge, felvehető P-tartalma gyenge. Kísérletem fő célja, hogy a Ca-Mg-tartalmú talajjavító anyag (dolomitörlemény) és a tavaszi árpa igényeihez alkalmazkodó tápanyagellátás együttes alkalmazásával enyhíthetők-e a terület rossz talajadottságai, illetve milyen változások várhatóak a növények fejlődésében, a tápelemek felvételében, valamint a gazdaságilag legfontosabb kérdésben: a termés hozamban és a minőségben.

A kísérlet 15 m²-es bruttó parcellákkal került beállításra, GK Habzó fajtavál, 4 kezeléssel (0 t/ha, 1 t/ha, 3,3 t/ha, 6,6 t/ha CaCO₃-eq.), 4 ismétlésben. A parcellák a tápanyagokat egységesen kapták 5,5 t/ha termésátlagra tervezve. A levélanálízishez a mintákat Feekes 6-7. stádiumban vettem (1-2 nóduszos állapot).

A szárba indult növények nyers tömegében már szignifikáns eltérés volt a teljes, illetve a fél adag javítóanyagot kapott kezeléseknél, ami az abszolút szárazanyag-tartalomban is megmutatkozott. A megemelkedett, semleges közeli talaj-pH hatására javult a N és K felvehetősége. A P-tartalom is emelkedett a javítás hatására, és mindhárom tápelem legnagyobb mennyiségben a teljes adagot kapott parcellákon volt mérhető. A kijuttatott jelentős mennyiségű Ca és Mg csereadszorpciója miatt a felvett Ca-tartalom nem mutatott változást, azonban a Mg mennyisége növekedett: a javítóanyag magasabb Mg-tartalmának köszönhetően nagyobb arányban maradt felvehető formában.

Annak ellenére, hogy a Feekes 6-7. stádiumban vett minták szerint a teljes adaggal javított parcellák növényeiben voltak legmagasabbak a tápelem-koncentrációk, mégis a fél adaggal kezelt parcellák hozták a jobb termés eredményeket. Ennek oka bizonyosan abban keresendő, hogy a nagyobb adagú Ca és Mg kijuttatás csökkentette a mikroelemek felvehetőségét.

A kísérlet talajában és a növényminták mikroelem-tartalmában mérhető változások tanulmányozása a kutatómunka következő fő feladata lesz. Dolgozatomban az eddig elvégzett vizsgálatok eredményeit mutatom be.

A talajjavítás és tápanyagellátás tavaszi árpára gyakorolt hosszabb távú hatásainak vizsgálatához szükséges a kísérlet folytatása.

2. Bevezetés és célkitűzés

A gazdálkodás az emberiség történetében mindig sokrétű feladat volt, hiszen egyszerre kellett gondoskodni az élelmiszerek előállításáról, az elfogyasztani kívánt, vagy egyéb módon termelésbe állított állatok ellátásáról, valamint az ipar szükségleteit is biztosítani kellett.

Napjainkban viszont ennél sokkal összetettebb szereppel rendelkezik. A mezőgazdasági termelés szinte teljesen a mezőgazdasági termelőmunkából élő vállalkozók, östermelők és cégek kezébe került. A civilizáció fejlődése robbanásszerű technológiai fejlődést is hozott, megkezdődött a falusi, paraszti életformától való eltávolodás, egyre kevesebben foglalkoztak és foglalkoznak ma is növénytermesztéssel, állattartással, akár csak egy kiskert vagy néhány aprójószág erejéig is.

Emiatt a mezőgazdasági termelőkre hárul a feladat, hogy a saját érdekükben költséghatékonyan, illetve a fogyasztók érdekében olcsón legyenek képesek termelni. Ehhez azonban magas szintű, a gyakorlatban alkalmazható szaktudás szükséges. A modern gazdálkodónak ismernie kell a termesztési körzet klimatikus viszonyait, a talajtípust, melyen termel, és ez alapján kell kijelölnie a termesztendő növények körét, ezen belül is a megfelelő fajtát, fajtákat.

A szakmai ismereteknek ezen kívül ki kell terjednie az agrokémiai és növény táplálási ismeretekre is. A mai országos termésátlagok becsülhetően 25-30%-kal lehetnének magasabbak, ha a gazdák a szerves trágyázás-műtrágyázás témakörében nem „receptek” és „megszokás” alapján, hanem szakmai alapon döntenének. Fontos, hogy a növény terméséhez szükséges tápanyagok a kellő mennyiségben és a tápanyag-felvétel dinamikájának megfelelő időben álljanak a kultúra rendelkezésére, illetve a kijuttatási-kimosódási veszteségeket a minimumra csökkentsük. A modern szemléletű mezőgazdaságnak egészséges, jó minőségű, jól táplált növényeket, és rajtuk keresztül jól táplált állatokat kell előállítani a Föld közel 7 milliárd főt jelentő népességének élelmezésére – gazdaságosan, a termelő számára kifizetődő módon.

A növény táplálás a gazdák számára szerencsére egyre kisebb százalékban jelenti az egyoldalú N-trágyázást, egyre szélesebb körben terjed a legalább 5 évenkénti talajvizsgálatra alapozott trágyakijuttatás, viszont a mikroelemek témakörével rendkívül kevesen foglalkoznak. Ennek a problémának csak egyik sarka az általános tájékozatlanság: a műtrágyák rendkívül magas ára sok gazda számára határokat szab. Ráadásul a kedvezőtlen adottságú területeken gazdálkodók helyzete még ennél is nehezebb – csupán a talajsavanyúság 2,2 millió hektárt érint hazánkban (Marth et al., 1996), ami már korlátozza a termesztendő növények körét. Ennek csak részben oka az adott talajra nem alkalmas műtrágyák használata: a nyugati országrészben a csapadékviszonyok miatt jellemző a talajok kilúgozódása, aminek hatására a talaj pH-ja csökken, és a folyamatos kimosódás miatt a melioratív meszezés hatása sem tart 4-5 évnél tovább.

Szántóföldi kísérletemet egy kifejezetten rossz talajadottságú területen állítottam be, az Őrség széli Felsőjánosfa határában, egy drénezett szántón. A pszeudoglejes barna erdőtalaj, mely a vidéken sokfelé jellemző, igen rossz hő-, víz-, és levegőgazdálkodású, hamar letömődik, kötött, az agyagfrakció aránya magas. Ehhez rendszerint alacsony szervesanyag-tartalom társul, illetve a rossz foszfor-felvehetőség, a savas pH miatt. Az alagsövezés a terület vízforgalmában nagyon jelentős szerepet játszik, a lefolyástalan terület talajában megrekedő víz negatív hatásai mérséklődnek. A vidék egyébként a kísérleti növénynek választott tavaszi árpa számára megfelelő lenne, az éghajlat hűvösebb, a csapadék több, mint az ország más részein, ez a keményítőbeépítésnek kedvez, a fehérjével szemben, ami a söripari célú termesztésnek kedvez.

Kísérletemben Ca-Mg tartalmú javítóanyaggal (Alsópáhoki dolomitörlemény) próbáltam a kijelölt parcellák talajviszonyain javítani, és célom volt a hatások pontos követése, mérése, illetve a különféle adaggal javított parcellák közti különbségek számszerűsítése és statisztikai igazolása. A parcellák az NPK-műtrágyákat, illetve a mikroelem-tartalmú levéltrágyát egységesen kapták minden kezelésben, hogy megmutatkozhassanak a különböző kezelések közötti eltérések.

A kísérlet beállításakor az alábbi főbb kérdésekre kerestem választ:

- Mennyi idő múltán mutatható ki a növényekben a talaj felvehető P tartalmának emelkedése?
- Hogyan változik a mikroelem-tartalom a növényekben, mennyire befolyásolja a talajjavítás ezek felvehetőségét?
- Egy adott fejlődési stádiumban összehasonlítva a növényeket, a felvett tápelem-tartalom, az addigra elért nyers tömeg, illetve szárazanyag-tartalom mutat-e statisztikailag igazolható különbséget a kezelések között?
- Melyik javítóanyag-adag a legkifizetődőbb gazdaságilag, és melyik a legkedvezőbb a növény számára?
- Mennyi idő elteltével múlik el az egyszeri talajjavítás hatása?
- A MÉM-NAK irányelveit követve a tápanyag-kijuttatásban, milyen mértékben változik a termés tápelem-tartalma a talajjavítás hatására, ha a kezelt, illetve a kontroll parcellák megegyező mennyiségű tápanyagot kaptak?

A kísérlet, tekintve a talajjavítás több évig érvényesülő hatásait, még folyamatban van, így a fenti kérdések mindegyikére értelemszerűen még nincsenek válaszok. Dolgozatomban a javítás utáni első vegetáció eredményeivel foglalkozom, bemutatva azokat a különbségeket a kezelések között, melyek néhány hónap elteltével már érvényre jutottak.

A növény fejlődésének, a termés mennyiségének és minőségének vizsgálata pedig fontos adatokat szolgáltat a gyakorlati növénytermesztés számára, különösen az Őrségben és a nyugati határvidéken gazdálkodó termelők tudják majd hasznosítani a megszerzett információkat.

3. Irodalmi áttekintés

3.1.A tápanyagellátás jelentősége

A Föld lakosságának növekedése az élelmiszerek, és a mezőgazdasági eredetű ipari alapanyagok iránti igények növekedését hozza magával, ami szükségessé teszi a minél több és jobb termék előállítását. A növény-nemesítés jó termőképességű fajtákat állít elő, ám a szakszerű növény-táplálás jelenti a gyakorlati megvalósítás szempontjából a legfontosabb kérdést (Antal, 1999).

Lényeges, hogy a művelés és az agrotechnika hatására mennyiben változik a talaj tápanyag-szolgáltató képessége (Nagy, 1991). A tudatos tápanyag-kijuttatás a talajok minél pontosabb felvehető tápelem-tartalmának mérésén és a növény szükségleteinek megfelelő ismeretén alapul. A szűkebb értelemben vett tápanyag-gazdálkodás a növénytermesztési folyamatok változatos technológiai tényezőinek kölcsönhatását jelenti, vagyis fontos ismerni az agrotechnikai elemeket, a talajok és általában a termőhely adottságait, illetve a termesztési kívánt kultúra biológiai igényeit, és a tápelemek pontos biokémiai-fiziológiai szerepét (Pepó, 2003).

3.1.1. Tápelemek és jelentőségük

Tápelemeknek a növények számára nélkülözhetetlen, ún. esszenciális elemeket tekintjük. A növények számára a termésképzéshez elengedhetetlenek, más elemekkel funkciójukban nem helyettesíthetők, illetve az anyagcserére közvetlenül vagy közvetett módon hatással vannak (Arnon, 1950). A növények szárazanyagában előforduló mennyiségek alapján makro- és mikro-tápelemeket különböztetünk meg:

- makroelemek: 0,1 %-nál nagyobb mennyiségben vannak jelen a szárazanyagban: C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Cl, Si
- mikroelemek: 0,1%-nál kisebb mennyiségben vannak jelen a szárazanyagban: Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B, Co, V, Ni

Egyes újabb szakirodalmi források bizonyos elemeket (pl. Si) „kvázi-esszenciális” tápelemnek neveznek, ezek nem minden növényfaj számára esszenciálisak, valamint javasolnak „nem esszenciális”, illetve „esszencialitása nem ismert” kategóriákat is. A növényeknek az egyes tápelemekre más és más arányban van szükségük a normális fejlődéshez (Epstein és Bloom, 2005).

A nitrogén szerepe a növények életében

Különleges elem, mely nem ásványi eredetű, mégis a növény túlnyomórészt ásványi jellegű ionos formában (NH_4^+ , NO_3^-) veszi fel. Kis mennyiségben a karbamid is bejut a növénybe, és egyes aminosavak is, de ez igen kis mennyiséget jelent.

A növények szempontjából kiemelkedő jelentőségű, egyetlen másik tápelem sem képes ilyen feltűnő hajtás- és termésnövelő hatást kifejteni, de a hiánya által bekövetkezett terméscsökkenés mértéke is a legnagyobb a tápelemek közül.

A növényi szárazanyagban 1-6 % N található, ami függ a fajtól, a fejlettségi állapottól és a mintázott növényi résztől is. A N-ellátás és a fehérjetartalom között pozitív korreláció van, fokozódik a fehérjeszintézis (Loch, 1992). Gyorsul a sejtosztódás, a gabonák bokrosodási erélye növekszik. Több szerves vegyület szerkezetében jelen van: aminosavak (fehérjék), nukleotidok, nukleinsavak (DNS-RNS), klorofilok, alkaloidák, egyéb sejtalkotók nélkülözhetetlen eleme (Debreczeniné és Sárdi, 1999).

Legintenzívebb a N-felhasználás a fejlődő, fiatal növényi részekben, a fehérjeszintézis miatt. A fiatalkori nitrogénhiány jellemzően szervképződési zavarokat okoz, a citokinin-abszcizinsav arány felborul (Mengel, 1976.) Ha a hiány később lép fel, akkor a tartalékfehérjék képződése válik akadályozottá, ami minőségromláshoz vezet.

A vegetációs szakasz vége felé, a szemes termésű növényeknél az idősebb vegetatív szervek fehérjei bomlásnak indulnak, és az aminosavak 50-75 %-a átáramlik a termésbe, tartalékfehérjéket képezve (reutilizáció). A nitrogénnel kielégítően ellátott növények vegetációs ideje megnő, több idő jut a tápanyagok termésbe transzportálására (Tisdale et. al., 1993).

A N hasznosulásának szempontjából nagyon fontos a többi tápelem arányos jelenléte a növényben, illetve azoknál a növényeknél, ahol a szénhidráttartalom a legfontosabb paraméter (cukorrépa, gyümölcsök, sörárpa), a N-trágyázás kivételes körültekintést igényel (Debreczeniné, 1999).

Hiánytünetek:

A növény világoszöld, a klorofill bomlása, illetve képződési zavara miatt az idősebb levelek sárgulnak, később megbarnulnak, elhalnak. A növekedés lelassul, korai előregedés révén a növény termést alig, vagy egyáltalán nem hoz (Bennett, 1993). A fehérjetartalom csökken, a szénhidrátok mennyisége nő, a szemtermések átlagmérete kicsi (Bergmann, 1992).

Felesleg tünetei:

A növények sötétzöldek, nedvdúsak. A nitrátok az emberre-állatra káros mennyiségben halmozódhatnak fel a vegetatív részekben (Bergmann, 1979). A növény szerkezeti szilárdsága rossz, kevés a szilárdító szövet, ami megdőléssel jár. A túlfejlett levelek árnyékolják az alsóbb részeket, amik ezáltal már nem fotoszintetizálnak, csak fogyasztanak. A betegségekkel, rovarkártevőkkel és szárazsággal szemben kevésbé ellenállóak. A vegetáció túlságosan meghosszabbodik, a virágok elhullanak, a terméskötés akadályozott (Reuter és Robinson, 1997). Mg-hiánytünetek léphetnek fel (Debreczeniné és Sárdi, 1999).

A foszfor szerepe a növények életében

Szerepe a növények biokémiájában igen sokrétű, szinte nincs is olyan folyamat, amiben foszfortartalmú anyagok ne vennének részt. A fotoszintézisben, a légzésben, és egyáltalában minden energiatermelő vagy energiát felhasználó folyamatban jelen van. Fontos építőköve a sejtmembránoknak (foszfolipidek, foszfoproteidek), megtalálható a genetikai információt hordozó nukleinsavakban, az energiátároló nukleotidokban (ATP, GTP) és a nukleotidkomponensű koenzimekben (NAD, NADP) (Tisdale et al., 1993).

A növények elemifoszfor-tartalma 0,1-0,5% (0,23-1,4% P_2O_5 eq.). A talajoldatból, savanyú közegből $H_2PO_4^-$ anion, lúgos közegből HPO_4^{2-} anion formájában veszik fel a gyökerek. A P mobilitása 6-6,5 pH-tartományban a legnagyobb. Az ionos-ásványi formák a felvétel után kb. 10 perccel már szerves foszfát formájában vannak jelen a növényben.

A P a sejtekben túlnyomórészt ATP formájában van jelen, pirofoszfát kötésben tárolva az energiát, amit átalakulásakor szabadít fel. A magban a foszfortartalék a fitinsav (inozit-hexafoszforsav) Ca és Mg (esetleg K?) sójaként halmozódik fel, ami rendkívüli jelentőségű a csíranövény indító foszforellátása szempontjából (Bergmann, 1979).

Nélkülözhetetlen elem a növények számára, de termésmenvelő hatása nem annyira látványos, mert a vegetatív szervek növelésében alig játszik szerepet, sokkal fontosabb a reprodukzív szervek fejlődésében (Bennett, 1993). Gabonanövényeknél a produktív bokrosodás arányát és a szentömeget növeli. Nagyon fontos a jó P-ellátás már a kezdetektől, mert a fiatal kori hiány következményeit a pótlólagos P-kijuttatás már nem tudja helyrehozni, és technológiailag is nehézségekbe ütközik (Bergmann, 1986).

A foszforfelvételt javítja a jó K és Mg ellátás, a talaj tömődöttsége és a közel semlegestől eltérő pH viszont erősen rontja. Savas-erősen savas talajokban Al-, Fe-foszfátok alakulnak ki, a mikroelemek akár a növény számára toxikus koncentrációban is talajoldatba kerülhetnek, míg erősen lúgos talajokban oldhatatlan Ca-foszfátok alakulnak ki (Bohn et al., 1985).

Hiány tünetei:

A növények növekedése lelassul, satnyákká válnak. Az idősebb levelek antociános elszíneződése tapasztalható. A szemtermés mennyisége és a csírázóképeség jelentősen visszaesik. A növények általános anyagcsere zavart szenvednek, az energiatermelő és egyéb P-igényes folyamatok korlátai miatt (Bennett, 1993).

Felesleg tünetei:

Közvetlenül nem mutatkozik meg, a növény azonban mikroelem-hiányos tüneteket mutathat (Fe, Zn, Mn). A fém mikroelemek a foszforral oldhatatlan foszfátsókat alakítanak ki, ezáltal felvehetetlenné válnak. A túlzó P-kijuttatás ronthatja a növény Ca-felvételét, ekkor tipikus Ca-

hiánytünetek jelentkeznek. A túlzó kijuttatás hatása nem mindig érvényesül, jellemzően a plusz P hamar lekötődik, a P-műtrágyák hasznosulása is csak 10-35 % (Bennett, 1993, Reuter és Robinson, 1997).

A kálium szerepe a növények életében

A növények ásványi táplálkozásában betöltött biokémiai-fiziológiai funkciói miatt esszenciális tápelem. Felvétele és szállítódása kationos formában történik, jellemzően aktív transzport révén jut be a gyökerekbe. Nagyon mozgékony elem, főként a vegetatív életszakaszban kerül felvételre (Bergmann, 1986). Az elemkálium-koncentráció általában 1-5 % közötti a növényekben (Mengel, 1976).

A káliummal jól ellátott növények egységnyi szárazanyag-produkciót kevesebb víz felhasználásával tudnak létrehozni, javul a vízháztartás, a transzspiráció kisebb mértékben fokozódik, mint a termésnövelő hatás (Debreczeni és Debreczeniné, 1983). Fontos a sejtmembránok permeabilitásának szabályozásában, a sejtek turgorának megtartásában, elsőrendű szerepe van a sztómák nyitásban és zárásban (Pethő, 1993). Több, mint 60 enzimet aktivál (oxidoreduktázok, transzferázok, kinázok, dehidrogenázok stb.) (Bennett, 1993, Havlin et al., 2005). Számos kultúrnövény, köztük a gabonafélék K-felvétele a vegetatív fejlődés szakaszában nagyon intenzív (Sárdi, 1993). Kedvezően befolyásolja a különböző N-vegyületek szemtermésbe történő transzlokációját, fokozza a fagyűrő képességet (Debreczeniné és Sárdi, 1999), és a nettó fotoszintézis arányára is pozitív hatású (Mengel, 1976). A N és K egyaránt kedvezően befolyásolják egymás felvételét (Lőrincz, 1983, Sárdi, 1993). A kielégítő káliumellátás csökkenti a növények bakteriális és gombafertőzésekkel szembeni fogékonyságát (Reuter és Robinson, 1997).

Hiánytünetek:

Jellemzően nem okoz azonnal látható tüneteket a hiány (rejtett éhség), azonban később súlyos terméseszkökenésben nyilvánul meg. A klorózis és a nekrosis jellemzően csak súlyos hiány esetén jelentkezik, a reutilizáció miatt először az idősebb leveleken, a gabonáknál a levélszéleken, csúcsokon, perzselésszerű elváltozásokat mutatva. Nő a betegségekkel szembeni fogékonyság, a megdőlésre való hajlam (Bergmann 1979, 1986, Bennett, 1993). Megfigyelték a kloroplasztok és mitokondriumok szétesését is (Reuter és Robinson, 1997).

Felesleg tünetei:

Gyakorlatilag nincs tipikus kálium-toxicitás, a Ca, Mg és Na felvétele viszont zavart szenvedhet, a kationok kompetíciója miatt, így ezek hiánytüneteivel találkozhatunk (Mengel, 1976, Bergmann, 1992).

A kalcium szerepe a növények életében

A növények életében szerteágazó szereppel rendelkeznek. A gabonafélék és a hüvelyesek a kétszikűeknél kevesebbet igényelnek száraanyag-százalékban kifejezve. Általában 0,5 % körül tartalmazzák a növények, a kalciumtartalom a hajtásrészekben koncentrálódik. Nem mobilis elem, a termésekbe nehezen jut be (Debreczeniné és Sárdi, 1999). A floémában nem, vagy csak elenyésző mennyiségben szállítódik (Marschner, 1989). Kalcium-foszfátként képes szabályozni a növényi nedvek pH-értékét, megtalálható a fitinben is. Stabilizálja a sejtmembránokat, ezáltal befolyásolva a légzési és szintézisfolyamatokat. Részt vesz a szénhidrát-anyagcsere szabályozásában. Növeli a növények ellenálló képességét a toxikus fémion-koncentráció (főleg Al^{3+}) és a magas sókoncentráció károsító hatása ellen. Felvehetősége sokban függ a talaj pH-értékétől és a talajoldatban lévő többi ion arányától (Debreczeniné és Sárdi, 1999).

Hiánytünetek:

A gyökerek tenyészőcsúcsa és a levélcúcsok megbarnulnak, elhalnak. A levélszélek szakadozottá válnak, mert az új levelek széle összetapad (Sárdi, 2003). Az enyhe hiány tünetei gyakran nem láthatóak, csak növekedési zavarokban mutatkozik meg (Debreczeniné és Sárdi, 1999).

Felesleg tünetei:

A kationegyensúly felborulása miatt a Mg hiányának tünetei mutatkozhatnak, nagy feleslegnél akár K-hiánytünetek is felléphetnek. A túl nagy adagú Ca-kijuttatás miatt a mikroelemek oldhatatlan formába alakulnak át, így mikroelem-hiányos tüneteket tapasztalhatunk (pl. klorózis) (Sárdi, 2003).

A magnézium szerepe a növények életében

A magnézium, a klorofill központi elemeként nélkülözhetetlen, de a fehérjészintézisben és az energiaháztartásban is részt vesz, katalizátorként. Fontos szerepe van a nukleinsav-anyagcserében, a polipeptidek riboszómáról történő leválasztásában. A növényekben 15-20 %-ban a klorofillban fordul elő, a többi a fitinben, illetve egyéb ionos kötésben, valamint kelátkötésben található. A gabonaszemek Mg-tartalma 0,12-0,18 %, az átlagosnál kisebb. Felvétele már kis K-koncentrációnál akadályozottá válik, de a K-koncentráció növekedésével a Mg-felvétel növekszik (Debreczeniné és Sárdi, 1999). Csak akropétálisan szállítódik, ezért a levéltrágyával kijuttatott Mg az idősebb szövetekbe már nem tud eljutni (Sárdi, 2003).

Hiánytünetek:

Hiány esetén a klorofill-szintézis csökken, ezáltal a fotoszintézis intenzitása visszaesik. A klorofill szétesését a levélerek közti márványos kifehéredés jelzi, ez eleinte az idősebb leveleken jelentkezik. A fehérjészintézis akadályozott, a növekedés lelassul, a betegségekkel szembeni érzékenység fokozódik (Sárdi, 2003).

Felesleg tünetei:

Tipikus Mg-toxicitás nem tapasztalható, viszont a Ca/Mg/K ionantagonizmus miatt Ca- és K-hiánytünetek jelenhetnek meg, illetve az egyszikűek fiatal levelei sodrottak maradnak, nem nyílnak szét (Sárdi, 2003).

3.2. Az Őrség termőhelyi adottságai

Az Őrség Vas megye délnyugati részén helyezkedik el, a Rába és a Zala folyók határolják, területe közel 65.000 ha. Már a honfoglalás utáni időkben is határvédelmi jelentőséggel bírt, népi eredetű neve is erre utal (Solymos, 1960). A magyar tájegységek katasztere szerint az Alpokalja középtájba, ezen belül a Nyugat-magyarországi peremvidék nagytájba tartozik (Marosi és Somogyi, 1990).

A klíma átmenetet mutat az Alpok és a Dunántúl között, jellegzetes szubalpin éghajlat. Az óceáni hatás erősebb, a kontinentális jelleg mérsékeltebben érződik (Danszky, 1963). Az évi átlagos középhőmérséklet 9,5 °C, a táj egységesen mérsékeltén hűvös. Az évi átlagos lehullott csapadék mennyisége 738 mm, ennek általánosságban több, mint 60 %-a az általánosan értelmezett vegetációs időszakban hullik, a csapadékmaximum jellemzően nyár elején jelentkezik. A 10 mm-t meghaladó csapadékú napok száma 20-30, ami az országban az egyik legmagasabb. A závorszerűen, hevesen lehulló csapadék a rossz vízvezetésű talajban időszakos pangást okoz, levegőtlen állapot alakul ki (Danszky, 1963).

Az Őrség területe domborzatilag az Alpok keleti nyúlványainak folytatása. Nyugatról kelet felé haladva a dombok átlagos magassága csökken, a terület is kevésbé tagolttá válik. A Rába, a Zala és a Kerka domborzatalakító szerepe jelentős, mindhárom folyó völgyet mélyített magának. Számtalan időszakos vagy állandó patak szeli át a vidéket, meghatározva a táj jellegzetes képét. A vízfolyásoknak köszönhetően a táj nagy részén homokos-kavicsos, illetve agyagos üledék található (Danszky, 1963). A szél és a víz általi talajelhordás, lemosódás igen jelentős (Solymos, 1960).

A talajhasználat jelentős múlttal rendelkezik a térségben, így a talajalakító tényezők között az emberi tevékenység is számottevő jelentőségű. A bakhátalás erősítette az eróziós folyamatokat, a legeltetési állattartás pedig talajtömörödést okozott. A termelés révén a tápanyagokat nagymértékben kivonták a talajból, ami termőképesség-csökkenéshez vezetett (Tímár et al., 2002).

A terület nagy részét barna erdőtalaj borítja. Az atlanti jelleget mutató, csapadéokban gazdag éghajlat miatt erőteljes kilúgozódási folyamat zajlik, ami a legfontosabb szerepet játssza a helyre jellemző szélsőséges talajtípusok kialakulásában. Az alapkőzet jórészt szilikátokból áll, karbonátokat nem tartalmaz, vízvezetése rossz, jellemzően savanyú talajok alakulnak ki rajta. Legfőbb jellegzetessége a lefolyástalan sík területekre jellemző pangó víz eredetű redukció, gyenge podzolosodás (agyagásvány-szétesés) formájában (Berki et al., 1995).

A rossz lefolyású sík felszíneken a pszeudoglejes, más néven pangóvízes barna erdőtalaj az uralkodó típus. A kilúgozódás, az agyagosodás és az agyag-szétesés folyamatához a redukció is társul, a savanyodás erőteljesen jelentkezik. A drénezés javítja a vízvezetési tulajdonságokat, aminek hatására a kedvezőtlen folyamatok mérséklődnek (Stefanovits, 1992, Szabó, 1977).

Az őrési vidék pszeudoglejes barna erdőtalaja eltér a talajtípus általános képétől. A redukciós viszonyok a talajképző réteg vízzáró sajátságai miatt nem a felhalmozódási szintben jellemzőek, hanem a C szintben. Az alapkőzet jégkori vályog, illetve nehézagyagos kavics lehet. A talajszelvények redukció hatására kialakuló szürke márványozottsága általában a B és C szintek határán észlelhető, az A és B szintek határán pedig jellegzetes vaskiválások, ún. vasborsók fordulhatnak elő (Stefanovits, 1992). A lejtős területeken általában az agyagbemosódásos altípus jellemző, ami a lejtő megszűnésével fokozatosan megy át pszeudoglejes barna erdőtalajba (Berki et al., 1995).

A talajadottságok a gyakorlati növénytermesztés során sajátos talajművelést tesznek indokolttá, fontos a kedvezőtlen tulajdonságok hatásainak enyhítése és a művelhetőség megőrzése. A talaj aratás után jellemzően száraz, tömődött, ezért sekélyen kell a tarlóhántásra használt eszközt járatni, és lehetőség szerint nyomban zárni kell hengerrel a talajfelszínt, a nedvesség megőrzése miatt. Célszerű a középmedély lazítás gyakoribb alkalmazása, a forgatásos művelésre (ha feltétlenül szükséges) a lehető legkedvezőbb talajnedvességnél kerüljön sor. A gabonák egymenetes szántáselmunkálása és vetése sokszor hasznosabb, mint a külön menetes művelés, a vetés utáni talajkérgesedés pedig profilos felszín kialakításával előzhető meg (Birkás, 2006).

3.3.Savanyú talajok javítása

A mezőgazdasági területek savanyodása hazánkban 2,2 millió hektárt érint. A talajok savanyodását a talajképző folyamatok és a klimatikus hatások is befolyásolják, jelentős mennyiségű Ca mosódik ki minden évben a Dunántúl nyugati felében (Marth et al., 1996). A fokozott csapadékosság mellett a talajok kémiai mállása felgyorsul, illetve a savanyú, kvarcban gazdag alapkőzetten savanyú kémhatású talajok képződnek. A savanyító hatású műtrágyák rendszeres alkalmazása is tovább rontja a szántók minőségét.

A gyakorlatban a Ca a talaj szempontjából sokkal nagyobb mennyiségben fontos, mint a növények szempontjából. A talajban a morzsalékos szerkezet stabilitásához, a biológiai élethez rendkívül fontos a kalcium, és ha a talaj Ca-háztartása rendben van, akkor a növények igénye is biztosított.

A meszezés lehet melioratív jellegű, amikor a talaj kilúgozott, savas felső szintjét kémiaiilag javítjuk, pótolva a kimosódott Ca-mennyiséget és egyben a talaj pH-értékét is helyreállítjuk, és fontos a jó állapot fenntartása, az újbóli hiány kialakulásának kis javítóanyag-adagokkal történő megakadályozása (Schmidt, 2006).

A javításhoz használt anyagoknak minél nagyobb mennyiségben kell kalciumot tartalmazniuk, és lúgosító hatást kell kifejteniük. A gyakorlatban az alábbi anyagok használatosak:

- mészkőpor: 95-98 % CaCO_3 -t tartalmaz. Csak nagyon finomra őrölve hatásos, könnyen őrölhető mészkővekből vagy mésztufából állítják elő.
- lápi vagy tavi mész: összetétele erősen változó, szállításkor kb. 50% vizet tartalmaz, valamint iszapszemcsék és kvarchomok is lehetnek benne. Tőzegtelepek fekéjéből bányásszák.
- égetett mész: a mészművek hulladékanyagainak őrlésével keletkezik, hatóanyaga CaO , különböző mennyiségben tartalmazhat kalcium-hidroxidot és karbonátos kalciumot is. Gyors hatású, alkalmazása körültekintést igényel (Schmidt, 2006).
- dolomitörlemény: a kilúgozott talajok Ca és Mg-pótlására egyaránt alkalmas. A mészkőporhoz hasonlóan csak finomra őrölve hatásos javítóanyag (Blaskó, 2005; Növényvédő szerek, termésmővelő anyagok, 2011)

3.3.1. A javítóanyag-szükséglet kiszámításának módszerei

Magyarországon többféle módszert is kidolgoztak a talajjavító anyag mennyiségének megállapítására, melyek elsősorban a hidrolitos aciditás (y_1) és az Arany-féle kötöttségi szám mérési eredményeit használják.

Nyiri (1980) módszere szerint:

Váz, barna erdő- és nyers, gyengén humuszos, kevés agyagtartalmú öntéstalajoknál:

$$\text{CaCO}_3 \text{ eq. szükséglet t/ha} = y_1 * 0,005 K_A * 1,73$$

Réti, öntésréti és láposréti talajoknál:

$$\text{CaCO}_3 \text{ eq. szükséglet t/ha} = y_1 * 0,01 K_A * 1,73$$

Az 1979-es MÉM-NAK szaktanácsadási irányelvekben a kötöttségtől függő szorzófaktort (1. táblázat) vezettek be:

$$\text{CaCO}_3 \text{ eq. szükséglet t/ha} = y_1 * \text{szorzófaktor}$$

1. táblázat: A mészadag kiszámításához használatos szorzófaktorok

Arany-féle kötöttségi szám	Szorzófaktor
< 30	0,35
30 – 37	0,50
37 – 42	0,70
42 – 50	0,90
50 – 60	1,00
60 <	1,20

(MÉM-NAK, 1979.)

A módszer szerint, a barna erdőtalajoknál a pszeudoglejes és a podzolos talajok kivételével, 30-as kötöttségi szám (K_A) felett a számított hatóanyag felét javasolták. Később ez a kötelező felezés megszűnt, annak ellenére, hogy ezeken a talajokon a fél adaggal is kedvező eredményt lehetett elérni (Nyiri, 1980).

Ha a talajnak kicserélődési savanyúsága (y_2) is van, akkor a számítást az $y_1 + y_2$ összegével kell végezni:

$$\text{CaCO}_3 \text{ eq. szükséglet t/ha} = (y_1 + y_2) * \text{szorzófaktor}$$

3.4.A tavaszi árpa

A tavaszi árpa széles körben elterjed gabonaféle, köszönhetően jó alkalmazkodóképességének (Jolánkai, 2005). Termőterülete az elmúlt években folyamatosan csökkent, mára mindössze 100-120 ezer hektáron termesztik (<http://portal.ksh.hu>) (2. táblázat). Hazánkban elsősorban a mérsékeltebben meleg, csapadékosabb, az év első felében párásabb levegőjű dunántúli és észak-magyarországi tájak kedveznek a termesztésének (Kismányoky, 1994).

2. táblázat: Magyarország tavaszi árpa-termesztésének alakulása a közelmúltban

Magyarország tavaszi árpa termesztése (2005-2010)	2005	2006	2007	2008	2009	2010
betakarított terület (ezer ha)	145	122	139	131	126	102
betakarított termés (ezer t)	511	422	358	524	327	307
termésátlag (t/ha)	3,51	3,47	2,57	3,99	2,61	3,00

(www.portal.ksh.hu)

3. táblázat: A sörárpa minőségi követelményei

Minőségi jellemzők	Alap-követelmény	Határkövetelmény
Hektolitersúly (kg)	68	legalább 65
Tisztaság (%)	98	legalább 96
Keverék (%)	2	legfeljebb 4,0
Értékes keverék (%)	1,5	legfeljebb 3,0
Értéktelen keverék (%)	0,5	legfeljebb 1,0
Káros keverék (%)	0,2	legfeljebb 0,5
Osztályozottság		
A 2,5 mm-es lyukasztású osztályozólemezen fennmaradó, teljes értékű árpa (%)	75	legalább 70,0
A 2,2 mm-es lyukasztású osztályozólemezen áthulló árpa (%)	4	legfeljebb 5,0
Csírázóképesség (%)	95	legalább 90,0
Nedvességtartalom (%)		
Fehérjetartalom a szárazanyagban (%)	11,5	legfeljebb 12,5

(MSZ-08 1326-79)

A tavaszi árpát jelentős részben sörgyártásra használják fel. A növekvő sörfogyasztás igényli a sörárpa-termesztés és –feldolgozás fejlesztését, illetve az új, hazánk ökológiai viszonyaihoz jobban alkalmazkodni tudó fajták nemesítését (Lukács és Murányi 2006).

A piacilag értékes sörárpanak magas terméshozamúnak és jó minőségűnek kell lennie, továbbá gyors fejlődésűnek, jó állóképességűnek és jól bokrosodónak kell lennie. Nagyon fontos a

betegségekkel szembeni rezisztencia és a kedvezőtlen körülményekkel szembeni tűrőképesség (Kismányoky, 1996). A sörgyártásra kerülő tavaszi árpánál kívánatos a magas keményítőtartalom, alacsony fehérjetartalom mellett. Legmegfelelőbb a szárazanyagban a 10-12 %-os nyersfehérje-tartalom, mert efelett nehezen malátásodik, kisebb az extrakttartalma és a fehérjebomlásból származó anyagok rontják a sör minőségét, míg alacsony fehérjetartalomnál romlik a csírázóképeség, a szemek enzimszegények, habképző tulajdonságuk kedvezőtlen (Kádár et al. 2003). A sörárpa minőségi követelményei (MSZ-08 1326-79) a 3. táblázatban láthatóak.

A tavaszi árpa tápanyagellátása

Kedveli a jó levegő- és vízgazdálkodású, humuszban nem szegény, közép kötött, mélyrétegű talajokat. Semleges körülményeket igényel, mert savas körülmények között megvastagszik a maghéj, a bél/héj százalékos aránya romlik, a várható extraktum csökken (Kismányoky, 1994).

A sörárpa fajlagos tápelem-tartalma különböző szerzők adatai alapján a 4. táblázatban látható.

4. táblázat: A sörárpa jellemző tápelem-tartalma irodalmi forrásokban

A sörárpa fajlagos tápelem-tartalma (kg/t termés)	N	P (P ₂ O ₅ eq.)	K (K ₂ O eq.)
MÉM NAK (1979)	23	9	21
Kismányoky, T. (1997)	19-30	10-12	21-36
Antal, J. (1999)	20	9	21

A kevés káliumot tartalmazó talajokon a K-kijuttatás elhagyhatatlan, tekintve fontosságát a szénhidrát-anyagcserében (Balridge et al., 1985). A magas gyökér-szár arány lévén jó K-hasznosítású növény (el Dessougi et al. 2002), de a káliumra adott tápanyag-reakciója sokban függ a termesztett fajta genetikai adottságaitól (Clark, 1990). A K felhalmozása a vegetatív életszakaszban erős, míg a generatív szakaszba lépve folyamatos csökkenést mutat (Lásztity, 2006). A 2-3 leveles állapotban fellépő K-hiány csökkenti a produktív hajtások számát, a kalásonkénti szemszámot, ami nagy termés-csökkenést okoz.

A N és a P a virágzás után túlnyomó részben a generatív részekbe áramlanak, koncentrációjuk a szemben 2-4-szerese a szárban maradónak (Mengel, 1976).

A N-felvétel a kalácsoláskor éri el a maximumot, a második csúcspont a virágzás után következik be. Kedvező hatású a N a kalászok hosszára, a kalásonkénti szemszámra, azonban az ezermagtömeget csökkenti (Kismányoky, 1980).

A szárbainduláskori N, P, és K-tartalom kielégítő koncentráció-intervallumait az 5. táblázat szemlélteti.

5. táblázat: A tavaszi árpa kielégítő tápelemtartalma a szárbainduláskor

A tavaszi árpa kielégítő tápelemtartalma szárbainduláskor (teljes föld feletti rész)	N (%)	P (%)	K (%)
Cerling (1978)	3,0-4,0	0,37-0,45	3,6-4,1
Bergmann (1992)	2,0-4,0	0,25-0,50	2,5-4,5
Kádár (2004)	2,0-3,0	0,3-0,4	3,0-4,0

A gyakorlatban a foszfor és kálium műtrágyákat az őszi talajmunkák során szokás kijuttatni. Istállótrágyázott elővetemény után mindenképpen ajánlott az N-min-módszeres vizsgálat, N-kijuttatás ilyen esetben gyakran nem is szükséges. Sörárpa pillangós növény után nem következhet, a talajban maradó N miatt. Kisebb N-szükséglet esetén (50-60 kg) a teljes mennyiség a magágykészítéskor talajba dolgozható. Nagyobb mennyiségnél javasolt lehet egy részét fejtrágyaként kijuttatni, de a megosztás csak takarmányárpánál szokás, mert a fehérjetartalom megnövekedhet, ami a sörárpánál nem célszerű. Javasolt az I. és II. termőhelyi kategóriában a kiszámolt N-szükséglet 10-20 %-os csökkentése (Antal, 2000).

4. Anyag és módszer

A kísérlet ismertetése

A szabadföldi, kispárcellás kísérletet saját családi gazdaságunk területén állítottam be, 2011 tavaszán, a Vas megyei Felsőjánosfa és Hegyhátszentjakab falvak határán.

Tesztnövény

Tesztnövényként a szegedi Gabonakutató Nonprofit Kht. fajtáját, a GK Habzó nevű tavaszi sörárpafajtát használtam. A fajta viszonylag új, 2007-ben minősítette az MgSzH. Vetésterülete nem jelentős, tekintve, hogy Hoffmann (2005) szerint Magyarországot sörárpa tekintetében a Jubilant, a Scarlett és a Pasadena uralja (együtt 85 %-ot tesznek ki).

Kalásza, mint minden sörárpáé, kétsoros, szalmája átlagos magasságú, átlagos állóképességgel. Kiemelkedő szárazságtűrésű (mely tulajdonsága idén felettebb hasznos volt), és a késői vetésidőt nagyon jól tolerálja. A 2007-es országos szántóföldi fajtakísérletben 5,0 t/ha, a 2008-as országos kispárcellás fajtakísérletben 6,5 tonnát ért el (121 %). Osztályozottsága 95 %, szuperosztályozottsága 77 %, amivel magasan átlag feletti. Átlagosan 10,9 %-os fehérjetartalmú, ami söríparilag alkalmassá teszi. Magas ezerszemtömegű fajta. Javasolt vetéséhez 4,5 millió csíra/ha szükséges (Gabonakutató Nonprofit Kht., fajtaajánló, 2011).

A szaporítóanyagot saját családi gazdaságunk állította elő, a vetett árpamag II. szaporítási fokú, fémzárolt, minősített vetőmag volt (6. táblázat). A vetőmagminősítő bizonyítvány másolata a mellékletben található.

6. táblázat: A kísérletben alkalmazott vetőmag főbb adatai

Faj	Tavaszi árpa (<i>Hordeum vulgare</i> L.)
Fajta	GK Habzó
Szaporítási fok	II. gen
Fémzárolási szám	H-1-170/0035
Fémzárolás ideje	2011.02
Ezerszemtömeg	49,9 g
Tisztaság (%)	99,9
Csírázóképesség (%)	97
vetés (kg/ha)	231,5 kg/ha
csíraszám/ha	4.495.600 (~4,5 millió csíra/ha)
Csávázva	Raxil 060 FS

(forrás: 034901979 2 sorsz. függőcímke, H-1-170/0035 tétel vetőmagminősítő bizonyítványa)

A kísérlet talaja, talajvizsgálatok

A szabadföldi kísérlethez egy drénezett szántót választottam. A terület sík, rossz lefolyású, talajtípusa az Őrségre dominánsan jellemző pszeudoglejes barna erdőtalaj.

7. táblázat: Talajvizsgálati eredmények

K_A	58 (agyag)	
y_1	6,31	
y_2	0,31	
pH_{H_2O}	6,36	
pH_{KCl}	5,35	

vízoldható só	< 0,01 %	Ellátottság
humusz %	1,23%	igen gyenge
AL-P ₂ O ₅	32,7 mg/kg	gyenge
AL-K ₂ O	111,3 mg/kg	igen gyenge
szénsavas mész	nem mutatható ki	

A pszeudoglejes barna erdőtalajok VI. termőhelyi kategóriába tartoznak, ám a terület drénezett, a vízrendezett pszeudoglejes barna erdőtalaj pedig a III. kategóriába tartozik. A MÉM NAK (1979, 1987) szaktanácsadási irányelvei szerint a humusz % alapján megállapított N-ellátottság igen gyenge, a felvehető foszfortartalom éppen csak a gyenge kategóriába esik, míg a felvehető káliumtartalom, a magas agyagtartalom ellenére igen gyenge. A talajvizsgálatokhoz a mintákat 2011. március elején vettem, a méréseket a Pannon Egyetem Georgikon Kar Növénytermesztési és Talajtani Tanszékén, a Talajtani és Agrokémiai Csoport laboratóriumában végeztem.

A talaj kötöttségének meghatározása Arany-féle módszerrel, a szénsavas mész mérése Scheibler-féle kalciméterrel történt. A talaj pH-értékét „Inolab pH Level 1” típusú digitális pH-mérővel határoztuk meg, desztillált vizes és kálium-kloridos kivonatból. A humusztartalom mérése Tyurin módszerével történt.

A felvehető P és K tartalom mérése ecetsavas ammónium-laktát (AL-) oldatból (Egner-Riehm-Domingo, 1960) történt, a felvehető káliumot Zeiss Flapho-4 lángfotométerrel, a felvehető foszfort Zeiss Spekol-11 spektrofotométer segítségével, 660 nm hullámhosszon mértük.

Kezelések

A kísérlet beállítása 16 kisparcellával történt, 15 m²-es (3x5 m) bruttó, illetve 8 m²-es (4x2 m) nettó parcellák alkalmazásával. Talajjavító anyagként a keszthelyi székhelyű Dolomit Bányászati és Kereskedelmi Kft. dolomitörleményét használtam, a „Növényvédő szerek, termésmenővelő anyagok” 2011-es jegyzékében „Alsópáhoki dolomitörlemény” megnevezéssel szerepel (engedélyszám: 12.058/2002). A javítóanyag mészkőegyenértéke 192,66 CaCO₃ eq. %, a nagyon magas Mg-

tartalomnak köszönhetően ($\text{CaO eq. \%} = 33,41$, $\text{MgO eq. \%} = 53,57$). A részletes vizsgálati jegyzőkönyv a mellékletben található.

A 16 parcella 4 kezelést, 4 ismétlésben tartalmaz a talajjavítás tekintetében, latin négyzet elrendezésben. A javítóanyag-mennyiség kiszámítása Nyiri (1980) módszerével, illetve az 1979-es MÉM NAK irányelvek szerint is megtörtént. A két eredmény közel megegyezett (8. táblázat), ezért azok átlagával számoltam a szükséges adagokat.

8. táblázat: A javítóanyag-adag kiszámítása

	Nyiri (1980) t/ha CaCO_3 eq.	MÉM NAK (1979) t/ha CaCO_3 eq.	CaCO_3 eq. kg/ha	eredeti anyag kg/ha	eredeti anyag kg/parcella
1. kezelés	0 t (kontroll)				
2. kezelés			1000	524	0,786
3. kezelés	$(y_1+y_2)*0,005*K_A*I,73$ =3,324 t	$(y_1+y_2)*0,5$ =3,313 t	3318,5	1740	2,610
4. kezelés	$(y_1+y_2)*0,01*K_A*I,73$ =6,648 t	$(y_1+y_2)*1$ =6,626 t	6637	3480	5,220

A tápanyagellátás egységesen történt a parcellákon, a szükséges tápanyagmennyiségek kiszámítása a Fülek Gy. (1999) által szerkesztett Tápanyag-gazdálkodás c. könyv alapján történt. A nitrogén hatóanyagot 27 %-os N-tartalmú Linzer NAC műtrágya formájában adtam, a szükséges foszfor-mennyiséget 18%-os P_2O_5 -tartalmú szuperfoszfáttal, a káliumot 60 %-os K_2O -tartalmú kálisóval (KCl) juttattam ki. A termésátlagot 5,5 tonna/hektárra terveztem (9. táblázat), a műtrágya-kijuttatás ez alapján történt. Pillangós elővetemény a területen az elmúlt 10 évben nem volt, a kísérleti terület előveteménye őszi búza volt, azelőtt őszi káposztarepce. Szervestrágyázásban,



zöldtrágyázásban az elmúlt 10 évben nem részesült.

1. ábra: A dolomitőrlemény és a műtrágya kijuttatása (saját fotó)

A kijuttatandó N adagjával kapcsolatban Antal (2000) javasolta I. és II. termőhelyi kategóriákon a 10-20 %-os csökkentést. A területen, bár III. kategóriába tartozik, a 20%-os csökkentést alkalmaztam, mert a N-t 70 %-ban a magágyba dolgoztam, 30 %-át pedig fejtrágyaként

juttattam ki. A számított N-adag megosztásának célja a nitrát-kimosódás csökkentése és a N-műtrágya hasznosulásának javítása volt.

9. táblázat: A műtrágyaigény számítása

	1 t terméshez szükséges tápanyag (kg) (Antal, 1999)	5,5 t terméshez szükséges tápanyag	korrekció után
N (igen gyenge)	25	137,5	110
P ₂ O ₅ (gyenge)	20	110	110
K ₂ O (igen gyenge)	40	220	220
	1 hektárra (kg)	1 bruttó parcellára (g)	
Linzer NAC 27	407,4 (285,2+122,2)	611 (428+183)	
Szuperfoszfát-18	611,1	917	
Kálisó-60	366,7	550	

A kísérlet beállítása

A terület 2010 novemberében mélyszántásban részesült, az őszi nagy mennyiségű csapadék miatt nem zártuk le a szántást. 2011. március 25-én kijelöltem a kísérleti területet, és kijuttattam a műtrágyákat és a javítóanyagot a parcellákra, amit



3. ábra: Kelő árpanövények
(saját fotó)

forgóboronával
dolgoztunk a
talajba, a



2. ábra: A kísérlet vetése (saját fotó)

vetéssel egy menetben, 2011. március 26-án. A vetéshez 3 m-es üzemi gabonavetőgépet használtunk, 12 cm-es szabályos gabonasortáv alkalmazásával. Ezt követő éjszaka 10 mm csapadék hullott, néhány nap múlva lehülés következett, a napi maximum hőmérséklet a következő két hétben 10-12 °C körül mozgott. 2011. május 8-án juttattam ki a N-fejtrágyát, amit néhány óra múlva 15 mm csapadék követett, így a műtrágya hamar bemosódott.

A kísérleti terület egy 10 hektáros tavaszi árpa vetés szélében feküdt, két művelőút között, így a növényvédelmi kezeléseket az üzemi permetezéssel egy időben, 18 m-es munkaszélességű Huniper permetezővel végeztük. Május 10-én gyomirtást végeztünk, Sekator OD szerrel, ezzel egy menetben Wuxal Réz

készítményt is adtunk, az esetleges rézhiány megelőzésére. Május 20-án a Feekes 6-7 stádiumban lévő növényekből (1-2 nóduszos állapot) mintákat vettem, parcellánként 10-10 növény teljes föld feletti részét, a parcellaátlók mentén véve a növényeket, egy centiméterrel a talaj felett elvágva.

A kalászolásakor preventív jelleggel Cherokee gombaölő szert alkalmaztunk, ezzel egy időben kalászosokra tervezett Rosasol levéltrágyát juttattunk ki (23-7-23 NPK + mikroelemek), 5 kg/ha dózisban. Inszekticides kezelés egy alkalommal történt, Decis Mega szerrel, a megjelent levéltetvek és vetésfehérítő bogarak ellen.

A kísérlet első évében nem mutatkozott semmilyen jelentősebb növényvédelmi probléma, a vetés egyenletesen kelt, fejlődött, sem gomba-, sem rovarkár nem volt számottevő, a kísérlet eredményességét nem befolyásolta. A csapadék azonban igen kevés volt a tenyészidőszak alatt, márciustól május közepéig elegendő mennyiség hullott, május 10-étől egészen az aratásig viszont mindössze 15 mm volt.



4. ábra: Érett kalászkok (saját fotó)

A betakarítás két menetben történt. Július 18-19-én kézi kaszával eltávolítottam a parcellák szegélyeit, csak a nettó parcellákat meghagyva, majd ezután a parcellákat egyenként kézi kaszával arattam, majd számozott zsákokba szedtük a teljes (szem+szalma)

termést. Nyár végén az PE Georgikon Kar tanüzemének kombájnját használva kicsépeztük a termést, amit ezután laboratóriumi vizsgálatok során elemeztem.

Laboratóriumi vizsgálatok

A szárbaindult növényekből vett minták nyers tömegét a helyszínen mértem, majd szárítószekrényes vizsgálattal meghatároztam a szárazanyag-tömeget. Mértem a N, P, K koncentrációkat, a Ca és Mg mennyiségét, illetve a Fe, Cu, Mn, Zn mikroelemek %-os előfordulását a növényi szárazanyagban.

Az NPK-koncentrációk meghatározásához a szárbainduláskor mintázott növényeket szárítás után őröltem, homogenizáltam, majd 0,25 g-ot tömény kénsavval feltártam. A vizsgálatokat a kénsavas roncsolatból készített törzsoldatból végeztem, a mérések a Növénytermesztéstani és Talajtani Tanszéken, a Talajtani és Agrokémiai Csoport laboratóriumában történtek.

Az összes nitrogén mennyiségének meghatározása Kjeldahl módszerével történt, automata vízgőzdesztilláló készülékkel, 5 ml törzsoldatból.

A foszforkoncentráció mérését spektrofotometriás módszerrel végeztük, 430 nm-es hullámhosszon. A törzsoldat 5 ml-éhez kénsavas ammónium-vanadát-molibdenát reagenst adtunk, a képződött sárga színű komplex színintenzitását Zeiss Spekol-11 típusú spektrofotométerrel mértük, a koncentrációt kalibrációs egyenes segítségével határoztuk meg.

A káliumkoncentráció mérése Zeiss Flapho-4 típusú lángfotométerrel történt. A tízszeres hígítású törzsoldatból 766 nm-en fényemissziót mértünk, és szintén kalibrációs egyenes használatával állapítottuk meg a minták koncentrációját.

A Ca, Mg és a mikroelemek mérése az Állattudományi és Állattenyésztési Tanszék takarmányanalitikai laboratóriumában történt, atomabszorpciós spektrofotométerrel (PerkinElmer AAnalyst 200). A 2,5 g-os növénymintákat elhamvasztottuk, a képződött hamut sósavban feloldottuk. A Ca és a Mg méréséhez 100-szoros hígítást kellett alkalmazni, a műszer számára magas koncentráció miatt, ehhez bidesztvizet (kétszer desztillált víz) használtunk.

A mikroelemek mérése is a hamvasztásos-sósavas feltárással készített törzsoldatból történt, de ezek mérési eredményei dolgozatomban még nem szerepelnek.

Az érett árpa szemtermés- és szalmatömegét, illetve a szemek szárazanyagtartalmát mértem, valamint a levélanalíziskor kivett mintákhoz hasonlóan a fenti 9 tápelem koncentrációját. A tápelem-méréseket a szalmából nem, csak a szemtermésből végeztem el, a darált-homogenizált mintákból, 0,5 g-ot használva. Az NPK-mérésekhez itt is kénsavas roncsolatból készített törzsoldatot használtam, a Ca és Mg, valamint a mikroelem-koncentrációk meghatározása szintén hamvasztással, sósavas feloldással történt.

Az alkalmazott vizsgálati módszerek szabványban rögzítettek, a szabványok kódjai és megnevezései az irodalomjegyzékben találhatóak.

Az eredmények értékelése

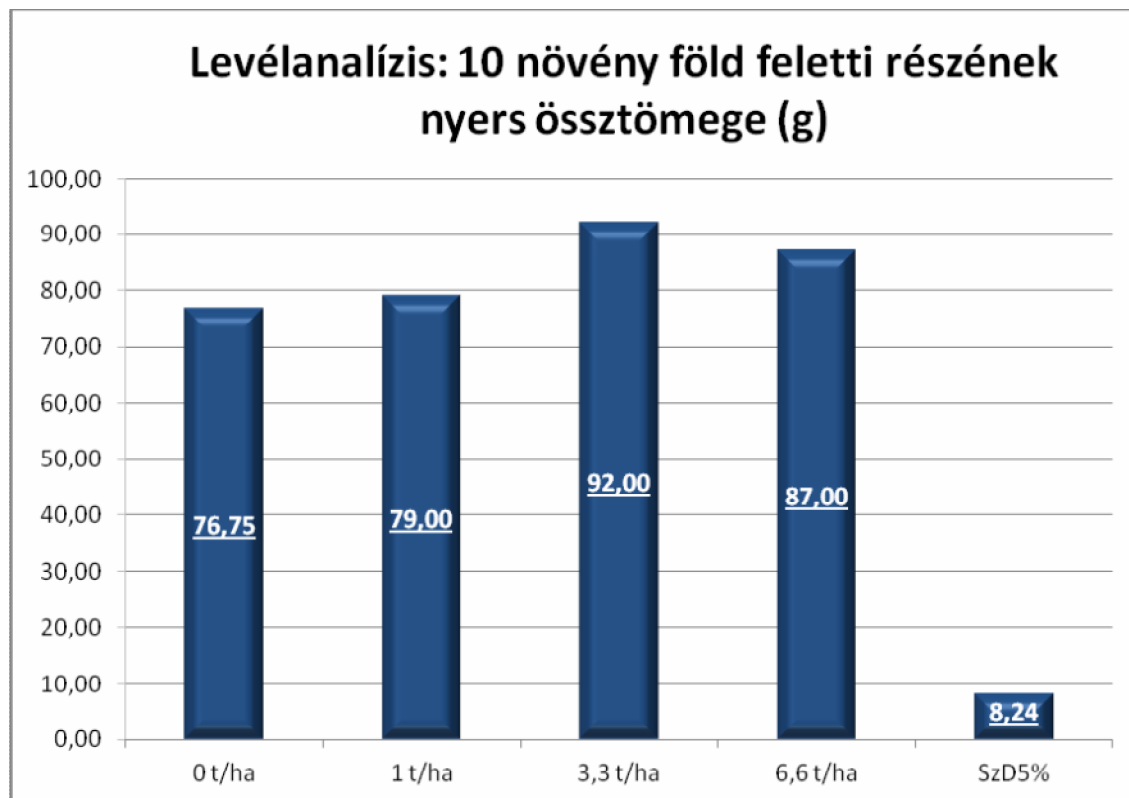
A kapott tápelem-koncentrációkkal és a termésátlagokkal egytényezős varianciaanalízist végeztem, Sváb (1988) latin négyzet elrendezésű kísérletekre javasolt módszere szerint. A koncentrációk és a száraztömeg alapján parcellánként meghatároztam: a növényanalízisnél a 10 növény által együttesen felvett tápelemek egzakt mennyiségét, a termés vizsgálatánál pedig az egy hektárról szemterméssel elvitt tápelemek mennyiségét, statisztikailag igazolva a szignifikáns eltérést a kezelések között. A korreláció-regresszió vizsgálatokat a Microsoft Excel Analysis ToolPak programcsomagjával végeztem.

5. Eredmények és értékelésük

5.1. Levélanalízis (FS: 6-7.) eredményei

5.1.1. A növények tömegének és szárazanyag-tartalmának változásai

A szárbainduláskor megmintázott növények helyszínen mért nyers tömege mindegyik kezelésnél magasabb volt, mint a kontroll, ez a 3,3 t/ha, illetve a 6,6 t/ha adagoknál statisztikailag igazolható különbséget is jelentett (5. ábra).

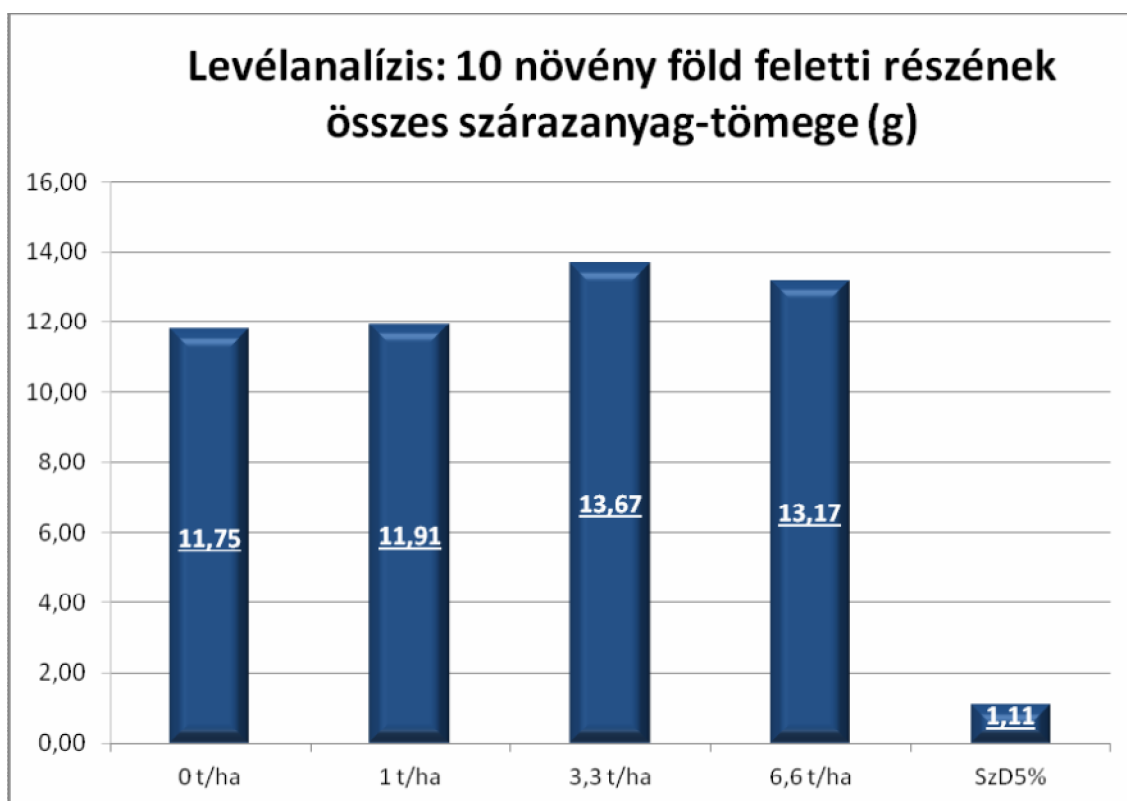


5. ábra: Levélanalízis: 10 növény föld feletti részének nyers össztömege

A fél adaggal javított terület növényei az ismételtek átlagában meghaladták a teljes adagú dolomitos kezelés növényeinek friss tömegét, a két kezelés hatásában mutatkozó különbség azonban nem szignifikáns.

A fenti tendencia a növények szárazanyag-tömegében is érvényesült (6. ábra), a 3. és 4. kezelések itt is igazolható eredményt adtak, a 2. kezelés (1 t/ha) hatása nem volt számottevő.

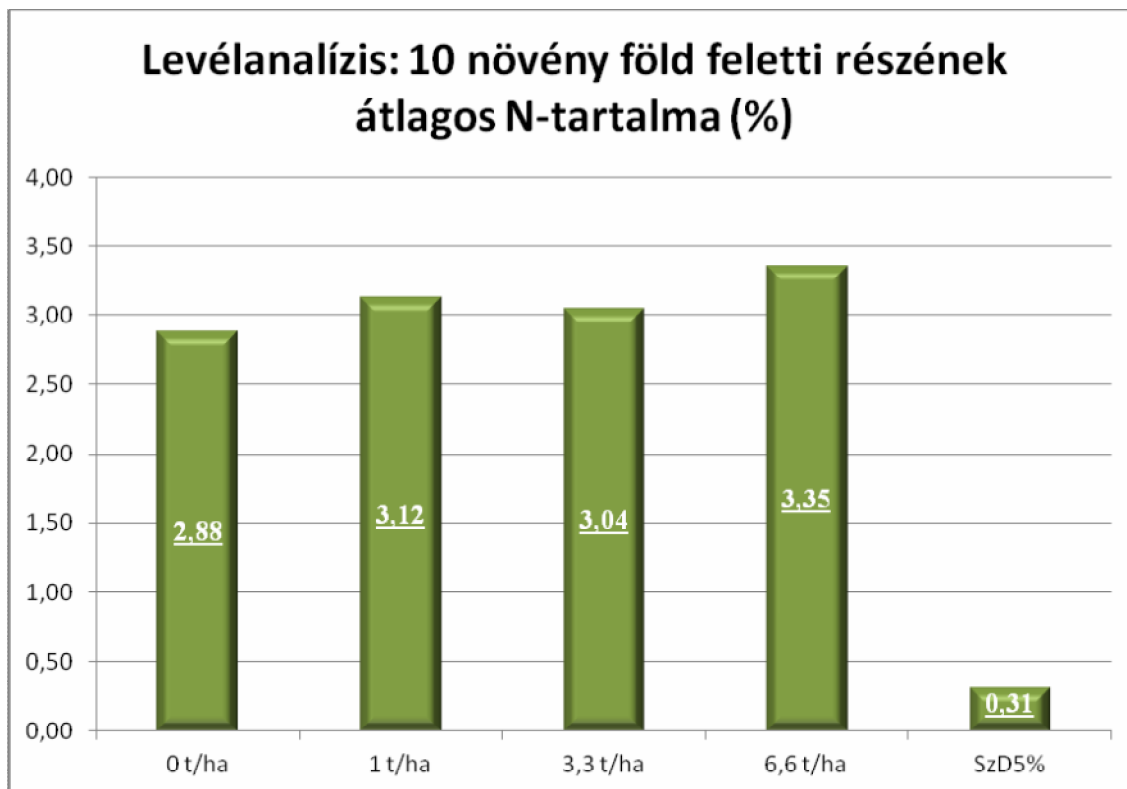
Mint később kiderült, a termésátlagokban is tükröződött ez az eltérés, ahol szintén a 3,3 t/ha javítóanyag-adagú parcellák hozták a legtöbb termést, és a 4. kezelés ettől kismértékben elmaradt (5.2. A szemtermés analízise). A Feekes 6-7. stádiumban mintázott növények nyers és abszolút száraz tömege egyaránt jól korrelál a későbbi termésátlagokkal ($P=5\%$ -os szinten $R^2=0,66$, illetve $R^2=0,77$).



6. ábra: Levélanalízis: 10 növény föld feletti részének összes szárazanyag-tömege

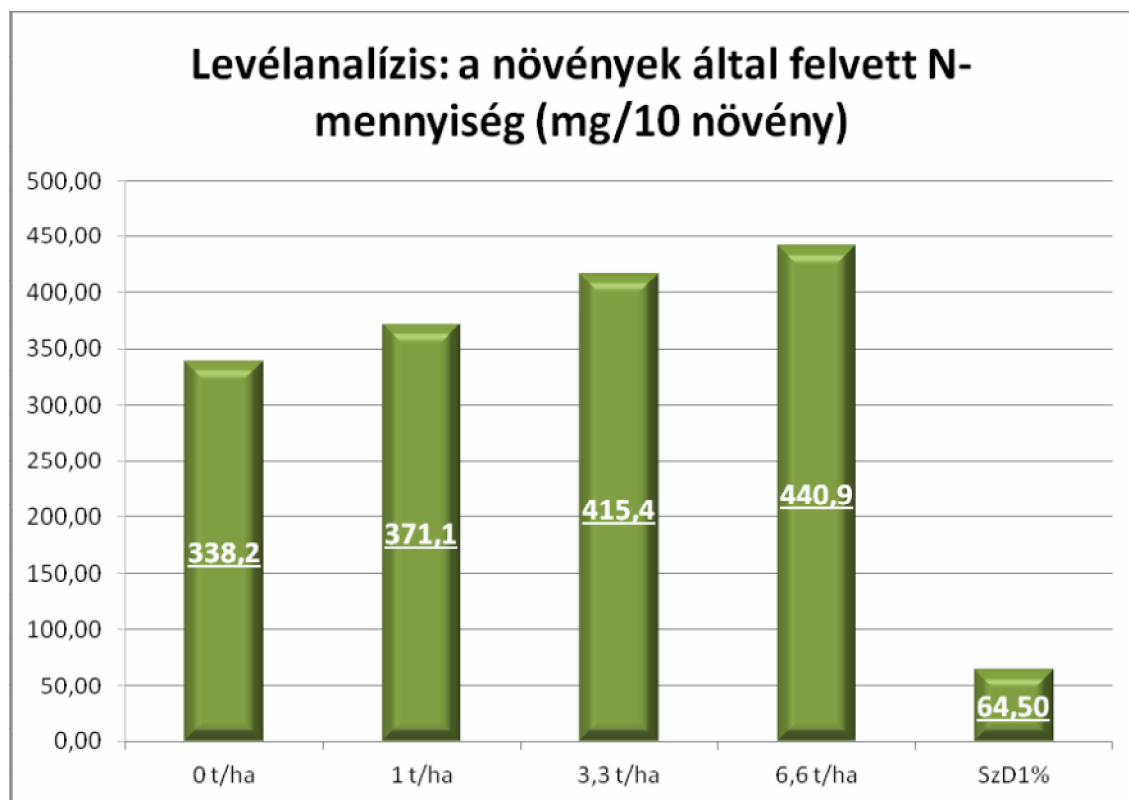
5.1.2. A növények NPK-tartalmának változásai

A N-tartalom változásai



7. ábra: Levélanalízis: 10 növény föld feletti részének átlagos N-tartalma

A kijuttatott javítóanyag egyértelműen kedvező hatású volt a talaj kémhatására, aminek köszönhetően a NO_3^- és a NH_4^+ felvehetősége a növény számára könnyebbé vált. Az egyforma műtrágya-adagok mellett is megmutatkozott a dolomitörlemény pozitív hatása, a 2. és 3. kezelések növényeiben a N százalékos aránya kismértékben emelkedett, a legmagasabb adagú kezelés növényeinek N-tartalma szignifikánsan nőtt a kontrollhoz képest (7. ábra). A N-tartalom irodalmi források szerint kielégítő ellátottságot jelez (Cerling, 1978, Bergmann, 1992).



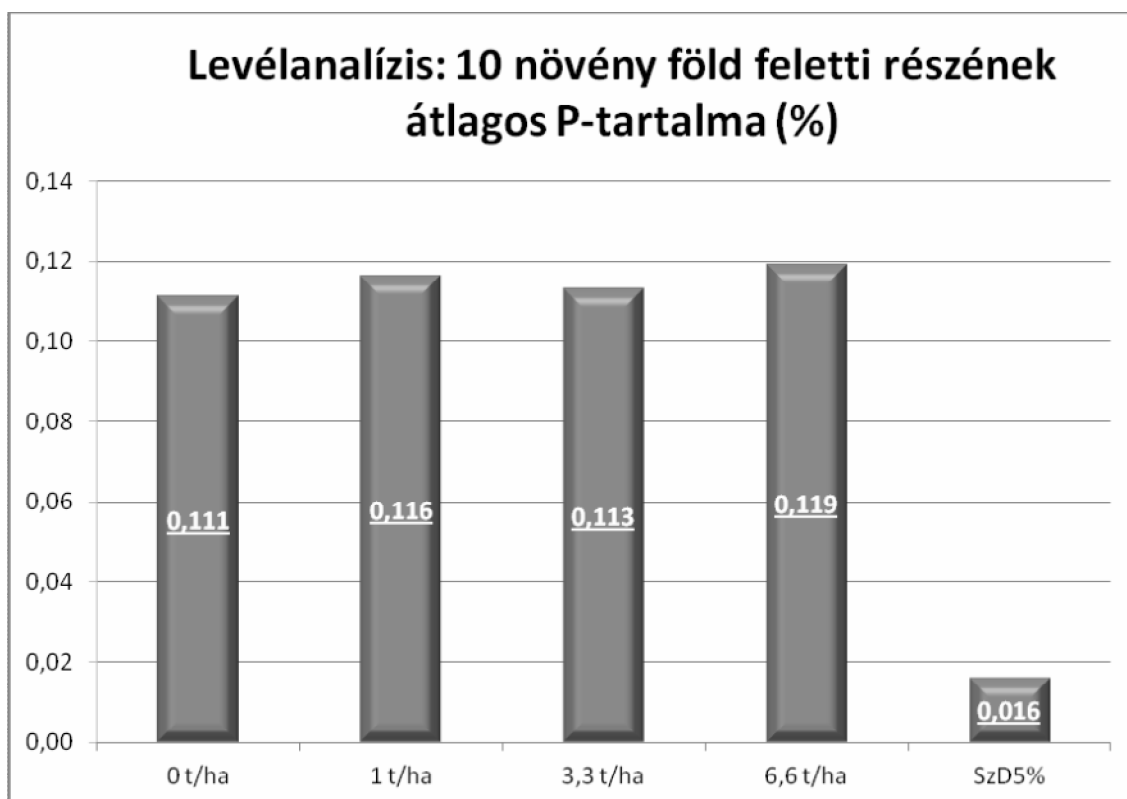
8. ábra: Levélanalízis: a növények által felvett N-mennyiség (mg/10 növény)

Összevetve a parcellák növényeinek száraz tömegét, és a N-koncentrációkat, kiszámítottam a 10 növény összes N-tartalmát. A talajjavítás N-felvehetőségre gyakorolt hatása ezeken az értékeken keresztül sokkal szembetűnőbb (8. ábra). A hektáronkénti 1 t javítóanyag hatása itt sem volt statisztikailag igazolható, azonban a fél és teljes adagot kapott területek növényei a kontrolltól 99 %-os biztonsággal (1 %-os szignifikancia szinten) eltértek, N-felvételük számottevően nőtt.

A P-tartalom változásai

A kísérleti területen a felvehető foszfor mennyisége nagyon alacsony, főként a savas pH miatt, így ez volt az egyik legfontosabb kérdésem a kísérlet tervezésekor: mennyi idő alatt és milyen mértékben mutatkozik meg a növényekben a foszfor felvehetőségének javulása?

Úgy vélem, hogy ebben a fenológiai stádiumban, ahogy a növény közelít a kalászhányáshoz és a foszforfelvétel genetikailag rögzített okokból fokozódik, jobban fognak látszani a különbségek a felvett foszfor tekintetében a különböző javítóanyag-adagok között (9-10. ábra).

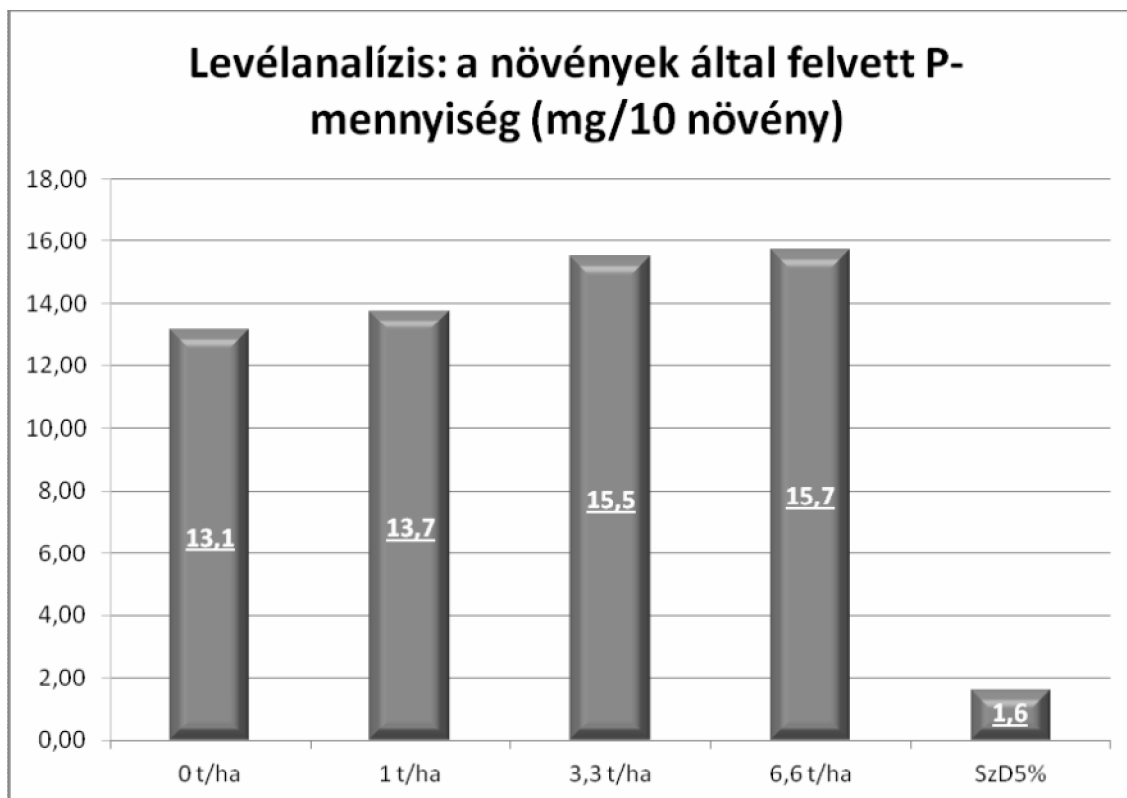


9. ábra: Levélanalízis: 10 növény föld feletti részének átlagos P-tartalma

A várakozások ellenére a növények %-os foszfortartalmában nem mutatkozott szignifikáns eltérés a kezelések között (SzD_{5%} érték szerint), bár hozzá kell tenni, hogy az F-próba P=10%-os szinten igazolható eltérést jelzett, és figyelembe kell venni, hogy a talajjavítás és a növéymintavétel között mindösszesen 56 nap telt el (március 25. – május 20.), ami a P-felvehetőség változásának szempontjából még csekély idő. A mért P-koncentrációk Cerling (1978), Bergmann (1992) és Kádár (2004) eredményeihez képest nagyon alacsonyak, ami jelzi a foszfor hiányát, viszont sem anyagszerezavarok, sem fejlődési problémák nem mutatkoztak, sem akkor, sem a későbbiekben semmilyen hiánytünet nem volt tapasztalható.

A N-hez hasonlóan itt is számítást végeztem a koncentrációk és a száraztömegek ismeretében, és grafikonon ábrázoltam a különböző kezelések növényei által felvett foszfor mennyiségét (10. ábra).

Az adatokból kitűnt, hogy a kezelések között a százalékos P-tartalomban bár nem mutatkozott különbség, a 10 növény által felvett P egzakt mennyiségét tekintve már mutatkozik eltérés. A 3. és 4. kezelés egyaránt szignifikáns eltérést okozott, előbbi 5%-os, utóbbi P=1%-os szinten is. Az 1 t/ha-os adaggal javított területen ismét nem történt igazolható változás.



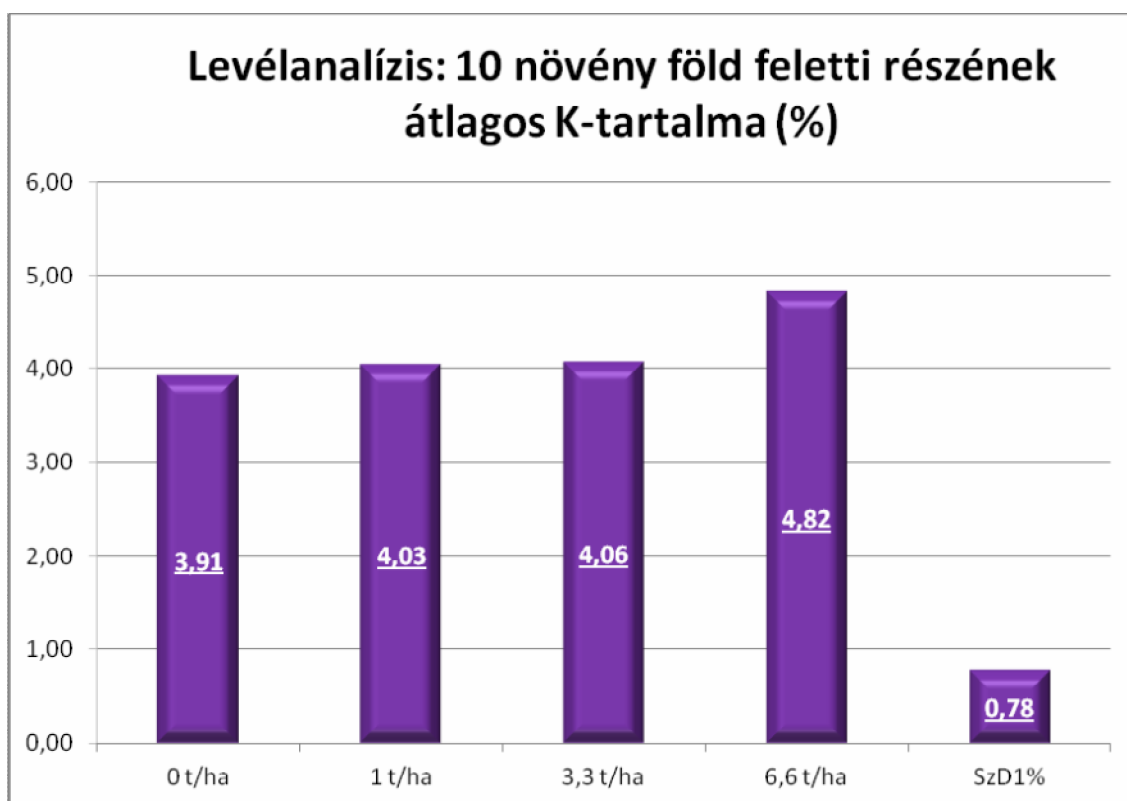
10. ábra: Levélanalízis: a növények által felvett P-mennyiség (mg/10 növény)

A K-tartalom változásai

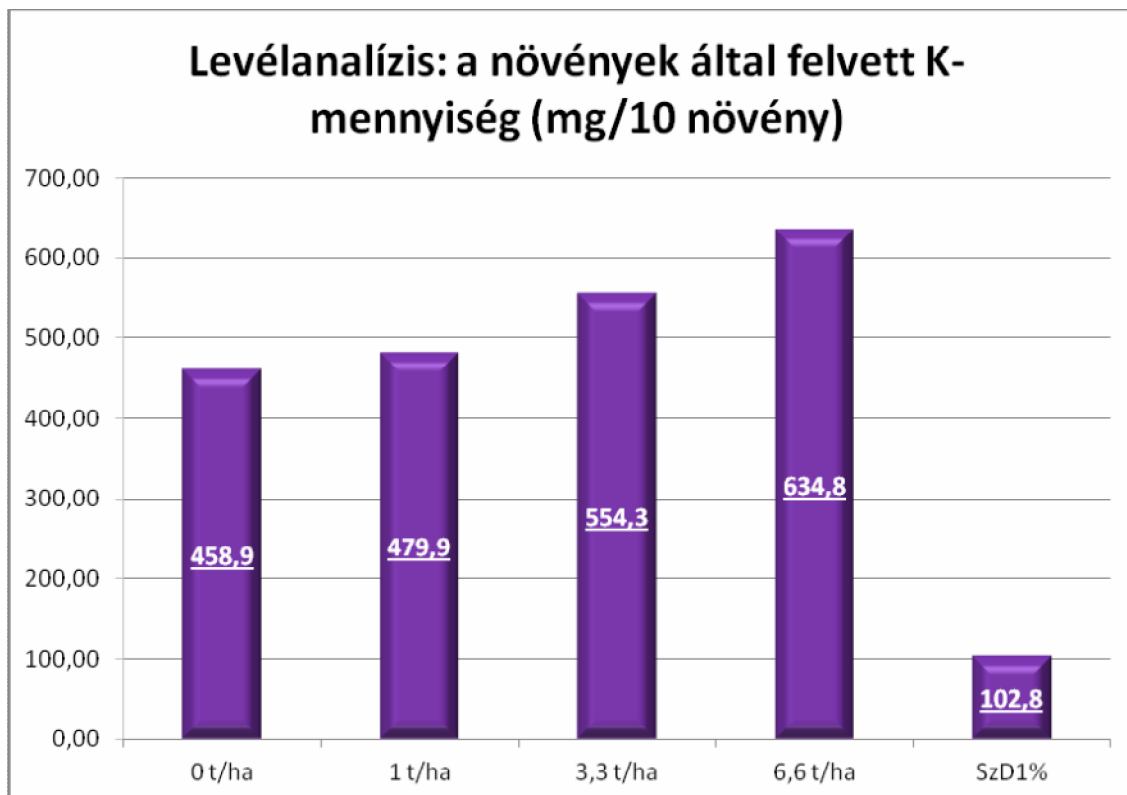
A K-tartalom is változott a szárbaindult növényekben a dolomitörlemény hatására. Az irodalmi forrásokban (Cerling, 1978, Bergmann, 1992, Kádár, 2004) szereplő kielégítő K-tartalom intervallumába esnek a kapott értékek.

A kontrollhoz képest a 2. és 3. kezelés növényeinek százalékos káliumtartalma kismértékben növekedett, de statisztikailag még nem lehetett igazolni a növekedést, a 4. kezelés növényeinél viszont igen (11. ábra). A kiugró K-koncentráció oka a talaj-pH-emelkedés, mert a talajjavítással kiadott, nagy mennyiségű Ca^{2+} és Mg^{2+} részben kicserélődött a talaj kolloid mérettartományú részecskéin adszorbeált K^+ -mal, ami így talajoldatba került (kationok csereadszorpciója) (Bohn et al., 1985).

A szárbainduláskori növények K-tartalma, a koncentrációból és a száraztömegből számolva még inkább kihangsúlyozza a K-felvétel változásait (12. ábra). Bár a 2. kezelés nem okozott szignifikáns növekedést, a 3. és 4. kezelések $P=1\%$ -os szinten is statisztikailag igazolható változást idéztek elő. A felvett N és K-tartalom igen szoros korrelációban nőtt az egyre nagyobb adagú javítások hatására ($P=5\%$ szinten $R^2=0,89$).



11. ábra: Levélanalízis: 10 növény föld feletti részének átlagos K-tartalma

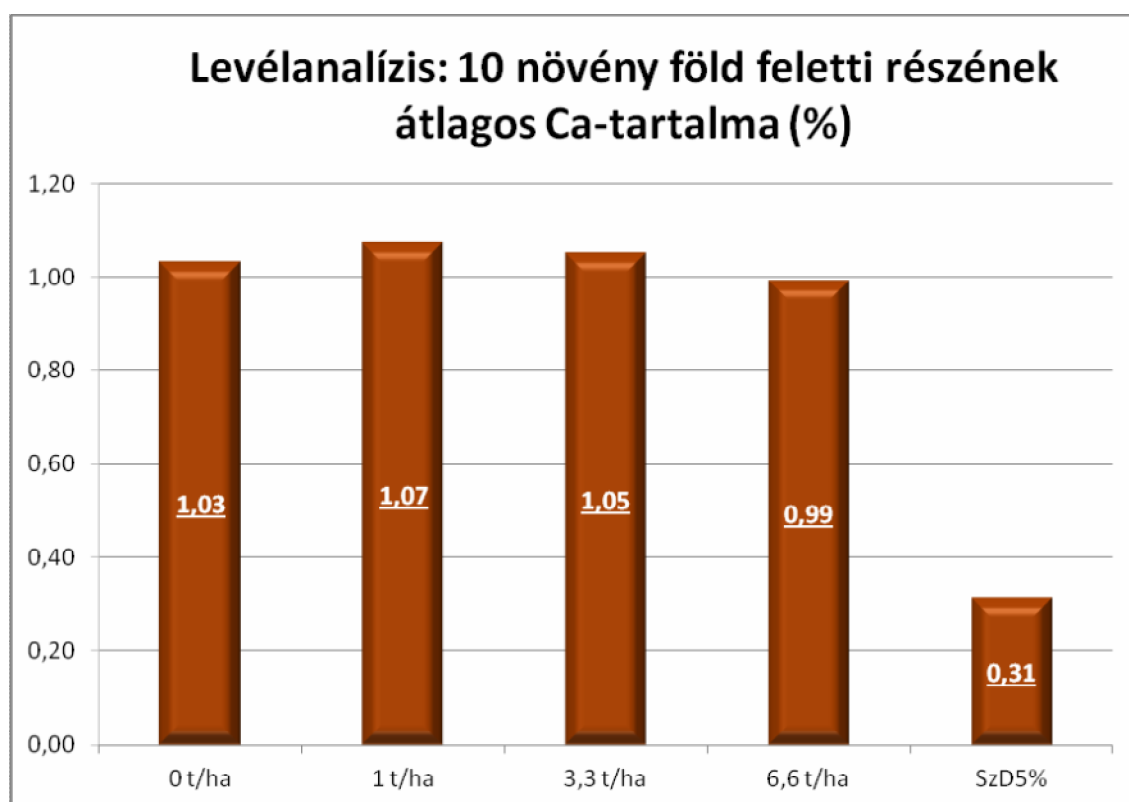


12. ábra: Levélanalízis: a növények által felvett K-mennyiség (mg/10 növény)

5.1.3. A növények Ca- és Mg-tartalmának változásai

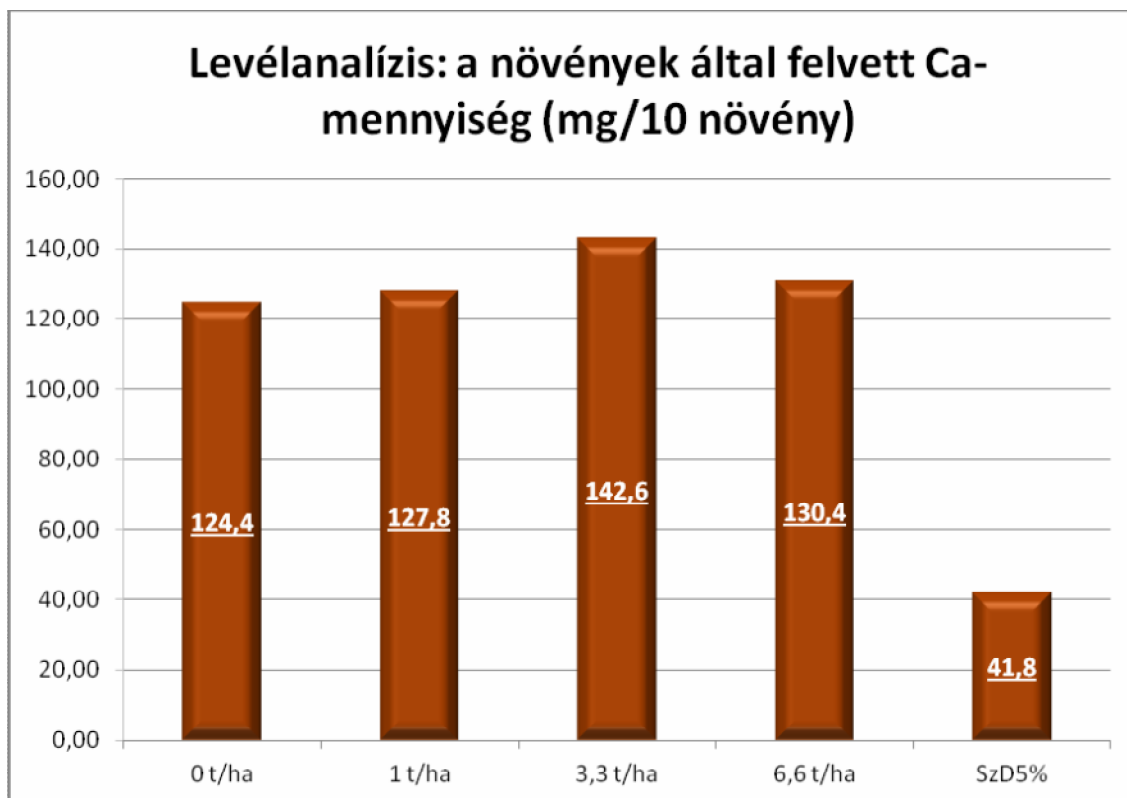
A Ca-tartalom változásai

A káliumfelvétel nagymértékű növekedéséből és a K/Ca/Mg ionantagonizmusból (Mengel, 1976) következően sejteni lehetett, hogy a Ca koncentrációja nem fog számottevően változni (13. ábra). A Ca %-os aránya a növényi szárazanyagban olyan nagymértékű szóródást mutatott (0,60 % - 1,37 %), hogy a szignifikáns differencia küszöbértéke nagyon magasra került, az egyes kezelések közötti eltérések a véletlennek tulajdoníthatóak. Annak ellenére, hogy egyre nagyobb Ca-adagot juttattunk ki, a növények Ca-koncentrációja nem emelkedett, ami egyrészt a K-Ca kation-antagonizmussal magyarázható, valamint azzal, hogy a Ca jórésze kicserélődött a talajkolloidokon adszorbeált K-mal, és a K talajoldatba került (Bohn et al., 1985), ami választ ad a kezelt területek növényeinek magasabb K-tartalmára és a Ca-koncentráció viszonylagos változatlanságára is.



13. ábra: Levélanalízis: 10 növény föld feletti részének átlagos Ca-tartalma

A szárazanyag-tömegeket a százalékos Ca-tartalmakkal összevetve sem kaptam szignifikáns különbséget (14. ábra).

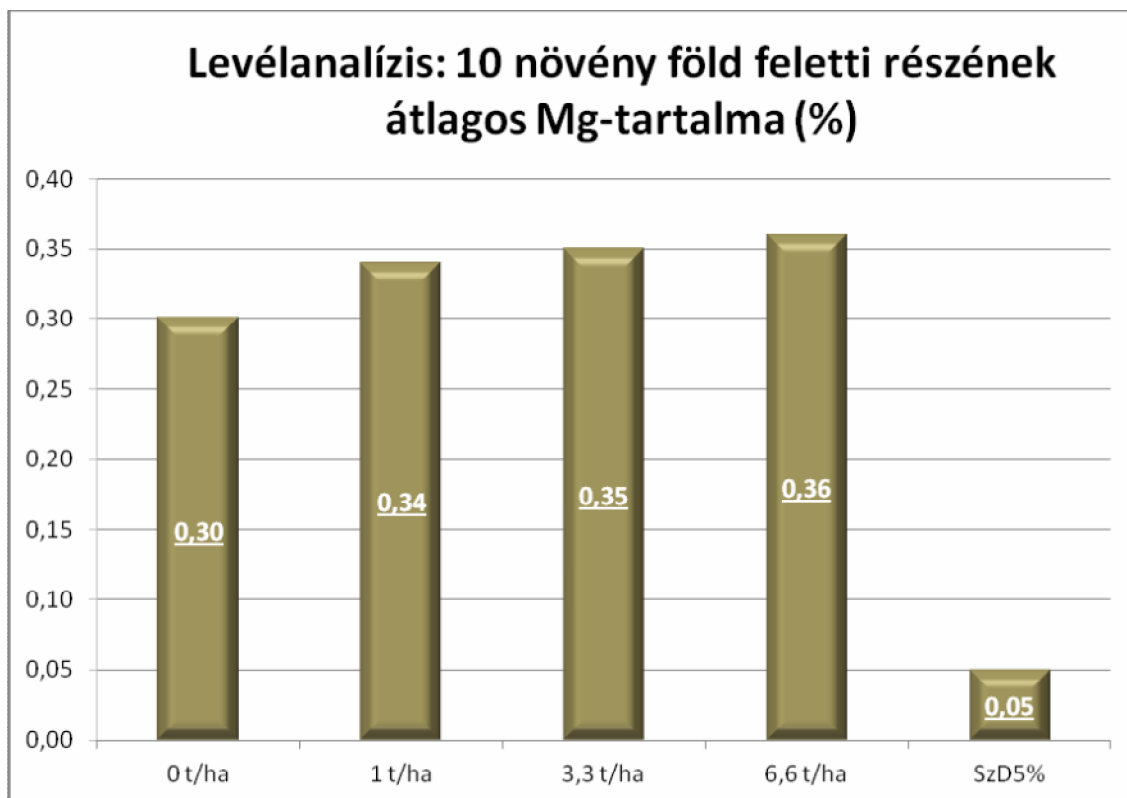


14. ábra: Levélanalízis: a növények által felvett Ca-mennyiség (mg/10 növény)

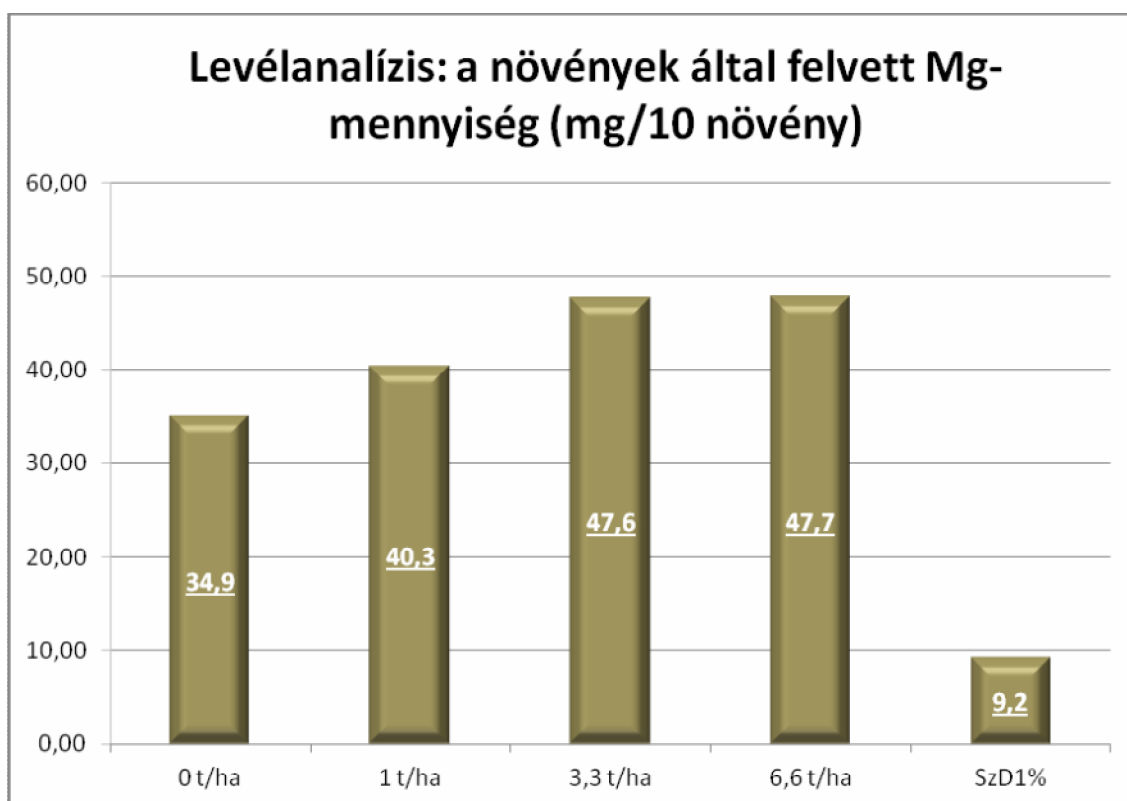
A Mg-tartalom változásai

A Ca-tartalommal ellentétben a növények Mg-koncentrációja a javítóanyag mennyiségét növelve folyamatosan emelkedett (15. ábra). Habár szignifikáns eltérés a koncentrációkban csak a 3. és 4. kezelésnél mutatkozott, csak kismértékben maradt el az 1 t/ha-os kezelés eredménye a többitől. A Mg magasabb %-os előfordulása a szárazanyagban azzal magyarázható, hogy a talajjavító anyagban a Ca és a Mg molaránya 1 : 2,228, tehát nem tiszta dolomit, sokkal magasabb Mg-tartalmú annál. A csereadszorpció során részben a kijuttatott Mg is adszorbeálódott a kolloidfelületen, a Ca mellett, de a sokkal nagyobb részecskemennyiség miatt több Mg maradt közvetlenül felvehető formában, ami a növényi minták magnézium-koncentrációiban is tükröződik. A kezelések ismétlésein belül a növények Mg-koncentrációi korántsem szórtak olyan nagy mértékben, mint a Ca esetében (0,26 % - 0,32 % a kontroll parcellákon, 0,31 % - 0,39 % a kezelt parcellákon).

Az összes felvett magnéziumot tekintve (10 növény által felvett Mg) szintén a 3. és 4. kezelés dominál, szinte pontosan megegyező eredményekkel (16. ábra). A kezelés hatására mért magasabb Mg-tartalom 1 %-os szignifikancia szint mellett igazolható.



15. ábra: Levélanalízis: 10 növény föld feletti részének átlagos Mg-tartalma

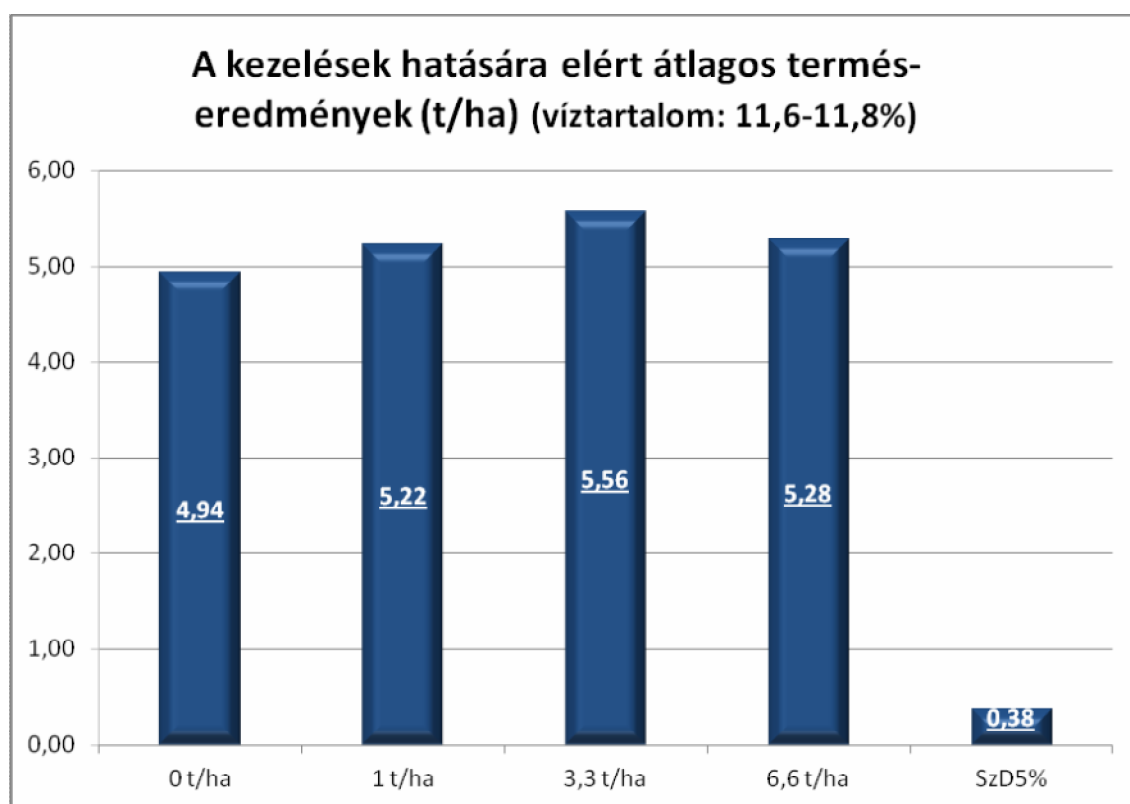


16. ábra: Levélanalízis: a növények által felvett Mg-mennyiség (mg/10 növény)

5.2. A terméseredmények bemutatása

5.2.1. A termésátlagok eltérései

A levélanalízis során végzett vizsgálatoknál kiderült, hogy a tápelem-tartalomban rendszerint a 6,6 t/ha adaggal javított területek növényei mutatták a legmagasabb eredményeket, a nyers, illetve száraz tömegben pedig a fél adaggal kezelt területek növényei. A termésátlagok tekintetében is a 3. kezelés növényei érték el a legmagasabb eredményt (17. ábra), sőt, statisztikailag helytálló eredményt csak ennél a kezelésnél kaptam, a többi kezelés hatására elért terméshozam nem tért el szignifikánsan a kontrolltól. A levélanalíziskor kivett minták száraztömege és a kapott termésátlagok R^2 értéke $P=5\%$ szignifikanciaszinten 0,77. Ez szoros összefüggésre utal. A szárbaindult növények tömegét vélhetően nagyrészt befolyásolta a produktív bokrosodás mértéke.



17. ábra: A kezelések hatására elért átlagos terméseredmények

A MÉM NAK (1979) és Nyiri (1980) által javasolt mészadag-felezés a pszeudoglejes barna erdőtalajokra nem vonatkozik, de a kísérleti terület nem tipikusan ilyen, a drénezés miatt. Az alagsővezés nagymértékben csökkentette a pangó víz által okozott redukciós jelenségeket, a pórusok levegőtlenységét és javította az általános kultúrállapotot.

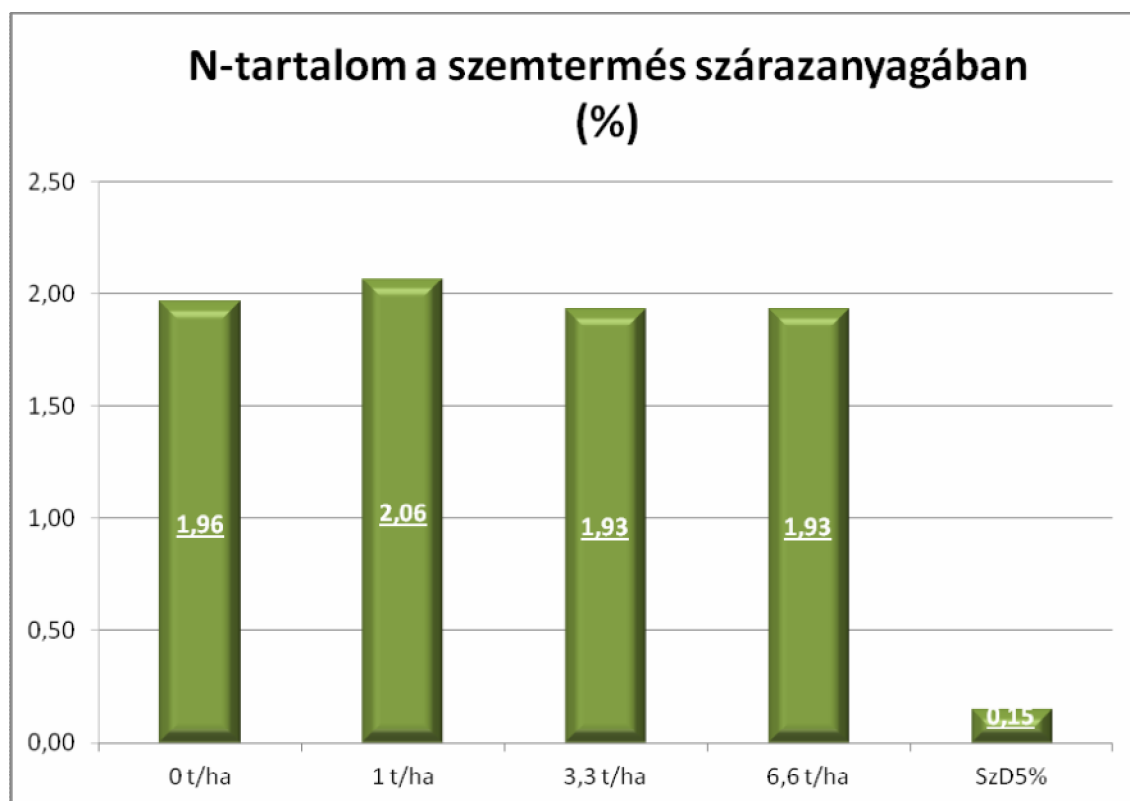
A terméseredmények első évben arra mutatnak, hogy a vízrendezett pszeudoglejes barna erdőtalajokon a számított javítóanyag-adag fele is elegendő lehet, ráadásul a fél adaggal javított

területek a teljes adaggal javított területeknél jobb termésátlaggal rendelkeznek. A kísérlet folytatása szükséges ennek igazolásához.

5.2.2. A szemtermés NPK-tartalmának változásai

A N-tartalom változásai

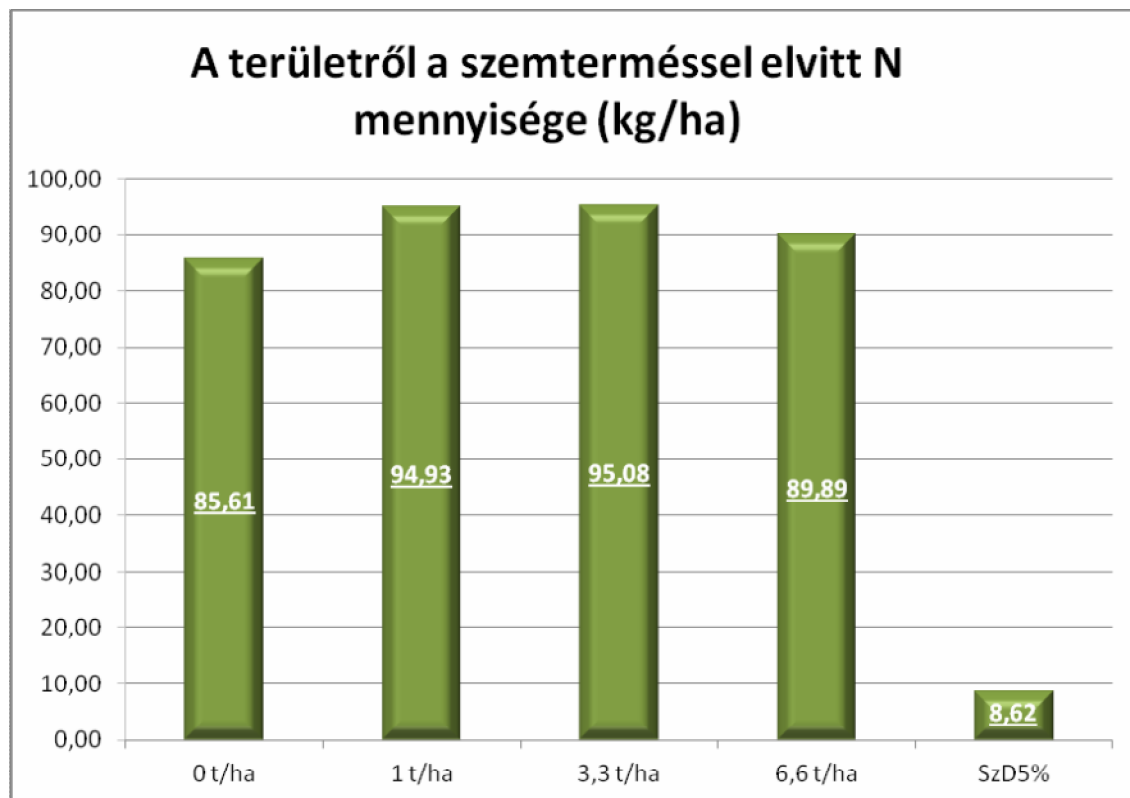
Az eredményekből megállapítható, hogy a szemek szárazanyagára vetített N-tartalom kismértékű ingadozást mutat (1,88 % - 2,11 %), szignifikáns eltérés nem mutatkozik a kezelések között (18. ábra). A szárbaindult növények N-tartalma a javítóanyag növelésével együtt emelkedett, a szemtermésben ez nem tükröződött. A 2. kezelést leszámítva (melynek eltérése a véletlennek tulajdonítható) a kontroll, a 3. és a 4. kezelés növényeinek szárazanyagbani N-koncentrációja 2 % alatt maradt (12,5 % nyersfehérje a szárazanyagban). A fajtára jellemző értéknél magasabb, de még söriparilag elfogadható nyersfehérje-tartalom oka a megosztott N-kijuttatás lehet, aminek célja a nitrátkimosódás csökkentése volt.



18. ábra: N-tartalom a szemtermés szárazanyagában

Az abszolút szárazanyagra átszámolt termésátlagok és a N-koncentrációk ismeretében kiszámítottam a szemterméssel elvitt N mennyiségét, kilogrammban, egy hektárra vetítve (19. ábra). A 2. és a 3. kezelés termésével elkerülő N mennyisége szignifikánsan több volt, mint a kontrollnövények termése által elvitt nitrogén. A 4. kezelésnél szignifikáns különbség nem mutatható ki.

Lásztity (2006) kísérletében átlagosan 68 kg/ha szemterméssel elvitt N-t állapított meg, ami 2,59 t/ha-os kísérleti termésátlagával számolva 26,25 kg/t N-t jelent (ami söriparilag akár légszáraz, akár abszolút száraz árpa szemtermésre vetítve is túl magas nyersfehérje-tartalmat jelent). Saját kísérletemben a N a szemtermésben 17,02-18,19 kg/t között változik, ami a söripari célú termesztés miatt szándékosan csökkentett N-műtrágyaadaggal magyarázható.



19. ábra: A területről a szemterméssel elvitt N mennyisége (kg/ha)

A P-tartalom változásai

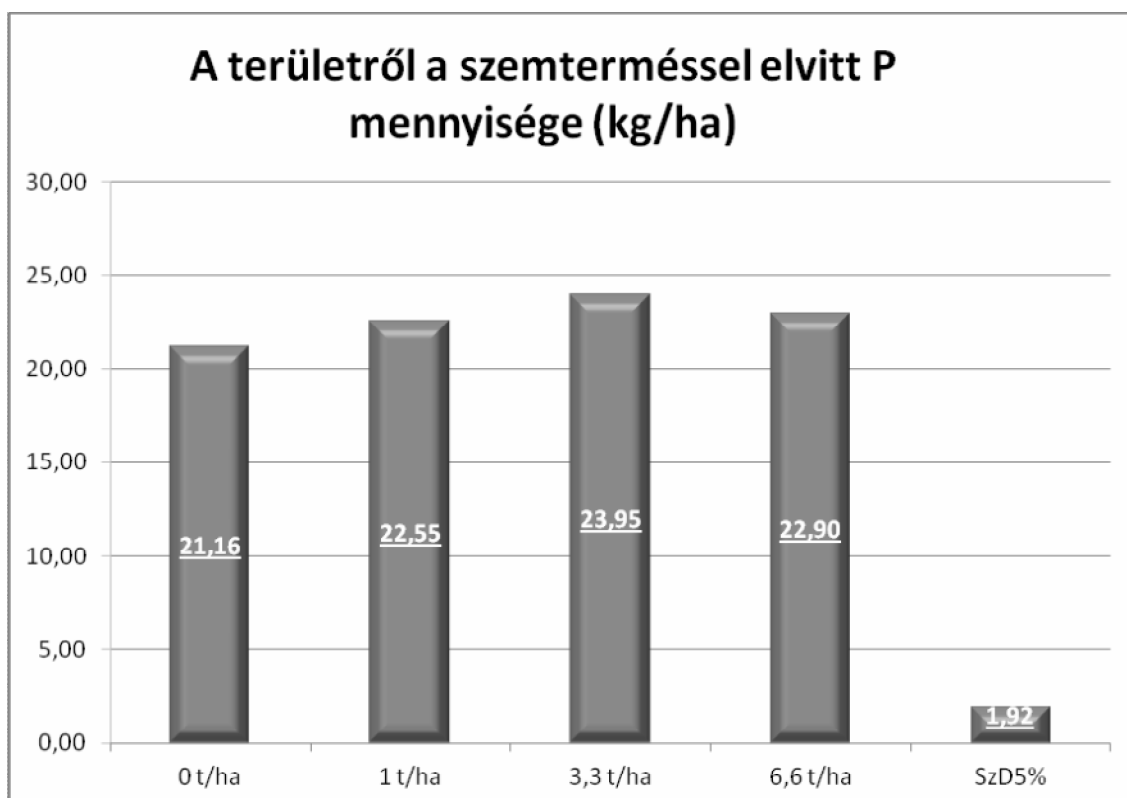
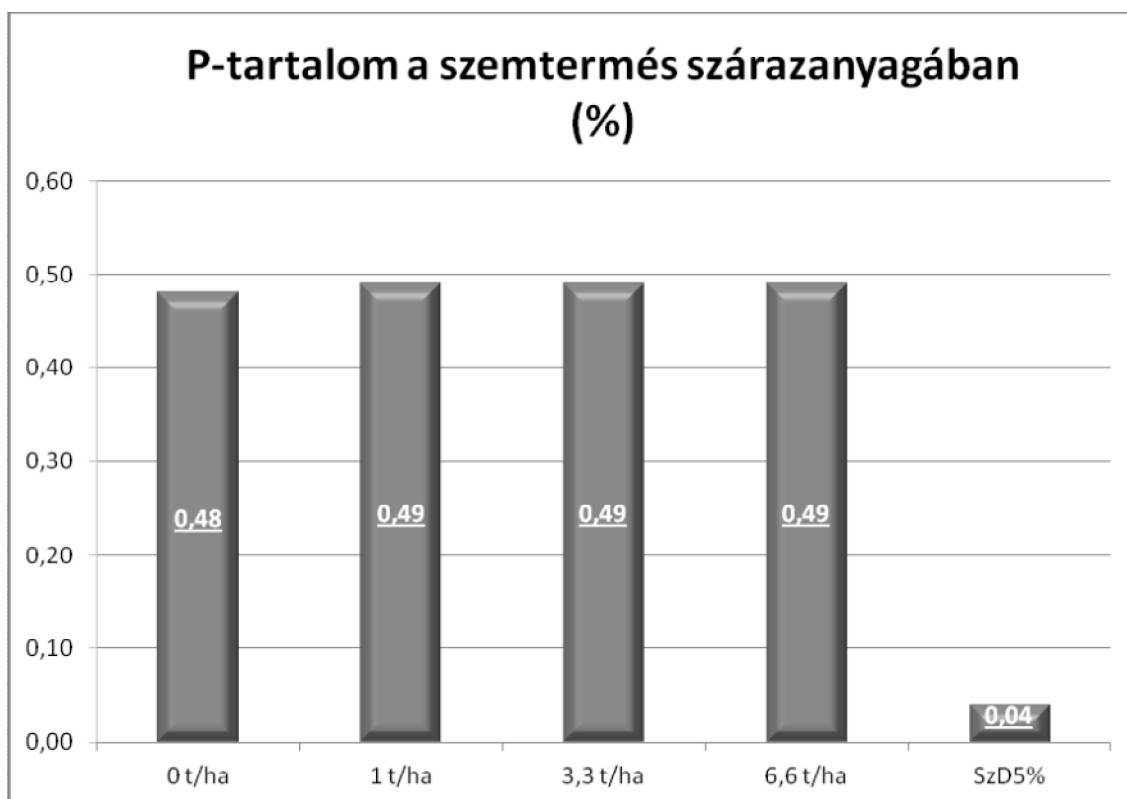
A magvak P-koncentrációja – a többi tápelemhez hasonlóan – nagyon kiegyenlített (19. ábra).

20. ábra: P-tartalom a szemtermés szárazanyagában

Az egyes kezelések foszfor-koncentrációi között hajszálnyi eltérések mutatkoznak, egyik kezelésnél sem tapasztaltam szignifikáns eltérést (20. ábra).

Hasonlóan az N-hez, itt is kiszámítottam a koncentrációk és a szárazanyagra átszámolt termésátlagok ismeretében az egy hektárról a szemterméssel elvitt tápelem-mennyiséget (21. ábra). Szignifikáns P-felvételi növekedés csak a 3. kezelésnél mutatkozott, de a 2. és 4. kezelések is emelkedtek a kontrollhoz képest.

Lásztity (2006) átlagosan 11,5 kg/ha foszfortartalmat állapított meg a szemtermést tekintve, ez a kísérlete termésátlagát figyelembevéve 4,44 kg/t P-tartalmat jelent a szemtermésben. Saját kísérletemben a szemtermés P-tartalma 4,28-4,34 kg/t között változik, ami az irodalmi adatokat közelíti.

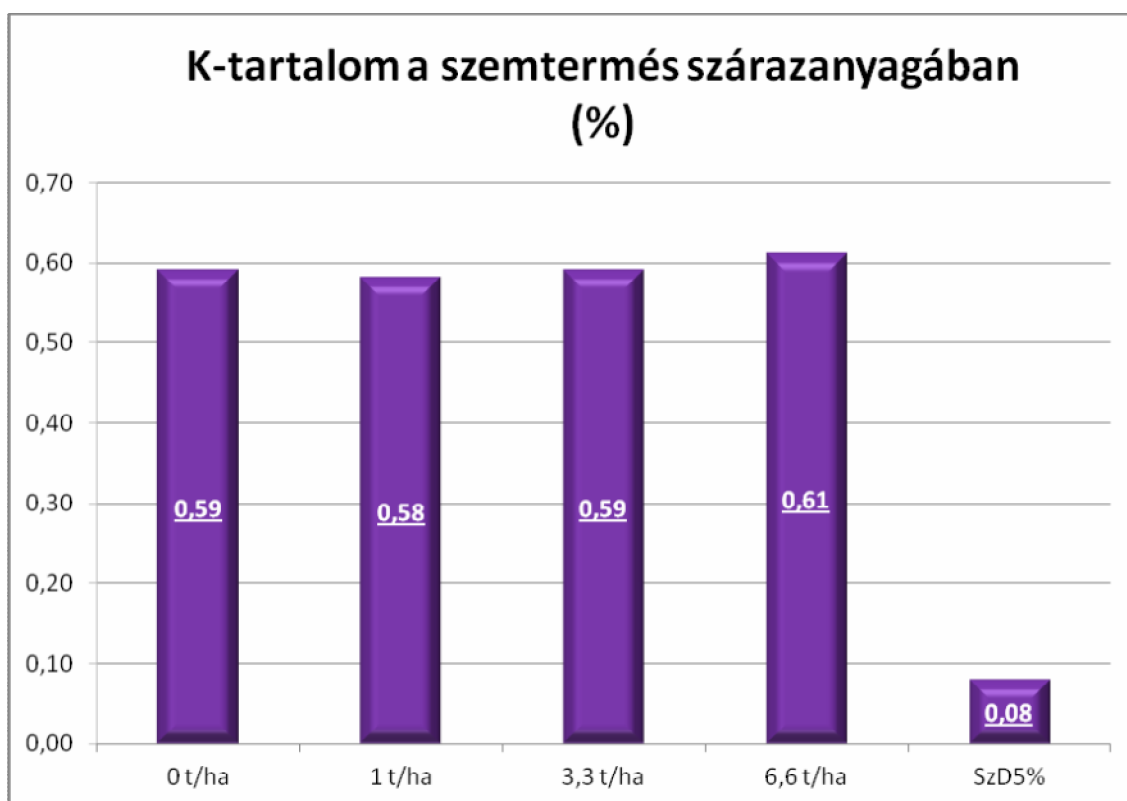


21. ábra: A területről a szemterméssel elvitt P mennyisége (kg/ha)

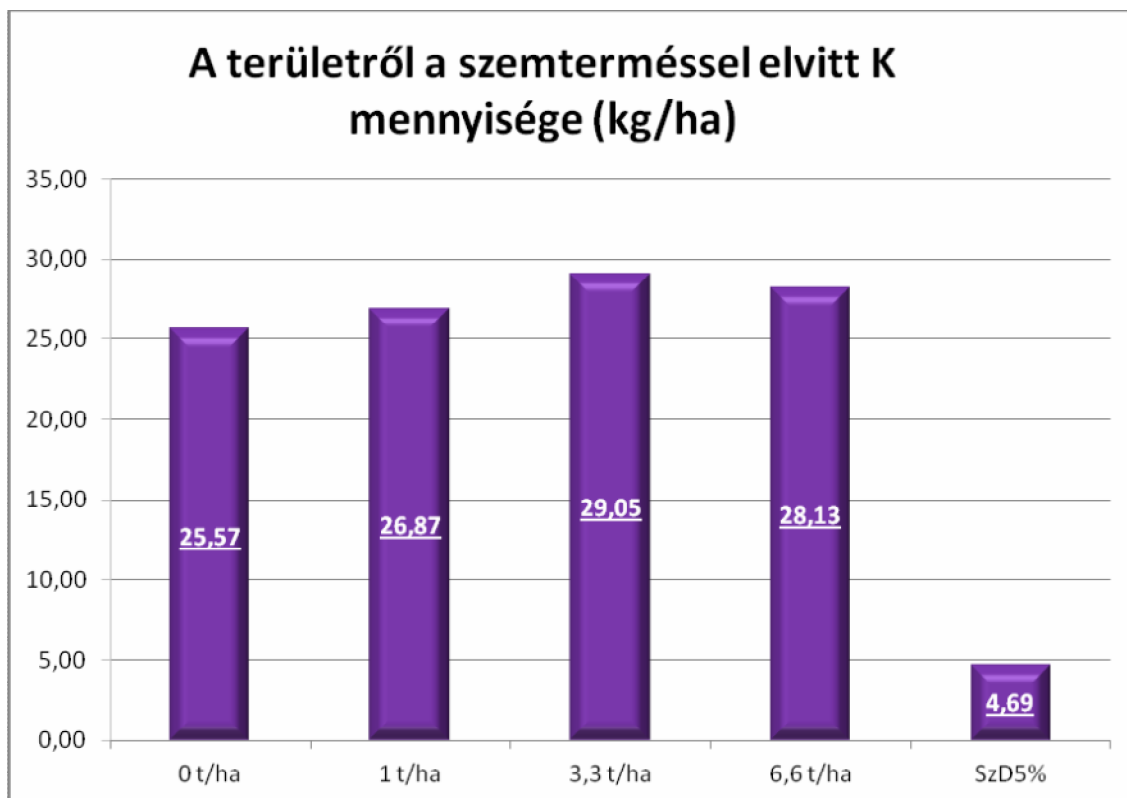
A K-tartalom változásai

A N és P tápelemekhez hasonlóan, a szemtermés K-koncentrációjában sem mutatkozik számottevő elkülönülés a kezelések között, a minimális ingadozás a véletlennek tulajdonítható (22. ábra).

A területről a szemterméssel elvitt K-mennyiség tekintetében már megmutatkozik némi eltérés, de egyik esetben sem igazolható, hogy a talajjavítással áll összefüggésben. Lásztity (2006) hektáronként átlagosan 10,8 kg szemtermésbe került K-ot jegyez, ami figyelembevételével 2,59 t/ha-os kísérleti termésátlagát, 4,17 kg-ot jelent 1 t termésben. Kísérletem termésének K-tartalma ennél magasabb, 5,15-5,33 kg/t között változik a kezelések között.



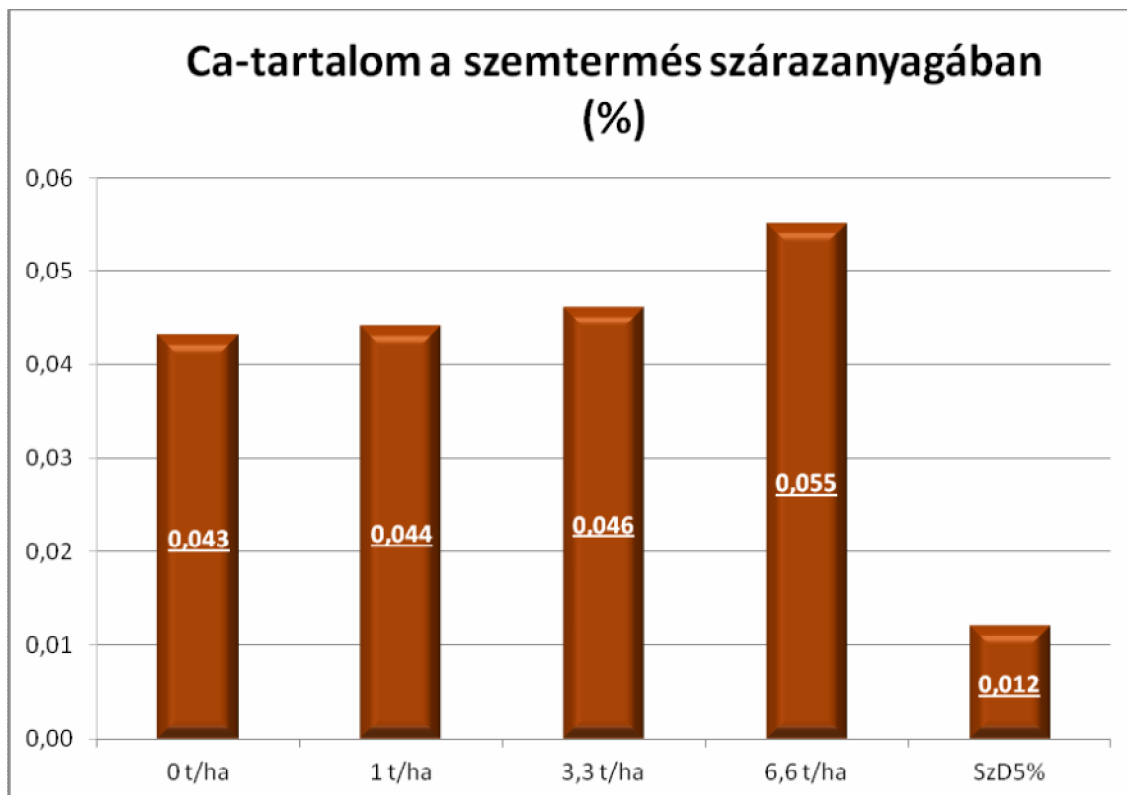
22. ábra: K-tartalom a szemtermés szárazanyagában



23. ábra: A területről a szemterméssel elvitt K mennyisége (kg/ha)

5.2.3. A szemtermés Ca- és Mg-tartalmának változásai

A Ca-tartalom változásai



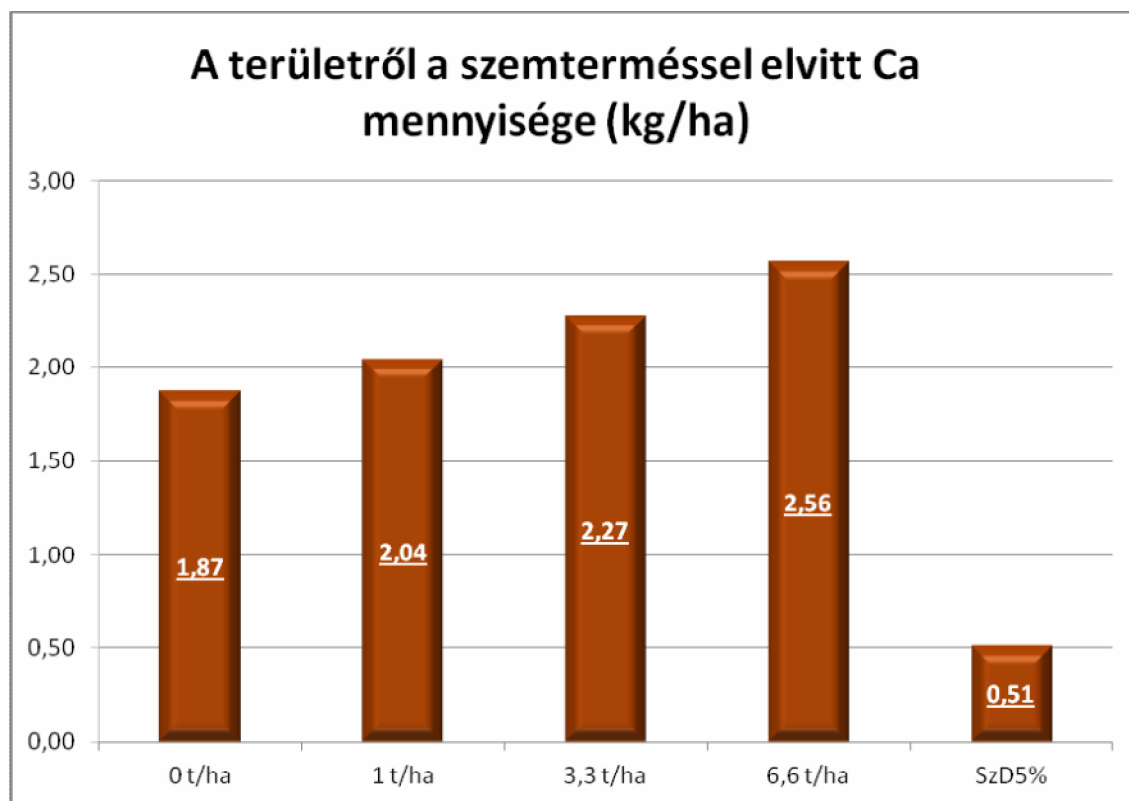
24. ábra: Ca-tartalom a szemtermés szárazanyagában

A tápelem-koncentrációkat tekintve szignifikáns eltérést tapasztaltam a 4. kezelés termésének Ca-tartalma és a kontroll között (24. ábra).

A felvehető K és Mg nagy mennyisége együttesen zavarta a Ca felvételét (Mengel, 1976), a más tápelemek szempontjából relatíve egységesen viselkedő ismétlések a Ca szempontjából erős szórást mutattak, mégis kirajzolódik a Ca-koncentráció emelkedése az egyre nagyobb javítóanyag-adagok függvényében.

A szignifikáns eltérés az egy hektárról, szemterméssel elvitt Ca mennyiségében is megmutatkozott, a 4. kezelés itt is hangsúlyosan kiemelkedik a többi közül (25. ábra).

Lásztity (2006) kísérletében átlagosan 1,1 kg/ha szemtermésben lévő Ca szerepel. Saját kísérletem eredményei ennél lényegesen magasabbak, ám Lásztity kísérletében 2,59 t/ha átlagtermést ért el, ami tonna termésenként 0,42 kg Ca-ot jelent. Kísérletem kontrollja, illetve a 2. és a 3. kezelés szemtermés-eredményei ezt közelítik (0,38-0,41 kg/t), a 4. kezelés növényeinek termése pedig átlagosan 0,48 kg/t Ca-ot tartalmaz, ami igazolhatóan a talajjavítás hatása.

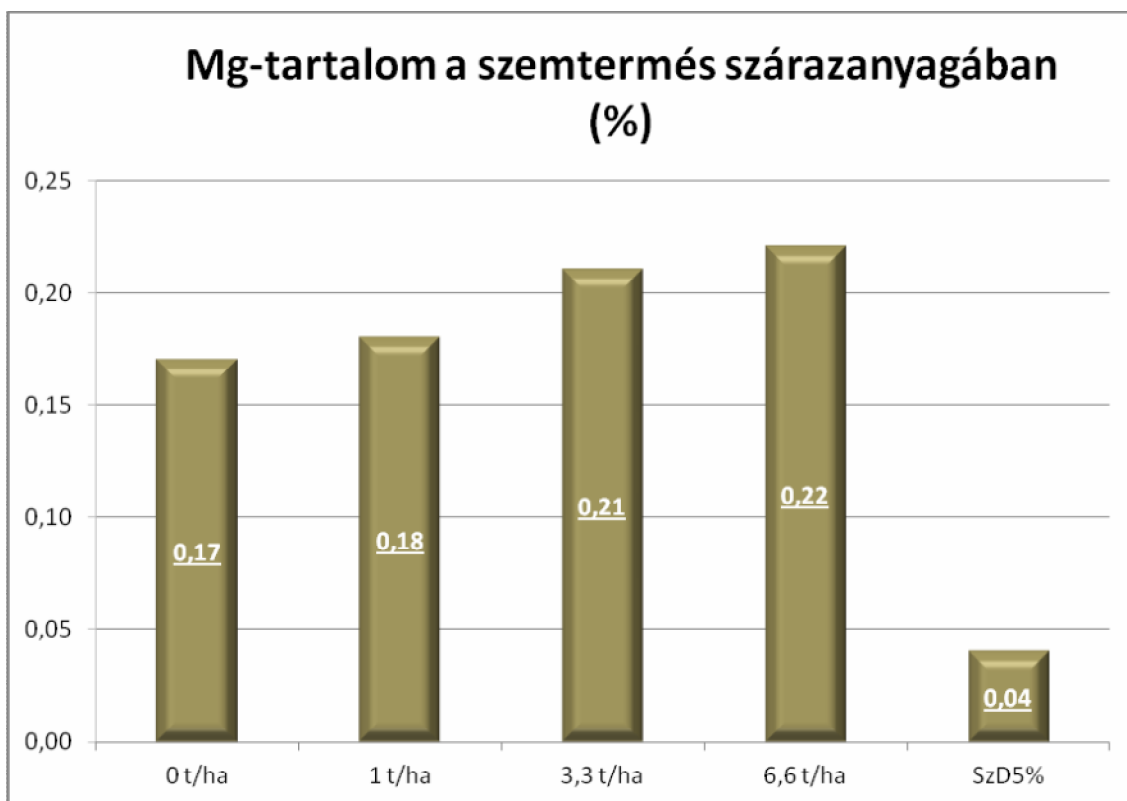


25. ábra: A területről a szemterméssel elvitt Ca mennyisége (kg/ha)

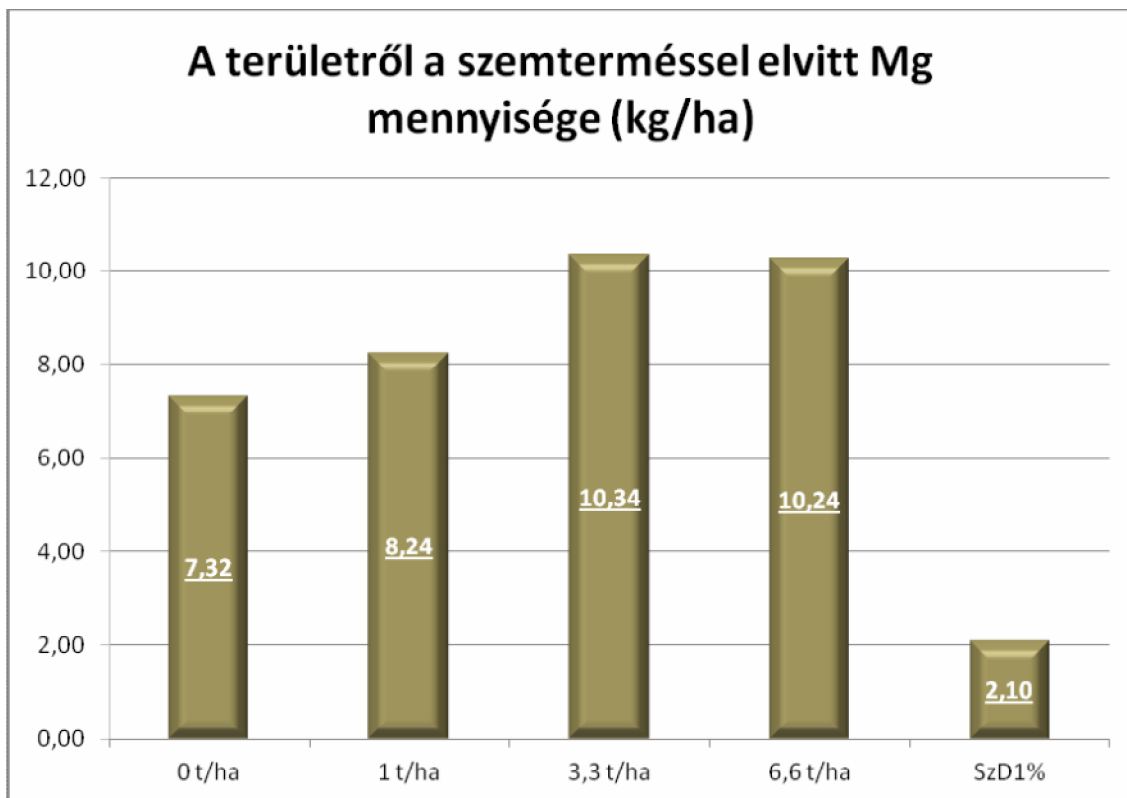
A Mg-tartalom változásai

A szemtermés szárazanyagában mért Mg-koncentráció a javítóanyag mennyiségével együtt nőtt, a 3. és 4. kezelés esetében szignifikáns különbséget mutatva a kontrollhoz képest (26. ábra). A szemek Mg-tartalma a kontroll és a 2. kezelés esetében a szakirodalom (Debreczeniné és Sárdi,

1999) szerinti 0,12-0,18 %-os intervallumba esik, a 3. és 4. kezelésnél a várható adatoknál magasabb eredményeket kaptam.



26. ábra: Mg-tartalom a szemtermés szárazanyagában



27. ábra: A területről a szemterméssel elvitt Mg mennyisége (kg/ha)

Kiszámítva az egy hektárról szemterméssel elvitt Mg mennyiségét, a kezelések közti különbség még jobban érvényesült, a 3. és 4. kezelések esetében 1 %-os szignifikancia szinten igazolható volt a kezelés okozta növekedés a Mg-felvételben (27. ábra).

Lásztity (2006) eredményei szerint a hektáronként szemtermésbe kerülő Mg tömege átlagosan 3,9 kg/ha. Figyelembe véve, hogy kísérletének termésátlaga 2,59 t/ha volt, az 1 t szemtermésre jutó Mg tömege 1,51 kg. Saját kísérletemben a kontrollban 1,48 kg-ot, a kezelt területek termésében 1,58-1,94 kg-ot számoltam, a javítóanyag adagjának emelkedésével az 1 t szemtermésre jutó Mg-tartalom párhuzamosan nőtt.

6. Következtetések és javaslatok

Az elvégzett kísérlet eredményeiből levonható következtetések, javaslatok:

- A Feekes 6-7. stádiumban lévő növényekben már alig két hónappal a talajjavítás után észrevehetőek voltak a pozitív változások. A minták nyers és száraz tömegében már megmutatkoztak az eltérések, a 3. és 4. kezelések növényei szignifikánsan több szárazanyagot képeztek a mintavétel idejére.
- A 3. kezelés (3,3 t/ha CaCO_3 eq.) hatására nőtt legjobban a szárbainduláskori tömeg a kontrollhoz képest.
- A szárbaindult növények száraztömege és az egy hektárra vetített termésátlag között 5 %-os szignifikancia szinten szoros korreláció mutatkozik ($R^2=0,77$).
- A N, K és Mg koncentrációja a javítóanyag mennyiségének növelésével emelkedett a növényekben, a Ca és a P %-os aránya viszonylag stabil maradt. A 10 növényre vetített, egzakt mennyiségeket tekintve viszont a Ca kivételével egyértelműen növekvő tendencia mutatkozik az egyre nagyobb javítóanyag-adagokkal összefüggésben, a N és K felvétele igen szoros korrelációban együtt nőtt ($P=5\%$ szinten $R^2=0,89$).
- Összességében a legnagyobb adag dolomitörleményt kapott parcellák növényei a legnagyobb tápelem-tartalmakkal rendelkeztek (a Ca kivételével), de szárazanyag-tartalom és nedves tömeg tekintetében a 3. kezelés (3,3 t/ha CaCO_3 eq.) növényei domináltak.
- Az egyes kezelések hatására kapott termésátlagokat összehasonlítva a magvak NPK-koncentrációiban alig mutatkozik eltérés. A Ca és a Mg esetében viszont az alkalmazott dolomitörlemény mennyiségének növelésével emelkedik mindkét tápelem koncentrációja, a Ca-tartalom a 4. kezelés, a Mg-tartalom a 3. és 4. kezelés növényeiben szignifikánsan eltért a kontroll-növények Ca-, illetve Mg-koncentrációjától.
- A termésben mért viszonylag állandó NPK-koncentrációk miatt az egy hektárra vetített, szemterméssel elkerülő tápelem-mennyiségek a termésátlagok tendenciáját követik, a talajjavítás hatásai miatt az irodalmi adatokhoz hasonlítva néhány esetben eltérés mutatkozik.
- A kontrollparcellák átlagában 4,94 t szemtermést lehetett betakarítani hektáronként, a kezelt területeken pedig 5,22-5,56 t/ha közötti értékek adódtak. A 3. kezelés eredményezte a legmagasabb termésátlagot, 5,56 t/ha-t, meghaladva a legmagasabb adagú javítóanyag (4. kezelés) hatását, ami 5,28 t termést adott hektáronként.

7. Összefoglalás

Dolgozatomban a kiegyensúlyozott tápanyagellátás és a talajjavítás együttes hatását tanulmányoztam, vízrendezett pszeudoglejes barna erdőtalajon. A talajtípus az Őrség lefolyástalan fennsíkjaira jellemző, a növénytermesztés szempontjából számos negatív tulajdonsággal rendelkezik.

Saját családi gazdaságunk egyik drénezett szántóján állítottam be kisparcellás kísérletemet, tavaszi árpa jelzőnövény alkalmazásával. A tápanyagokat minden parcella kiegyensúlyozottan, a MÉM NAK szaktanácsadási irányelvei szerint kapta, 5,5 t/ha termésátlagra tervezve (NPK-hatóanyag, kg/ha: 110-110-220), az eltérések a talajjavításra használt dolomitörlemény adagjában voltak. A kontrollal együtt 4 kezelésben, 4 ismétléssel végeztem a kísérletet:

	CaCO ₃ eq. kg/ha	eredeti anyag kg/ha	eredeti anyag kg/parcella
1. kezelés	0 (kontroll)		
2. kezelés	1000	524	0,786
3. kezelés	3318,5	1740	2,610
4. kezelés	6637	3480	5,220

A növény fejlődése során Feekes 6-7. stádiumban gyűjtöttem mintákat, parcellánként 10-10 növényt. Később a betakarított szemtermést is vizsgáltam. A Pannon Egyetem Georgikon Kar Növénytermesztési és Talajtani Tanszékén, a Talajtani és Agrokémiai Csoport laboratóriumában NPK-mérést végeztem, illetve az Állatudományi és Állattenyésztési Tanszék takarmányanalitikai laboratóriumában a Ca és Mg koncentrációit mértem.

A kapott adatok alapján megállapítható volt, hogy a levélanalízis során a Ca és a P kivételével a vizsgált tápelemek koncentrációja szignifikánsan nőtt az egyre nagyobb javítóanyag-adagok hatására. A szárbaindult növények száraztömege és az elért termésátlag között szoros korreláció mutatkozott. A termések NPK-koncentrációja kiegyensúlyozott volt, a Ca és Mg-koncentrációban növekedés mutatkozott.

A termésátlagot tekintve a fél adag javítóanyagot kapott 3. kezelés érte el a legmagasabb eredményt. Ebből még nem vonható le egyértelműen, hogy a vízrendezett pszeudoglejes barna erdőtalajokon a mészadag-felezést kell-e alkalmazni, ennek megállapításához a kísérlet folytatása szükséges.

8. Köszönetnyilvánítás

Megköszönöm konzulenseimnek, Dr. habil. Sárdi Katalin egyetemi tanárnak és Dr. Wágner László egyetemi docensnek a TDK dolgozatom elkészítése során nyújtott segítséget.

Köszönöm Borbély Jenőnének, Nemes Ágnesnek, Cseh Lajosnének, Varga Juditnak és Végh Lászlónénak, hogy segítségemre voltak a temérdek laboratóriumi munka során.

Köszönetet mondok a PE-GK Állattudományi és Állattenyésztéstani Tanszékének, hogy a takarmányanalitikai laboratóriumban elvégzett növényvizsgálatokat lehetővé tették.

Köszönöm a családomnak a támogatást és a kísérlet kivitelezésében nyújtott nélkülözhetetlen segítséget.

9. Irodalomjegyzék

- Antal, J. (1999): A szántóföldi növények trágyázása, in: Fülek, Gy. (1999) szerk: Tápanyag-gazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Antal, J. (2000) szerk.: A növénytermesztés alapjai. Gabonafélék. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Arnon, D. I. (1950): Criteria of essentiality of inorganic micronutrients for plants, in: McElroy, W. D., Glass, B. (eds): Trace elements in plant physiology. Cronica Botanica, Waltham, Mass. pp. 92-136.
- Balridge, D. E. – Brann, D. E. – Ferguson, A. H. – Henry, J. L. – Thompson, R. K. (1985): Barley. (Ed. Rasmusson, D. C.) Chapter 15: Cultural Practices. SSSA, Madison, Wisconsin, USA, pp. 457-482.
- Berki, I., Németh, S., Stefanovits, P. (1995): Nyugat-Dunántúl legfontosabb talajtípusainak rövid áttekintő ismertetése. Vasi Szemle 49.
- Bennett, W. F. (1993): Plant Nutrient Utilization and Diagnostic Plant Symptoms, in: Nutrient Deficiencies & Toxicities In Crop Plants (Ed. Bennett, W. F.). Chapter 1. St. Paul, Minnesota, USA.
- Bergmann, W. (1979): Termesztett növényeink táplálkozási zavarainak előfordulása és felismerése. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Bergmann, W. (1986): Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena. pp. 8., 12-13.
- Bergmann, W. (1992): Nutritional disorders of plants. Gustav Fischer Verlag. Jena, Stuttgart, New York.
- Birkás, M. (2006) szerk: Földművelés és földhasználat. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Blaskó, L. (2005): A talajjavítás jelene és jövője, in: Stefanovits, P. – Michéli, E (2005) szerk.: A talajok jelentősége a 21. században. Budapest, pp. 267-289.
- Bohn, H. L. – McNeal, B. L. – O'Connor, G. A. (1985): Talajkémia. Mezőgazdasági Kiadó/Gondolat Kiadó, Budapest, pp. 224-244. (Bohn-McNeal-O'Connor: Soil Chemistry, 1979. John Wiley & Sons, New York, Chicester, Brisbane, Toronto.)
- Cerling, V. V. (1978): Agrohímicseszkie osznovüdiagnosztiki mineral' nogo pitanija szhl. Kultur. Izdat. Nauka. Moszkva.
- Danszky, I. (1963) szerk.: I. Nyugat-Dunántúli erdőgazdasági tájcsoporth. Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest.
- Debreczeni, B. - Debreczeni, B-né (1983): A tápanyag és a vízellátás kapcsolata. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

- Debreczeni, B-né, Sárdi, K. (1999): A tápelemek és a víz szerepe a növények életében, in: Fülek, Gy. (1999) szerk: Tápanyag-gazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Dömsdödi, J. (1984): Talajjavítási útmutató. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, pp. 41.
- El Dessougi, H. – Claasen, N. – Steingrobe, B. (2002): Potassium efficiency mechanisms of wheat, barley and sugar beet grown on a K fixing soil under controlled conditions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 165 (6), 2002, Wiley-VCH Verlag GmbH, Germany, pp. 732-737.
- Egner, H. - Riehm, H. - Domingo, W. R. (1960): Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Boden. II. K. Landbr. Högsk. Ann. 26:199.
- Epstein, E., Bloom, A. J. (2005): Mineral Metabolism. Chapter 8, in: *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives*. 2nd Ed. Sunderland, Massachusetts, USA. pp. 201-235.
- Havlin, J. L. - Beaton, J. B. - Tisdale, S. L. – Nelson, W. L (2005): *Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management*. Pearson Prentice Hall Inc. pp. 515.
- Hoffmann, S. (2005): Tavaszi árpa minőségorientált termesztése. *Agronapló* 2005, IX. évf. 2. sz. pp. 1-2.
- Jolánkai, M. (2000): Őszi és tavaszi árpa, in: Antal, J. (2000) szerk: *A növénytermesztés alapjai*. Gabonafélék. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Kádár, I. – Béndek, Gy. – Radics, L. (2003): A műtrágyázás hatása a sörárpa (*Hordeum distichon*) termésére és minőségére. *Növénytermelés* 52 (3-4): 409-421.
- Kádár, I. (2004): A műtrágyázás hatása a tavaszi árpa elemfelvételére karbonátos csernozjom talajon. *Növénytermelés* 49 (5), 547-559.
- Kismányoky, T. (1980): Sörárpa termesztése barna erdőtalajon. Kandidátusi értekezés, PATE, Keszthely.
- Kismányoky, T. (1994): Árpa, in: Ragasits, I. (1994) szerk.: *Növénytermesztés*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 129-145.
- Kismányoky, T. (1996): Árpa, in: Bocz, E. (1996) szerk.: *Szántóföldi növénytermesztés*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 297-326.
- Kismányoky, T. (1997): Árpa, in: Palágy A. (1997) szerk.: *Az árpa, a rozs és a zab termesztése*. GKI Winter-Fair Kiadó, Szeged, pp. 9-63.
- Lásztity, B. (2006): Az ásványi tápelemek felhalmozása gabonafélékben. Műegyetemi Kiadó, Budapest.
- Loch, J., Nosticzius, Á. (1992): *Agrokémia és növényvédelmi kémia*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Lőrincz, J. (1983): A sörárpatermesztés jelentősége és termesztéstechnológiájának alapjai. Gödöllő.
- Lőrincz, J. (1984) szerk.: *A sörárpa termesztése*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

- Lukács, J. – Murányi, I. (2006): Tények és remények a tavaszi árpa termesztésében. *Agrofórum*, 17 (2): 25-28.
- Marosi, S., Somogyi, S. (1990) szerk.: Magyarország kistájainak katasztere I. MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest
- Marschner, H. (1989): *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, London.
- MÉM NAK (1979): Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer (szerk.: Buzás, I. et al.) MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ, Budapest
- MÉM NAK (1987): Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer (szerk.: Buzás, I. et al.) MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ, Budapest
- Mengel, K. (1976): *A növények táplálkozása és anyagcseréje*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Nagy, J. (1991): The effect of cropfarming factors on the yield of maize. Second Circular Program First Conference Of Research and Practical Realization in Hungary. Debrecen. 1-4.
- Pepó, P. (2003): Role of fertilization in precision agriculture. ISTRO 16th Triennial Conf. 13-18 July Proceedings CD (Ed. Maddock, E.) Acacia Computing Services Pty Ltd, Brisbane, Australia, pp. 901-909.
- Pethő, M. (1993): *Mezőgazdasági növények élettana*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Reuter, D. J. – Robinson, J. B. (1997): *Plant Analysis*. CSIRO Australia, pp. 37-70, 73-87.
- Sárdi, K. (1993): A talaj-növény rendszer káliumforgalmának tanulmányozása tenyészedeny-kísérletekben. Kandidátusi értekezés, Keszthely.
- Sárdi, K. (1999): A tápelemhiány és –felesleg tipikus tünetei, in: Fülek, Gy. (1999) szerk.: Tápanyag-gazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 51-57.
- Sárdi, K. (2003): *Agrokémia – A növénytáplálás alapjai*. VE-GMK, Keszthely.
- Schmidt, R. (2006): Savanyú talajok javítása, in: Birkás, M. (2006) szerk.: Földművelés és földhasználat. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Solymos, R. (1960): *Az őrségi erdőgazdálkodás*. Az Erdő.
- Stefanovits, P. (1992): *Talajtan*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Sváb, J. (1981): *Biometria módszerek a kutatásban*. Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 1-150.
- Szabó, J. (1977): szerk.: *A melioráció kézikönyve*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. pp 151-185.
- Tímár, G., Ódor, P., Bodoncz, L. (2002): Az Őrségi Tájvédelmi Körzet erdeinek jellemzése. *Kanitzia* 10, pp. 109-135.
- Tisdale, S. L. – Nelson, W. L. – Beaton, J. B. – Havlin, J. L. (1993): *Soil Fertility and Fertilizers*. Macmillan Publishing Company, New York, USA.

Egyéb forrás:

ISO 6869:2001: Takarmányok. A kalcium, réz, vas, mangán, magnézium, kálium, nátrium és cink meghatározása. Atomadszorpciós spektrometriás mérés.

ISO 5983-2:2001: Takarmányok. A nitrogéntartalom meghatározása és a nyersfehérje-tartalom kiszámítása. Blokkroncsolásos, vízgőzdesztillációs módszer.

MSZ-08 1326-79: Sörárpa minőségi követelményei

MSZ-08 1783/4:1983: Nagy teljesítményű műszersorok alkalmazása a növény-vizsgálatokban. Növényi anyagok foszfortartalmának mennyiségi meghatározása.

MSZ-08 1783/5:1983: Nagy teljesítményű műszersorok alkalmazása a növény-vizsgálatokban. Növényi anyagok kálium- és nátriumtartalmának mennyiségi meghatározása.

<http://portal.ksh.hu>

<http://www.gk->

[szeged.hu/index.php?mod=catalog&page=product&category_id=5&product_id=48](http://www.gk-szeged.hu/index.php?mod=catalog&page=product&category_id=5&product_id=48)

Növényvédő szerek, termésnövelő anyagok. 2011.