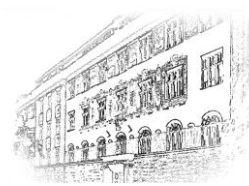




Kisvárdai Bessenyei György Gimnázium és Kollégium
Kisvárdai Iskola tér 2. 4600
Tf/fax: 45-410-045, 410-793
OM azonosító: 033648



Lucerna Barnalé Stabilizálása *Lactobacillus* Törzsek Segítségével és Környezetbarát Újrahasznosítása Biotrágyaként

Készítette: Kovács Emília, 12/E (emilia.kovacs05@gmail.com)

Felkészítő tanár: Dr. Koncz Gábor (konczgabo@gmail.com)

Dr. Konczné Dr. Jámbrík Katalin (jambrikkatka@gmail.com)

Konzulens: Dr. Bákonny Nóra (nora.bakonyi@gmail.com)

Kisvárdai Bessenyei György Gimnázium és Kollégium
Debreceni Egyetem MÉK, Alkalmazott Növénybiológiai Tanszék

„36. Országos Tudományos Diákköri Konferencia”



**Kisvárdai
2023**

Tartalomjegyzék

Bevezetés	3
1. Irodalmi áttekintés	4
1.1. A fehérjehiány problémája	4
1.2. A barnalé (lucernasavó) kezelésének problémája	4
1.3. A bazsalikom növény bemutatása	7
1.4. A celózia növény bemutatása	7
1.5. A barnalé egyéb felhasználási módjai	7
1. Célkitűzés	9
3. Anyag és módszer	10
3.1 A barnalé kinyerésének módszertana	10
3.2 A barnalé tartósításának módszertana	12
3.4 Az öntözéses kísérletek módszertana	13
3.5 Adatok feldolgozása és statisztikai értékelése	14
4. Eredmények és értékelések	15
4.1 A barnalé mennyiségi meghatározása	15
4.2 A barnalé tartósításának eredményei	16
4.3 Az öntözéses kísérletek eredményei	17
4.3.1 Töbeöntözés hatása a bazsalikom (<i>Ocimum basilicum</i>) növekedésére	17
4.3.2 Kombinált kezelés hatása a bazsalikom (<i>Oscimum basilicum</i>) növekedésére	21
4.3.3 Töbeöntözés hatása a celózia (<i>Celosia argentea</i>) növekedésére	25
4.3.4 Kombinált kezelés hatása a celózia (<i>Celosia argentea</i>) növekedésére	29
4.4 Az eleveniszapos szennyvíztisztítási technológia	33
4.4.1 Az eleveniszapos szennyvíztisztítási rendszer működésének alapja	33
4.4.2 A nitrogén eltávolítása	34
4.4.3 A foszfor kinyerése a barnaléből	35
5. Összefoglalás	36
Felhasznált irodalmak	38
Ábrajegyzék	40
Nyilatkozat	42
Köszönetnyilvánítás	43

Bevezetés

A Föld népességének folyamatos növekedésével a fehérjeforrások iránti kereslet egyre növekszik. Jelenleg a Földön a szója a legszélesebb körben használt alternatív fehérjeforrás, azonban ez a lucernának (*Medicago sativa*) közeli rokona, ami hazánkban is kiválóan termesztethető. A lucerna fehérjetartalma több mint 30% is lehet, aminek jelentős része (kb. 50%) a betakarítást követően kárba vész. Erre a problémára jelent megoldást a közelmúltban újra felfedezett fehérjemalom koncepciója, illetve ennek továbbfejlesztése (Fári, 2018). Az eljárás során a friss növényből préselt ún. zöldléből levélfehérje koncentrátum készíthető. Ez veszteségmentesen tárolható és széleskörűen felhasználható. A folyamat egy mellékterméket is eredményezett. Ez a barnalé, ami 50%-os frakcióarányban jön létre (Fári, 2018; Kovács et al., 2018). Problémát vet fel, hogy ezt a világ több részén ipari szennyvízként kezelik, környezetbe való kijuttatása jelentős problémákat okozhat. Az elemi összetétele miatt negatív hatást gyakorol környezetünkre. Állóvizeinkbe kerülve fokozza az eutrofizációs folyamatokat, így a fehérje kinyerésének egyik legnagyobb kihívása a barnalé ártalmatlanítása. Összetétele révén hamar megromlik, nehezen tartósítható. Nagy mennyiségben keletkezik és gondot okoz a tárolása, ugyanakkor megfelelő tartósítás mellett sokrétűen felhasználható, így kutatómunkánk során célul tűztük ki, hogy stabilizáljuk ezt a káros, lucernából kinyert mellékterméket, illetve a körforgásos gazdálkodás alapelveinek megfelelően kezeljük azt és különböző haszonnövények növekedésére vizsgáljuk a hatását, mint biotrágya. A Kakastaréj (*Celosia argentea* var. *plumose* 'Arrabona') és a bazsalikom (*Ocimum basilicum* L.) növekedésére teszteltük a barnalé hatását különböző módon és koncentrációkban, mivel ezek széles körben használt növények mind a gyógyászatban, mind a humán táplálkozásban, illetve a *Celosia argentea* dísnövényként is kiválóan funkcionál. Emelett a mezőgazdaságban fel nem használt barnalevet szeretnénk volna megtisztítani, hogy mérsékeljük a környezeti terhelést.

1. Irodalmi áttekintés

1.1. A fehérjehiány problémája

Az emberi népesség növekedése által okozott egyre nagyobb fehérjeszükséglet fedezésére alternatív megoldások szükségesek. A levélfehérjekutatás 2001-ben kezdődött a Proteomill program keretein belül a Debreceni Egyetem, MÉK, Alkalmazott Növénybiológiai Tanszékén. Jelen dolgozatomban a lucernából (*Medicago sativa*) való fehérjekinyerés egyik melléktermék tartósításáról és környezetbarát újrahasznosításáról lesz szó.

1.2. A barnalé (lucernasavó) kezelésének problémája

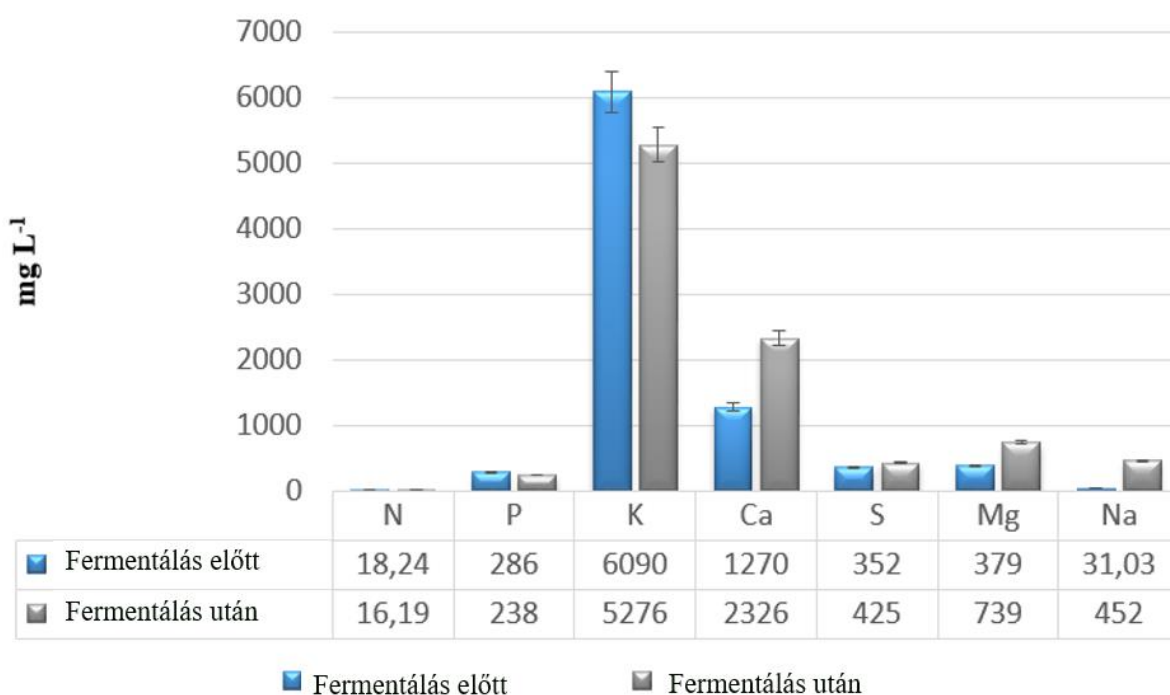
A lucerna barnalé a fehérje izolálás egyik mellékterméke, ami körülbelül 50%-os frakcióarányban jön létre (Kisvarga et al., 2020). A barnalé színe a fajtától, időjárástól, fenofázistól, az aratás és fehérjekinyerés módjától függően változhat sárgásbarnától a zöldön át a sötétbarnáig. A szárazanyag tartalma 4-8% között van (Barna et al., 2019). Ezen kívül rengeteg pigmentet, enzimet, vitamint, ásványianyagot tartalmaz, ezért sokrétűen felhasználható. Szobahőmérsékleten való tárolása gondot okoz a cukor és aminosav tartalma miatt. Liofilizálással, szárítással vagy fagyasztással a tartósítása nagyon költséges (Bákonny et al., 2018).

Paraméterek	Natúr BJ
pH	4.54
Brix%	7.03
Total fenol tartalom (g mL ⁻¹)	36.5
Elektromos vezetőképesség (dS m ⁻¹)	11.13
Glükóz (g L ⁻¹)	21.19
Xilóz (g L ⁻¹)	12.0
Arabinóz (g L ⁻¹)	1.50
Fruktóz (g L ⁻¹)	3.70
Szerves savak (g L ⁻¹)	6.5

1. ábra: A lucerna barnalé kémiai összetétele

Látható, hogy a barnalé rengeteg szénhidrátot tartalmaz, összesen megközelítőleg 35 g L^{-1} -t. Ez az oka annak, hogy hamar megromlik szobahőmérsékleten, viszont egy kiváló közeget biztosít a baktériumok növekedésének. A nem fermentált barnalé pH-ja túl magas volt, ahhoz, hogy szobahőmérsékleten eltartható legyen, de laktofermentálással ez megfelelő értékig csökkenthető (Bákonyi et al., 2020).

A teljes fenoltartalom mérésével a minták redukciós képességén alapuló antioxidáns kapacitása meghatározható. Látható, hogy a barnalének magas a fenoltartalma, ami azt jelenti, hogy kiválóan alkalmazható a humán táplálásban is (Bákonyi et al., 2020).



2. ábra: A barnalé makroelem tartalma (g L^{-1})

Mikroelemek	fermentálás előtt	fermentálás után
Mn	1.61	4.66
Mo	0.29	0.45
Fe	2.04	32.20
Cu	0.06	nem meghatározható
Zn	2.03	8.59
Sr	5.46	8.80
B	3.69	11.61
Al	0.24	1.67
Ba	0.39	0.94

3. ábra: A barnalé mikroelem tartalma

A legtöbb esetben magasabb mikro-és makroelem mennyiséget mérhettünk fermentálás után, kivéve a N,P,K,S esetében. Ezek az elemek esszenciálisak a tejsavbaktériumok növekedéséhez (Bákonyi et al., 2020).

Magas mikro-(Zn, Fe, Cu) és makroelem (N,K,P) tartalma miatt a földeken kiválóan alkalmazható biotrágyaként, viszont ez hatalmas kockázattal is jár. Ha túl nagy mennyiségben juttatjuk ki a termőföldre a nitrogén felesleg lép fel, ami a talajvízbe jutva hozzájárul az eutrofizációs folyamatokhoz. Annak érdekében, hogy ezt a negatív hatást elkerüljék, Dániában szabályozták a kijuttatás időtartamát (Thomsen et al., 2003). Holmberg (2016) és Lamont et al. (2017) tejsavbaktériumok hatását vizsgálták mezőgazdasági termékek tartósítására.

Kutatásunk során a célom az volt, hogy csökkentsem ezt a káros környezeti hatást a barnalé újrahasznosításával.

1.3. A bazsalikom növény bemutatása

A bazsalikom (*Ocimum basilicum*) a zárvatermők törzsébe és a kétszikűek osztályába tartozik. Egy lágyszárú, egyéves növény, aminek a levelei átellenesen helyezkednek el a száron (Csapody, 1961). India, Ázsia és Afrika melegebb vidékeiről származik, de a Föld legtöbb részén termesztethető. Több illóolajat is tartalmaz, aminek kiemelt szerepe van a gyógyászatban. Illóolajait belélegezve segíti a tompult szaglást vírusfertőzés esetén. Továbbá a gyomornedv termelését is fokozza, amivel segíti a táplálék megemésztését is. Bőrrre kerülve gyulladáscsökkentő hatása van. A legtöbbször teaként fogyasztják, amiért nyugtató hatása is van. Ezeken kívül fűszernövényként is alkalmazzák. (Kisvarga et al., 2020)

1.4. A celózia növény bemutatása

A celózia (*Celosia argentea*) Afrikában és Amerikában őshonos. A zárvatermők törzsébe és a kétszikűek osztályába tartozik. A celóziát Nyugat-Afrikában az élelmezésben használják, míg Kínában és Indiában a gyógyászatban gyakran előforduló növény. Magas a vas, kalcium, nátrium és C-vitamin tartalma. Ezen kívül egy széles körben ismert dísnövény is, amit a változó színű és méretű virága tesz vonzóvá (Bákonyi et al., 2020)

1.5. A barnalé egyéb felhasználási módjai

A barnalevet L-lizin termelésre is lehet használni. Az L-lizin egy esszenciális aminosav, aminek a segítségével a szárnyasok fehérjefelvétele javítható. Ezen kívül az élelmezésben való hasznos felhasználása mellett a környezet nitrogéntermelése is csökkenthető (Kiss és Stephanopoulos, 1991).

A barnalével politejsav (PLA) is előállítható, ami egy a tejsav polimerizációjával létrehozható műanyag, amit gyümölcsök, zöltségek, folyékony ételek tárolására lehet használni. A PLA-t lehet magában és más polimerekkel is használni. Sebészeti varratok, beültethető orvosi eszközök, gyógyszerhordozó eszközök, szálak, fonalak előállításához is használható (Shogren, 1997).

A barnalé a takarmányozásban is használatos. Az ásványi anyag és aminosav tartalma miatt szarvasmarha-takarmányként is használható (Wallace, 1975).

A szénhidrát és aminosav kinyerése a barnaléből lehetséges, de költséges. A tiszta aminosavak jól értékesíthető összetevők. Értékük a levélfehérje koncentrátum tápértékével is egyen értékű lehet, bár ez függ a vizsgált aminosavtól is (Paping et al., 2014).

A túl nagy frakcióarányban keletkező melléktermék miatt a barnalé egészét nem lehet újrahasznosítani. Az eleveniszapos szennyvíztisztítás során a nitrogén-és foszfortartalom csökkenthető különböző mikroorganizmusok segítségével (Bakos, 2006).

A fenti irodalmak mutatják, hogy korábban elkezdődtek a barnalé hasznosítására vonatkozó kutatások, azonban korábban nem vizsgálták a barnalé szerepét a növény táplálásban.

1. Célkitűzés

Célunk az volt, hogy:

- meghatározzuk a növényi savó (barnalé) friss biomasszára vonatkoztatott arányát (kihozatali arányát)
- a növényi savót tejsavtermelő *Lactobacillus* törzsek segítségével fermentálással szobahőmérsékleten stabilizáljuk a környezeti terhelés csökkentés érdekében
- vizsgáljuk a barnalével való öntözés és permetezés hatását széles körben használt növények, a bazsalikom (*Ocimum basilicum*) és az ezüst celózia (*Celosia argentea*) növekedésére
- A megmaradó barnaléből kinyerjük az eutrofizációt okozó elemeket (nitrogént és foszfort) egy szennyvíztisztítási technikával

3. Anyag és módszer

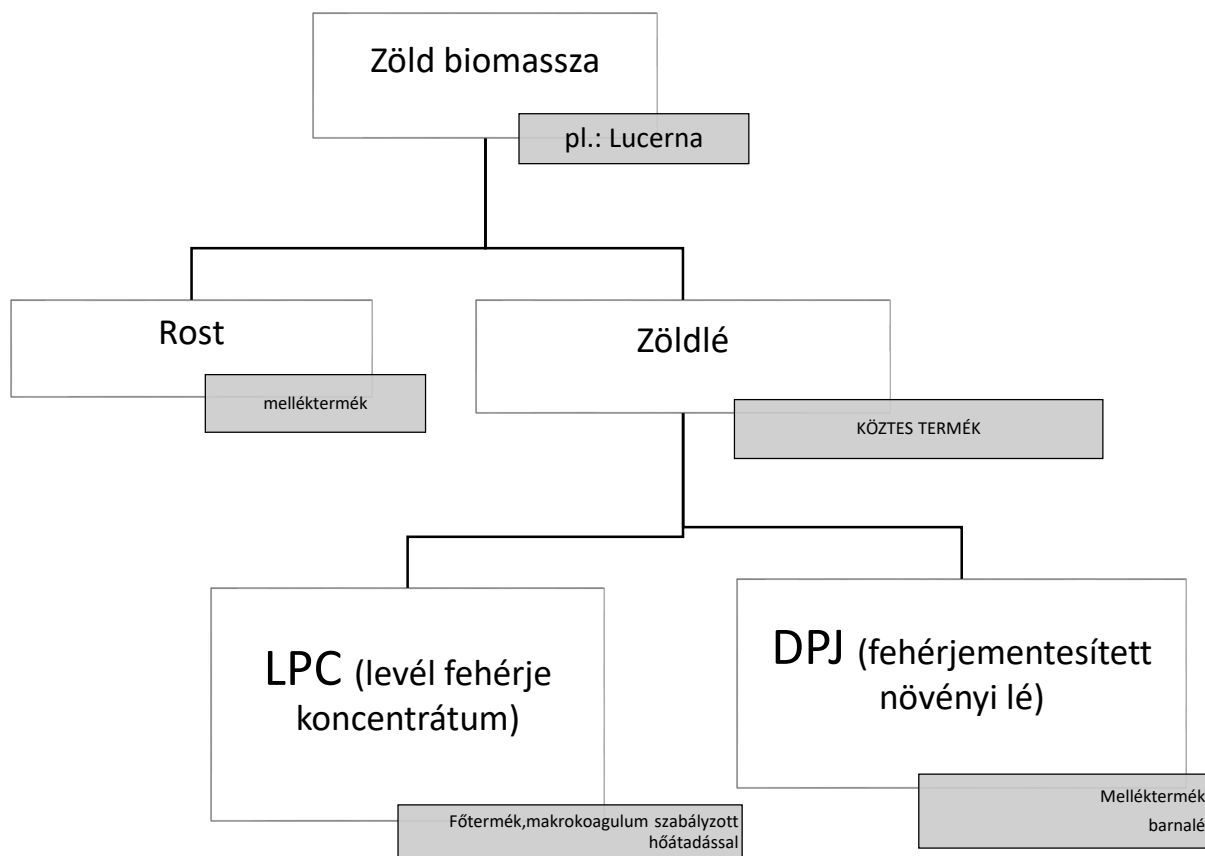
3.1 A barnalé kinyerésének módszertana

Kutatómunkám során a Debreceni Egyetem, MÉK Növénytudományi Intézet, Alkalmazott Növénybiológiai Tanszék kutatómunkájába bekapcsolódva részt vettem a Barnalé kutatócsoport munkájában. A vizsgálatok során használt barnalé mintaanyag a tanszékhez tartozó Bemutatókertben 2017-ben beállított lucerna (*Medicago sativa* L.) fajtakísérletből származott (1. ábra). A kísérletben 7 lucernafajta kapott helyet, köztük magyar fajták: Tápiószelei-1, Jozsó, Hunor-40, Olimpia és Expressz, továbbá külföldi fajták: Dimitra (olasz), illetve Legend (amerikai).



4. ábra: Lucerna fajtakísérlet

A lucernasavó (barnalé) keletkezésének folyamatát a 2. ábra szemlélteti.



5. ábra: A levélfehérje előállítás modellje és a keletkező melléktermékek

A frissen begyűjtött növényi biomasszát mechanikai úton ikercsigás prés segítségével (Angel Juicer 5500, Eujuicers.com Ltd., Czech Republic) préseltük. A folyamat eredményeként rostot, illetve zöld levet kaptunk. Az utóbbit hőkezeléssel (80 °C feletti hőmérsékleten) koaguláltuk, amely során levélfehérje és barnalé nyerhető ki. A koagulálás után a fehérje főterméket (LPC) frakcionálással választottuk el, a nagy mennyiségben keletkező barnalétól, amelyet deproteinizált barnalének (DPJ) is nevez a szakirodalom.

3.2 A barnalé tartósításának módszertana

A melléktermékként kapott barnalé frakciót AdiSil LG-100 Perfect készítménnyel inokuláltuk szobahőmérsékleten, $0,01 \text{ g L}^{-1}$ koncentrációban. A kereskedelmi forgalomban kapható AdiSil LG-100 Perfect készítmény, három tejsavbaktérium törzset tartalmaz, amelyek a következők: *Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus plantarum*. Az inokulációt követően a barnalé minták fermentálása 20 literes fermentációs tartályban történt a DE MÉK Alkalmazott Növénybiológiai Tanszékén. Az inokulációt követően naponta mértük a minták pH változását VOLTCRAFT PH-100ATC pH mérővel (3. ábra). Bizonyos kezelések esetén glükózt adagoltunk a barnalé mintához 12 g L^{-1} koncentrációban, a törzsek C-forrásának biztosításához. A glükóz (SIGMA-ALDRICH) adagokat OHAUS Pioneer PA214 típusú analitikai mérleg segítségével mértük ki (4. ábra).



6. ábra: A minták pH-jának mérése



7. ábra: A glükóz kimérése

3.4 Az öntözéses kísérletek módszertana

A lucerna barnalé kapcsán nem rendelkezünk elég ismerettel arra vonatkozóan, hogy milyen hatást fejt ki a különböző modellnövények növekedésére. Korábbi vizsgálatainkból pontosan kiderült a barnalé elemösszetétele. Ennek alapján üvegházi kísérletet állítottunk be és különböző beállításokban vizsgáltuk a barnalé hatását a bazsalikom (*Ocimum basilicum* L.) és a kakastaréj (*Celosia argentea* var. plumose 'Arrabona') növekedésére. Minden növényt tőzeggel feltöltött cserépbe palántáztunk. A kontrol növényeket csapvízzel öntöztük, a barnalével permetezést, illetve kombináltan töbeöntözést és permetezést végeztünk 0,5%, 1%, 2,5%, 5%, 10% -os koncentrációkban. Minden beállítást 15 növényrel vizsgáltunk, összesen 2 dl oldattal öntöztük és 0,25 dl oldattal permeteztük a növényeket hetente két alkalommal. A növényeket virágzás előtt dolgoztuk fel. Alapos mosás után vonalzóval gyökér-és hajtáshosszt mértünk, analitikai mérlegen külön mértük a gyökér, a szár és a levelek súlyát, illetve gyökér-és szár térfogatot is mértünk. Az egyes növények leveleit is megszámloltuk. Az eredményeket átlagoltuk és SigmaPlot 12.0 statisztikai program segítségével adtuk meg.

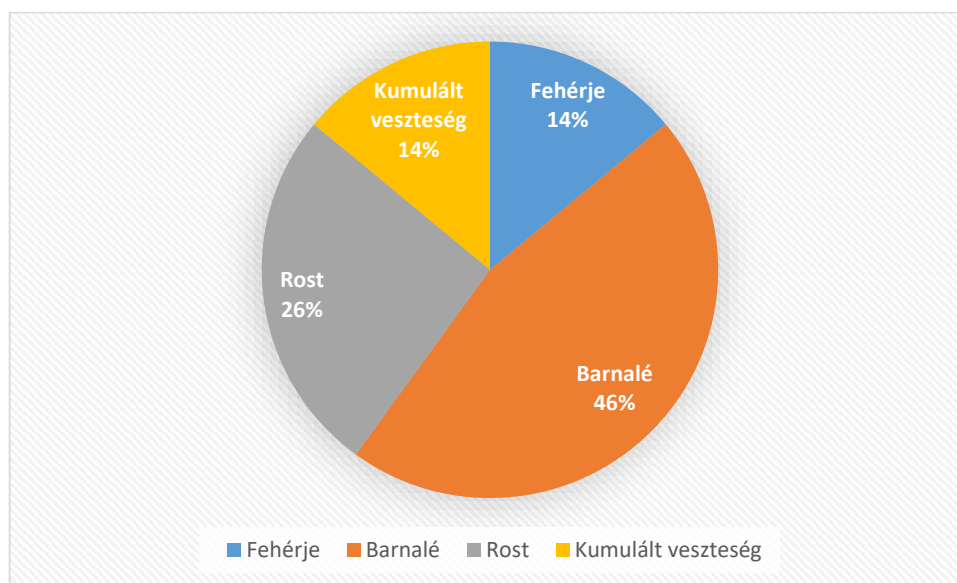
3.5 Adatok feldolgozása és statisztikai értékelése

Az adatokat a Microsoft Office Excel segítségével dolgoztam fel és a SigmaPlot 12.0 programmal értékeltük, majd varianciaanalízist is végeztünk a kapott eredményeken.

4. Eredmények és értékelések

4.1 A barnalé mennyiségi meghatározása

Az 5. ábra a Proteomill eljárással kapott különböző frakciók arányait mutatja be a nedves frakcionálás és hőkoaguláció után, 3 betakarítási idő átlagában.

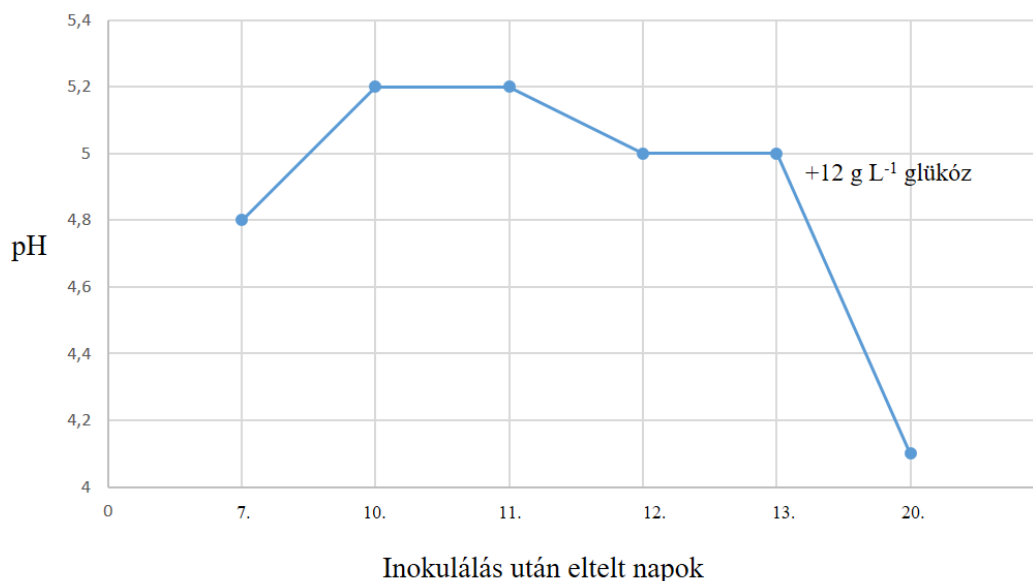


8. ábra: A különböző frakciók arányai nedves frakcionálás és hőkoaguláció után, 3 betakarítási időből származó adatok átlaga, $n=9$

Mint ahogy azt az 5. ábra szemlélteti, a fő termék (LPC) minden esetben 14%-os arányt mutat, amíg a rostfrakció része 25-27%. A barnalé melléktermék (DPJ) 42-47% közötti aránya azt bizonyítja, hogy nagyon nagy mennyiség keletkezik, amely a friss biomassa közel felét teszi ki. Ezek az eredmények hasonlítanak a Kohler-Bickoff (1971), Pirie (1942) eredményeihez, amelyek azt ismertetik, hogy a DPJ nagy mennyiségben keletkezik. Ennek a nagy mennyiségben keletkező mellékterméknek a tartósítása fontos feladat, mivel a szerves anyagok jelenléte miatt hamar romlik. Sajnos korábban ipari szennyvízként kezelték és a sok hasznos anyag újrahasznosítás nélkül került a szennyvízbe. Különböző célú felhasználása csak akkor lehetséges, ha megfelelően tartósított. Ez megkönnyíti a tárolást és a szállítást egyaránt.

4.2 A barnalé tartósításának eredményei

A 6. ábra szemlélteti a homogenizált barnalé minták pH változását az oltóanyaggal történő inokulálást követően, illetve a glükóz kezelés hatására.



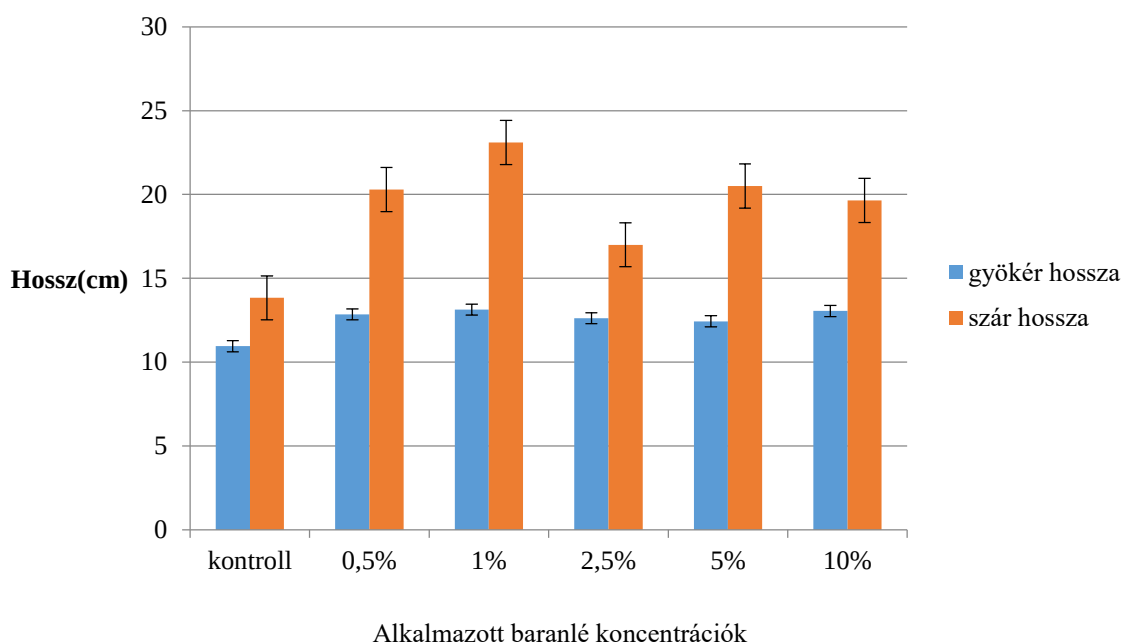
9. ábra: A szobahőmérsékleten fermentált, inokulált barnalé pH-jának alakulása az idő függvényében, $n=3\pm S.D.$

Jól látszik, hogy a 10. napra a pH 5.00 felé emelkedett, ami nem kedvez az előzetesen bejuttatott baktériumok működésének és az eltarthatósági időt is jelentősen csökkentette, így az inokulált barnalé mintához a fermentálási időszak során, a 13. napon glükózt adtunk 12 g L^{-1} koncentrációban. Ezt követően ismét mértük a minták pH-ját. Megfigyeljük, hogy a kezelés hatására az értékek jelentősen csökkennek. A fermentálási időszak kezdeti fázisában megfigyeltük, hogy a barnalé pH-ja 5,61-5,62 volt, azonban a glükóz alkalmazását követően a pH több mint 1 teljes értékkel csökkent, átlagosan 4,1-re, ezáltal a barnalé szobahőmérsékleten stabilizálódott.

4.3 Az öntözési kísérletek eredményei

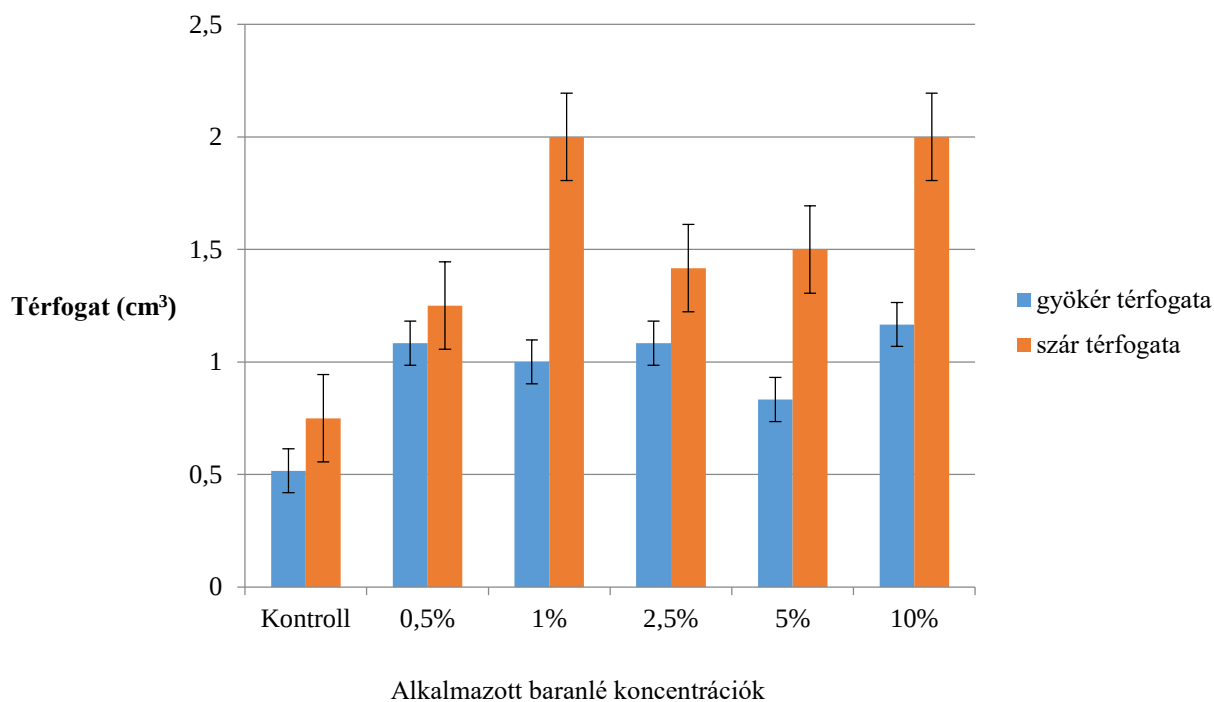
4.3.1 Töbeöntözés hatása a bazsalikom (*Ocimum basilicum*) növekedésére

A barnalével való töbeöntözés hatását vizsgáltuk a bazsalikom (*Ocimum basilicum*) növekedésére. Eredményeinket a 7., 8., 9., 10. és 11. ábrák szemléltetik.



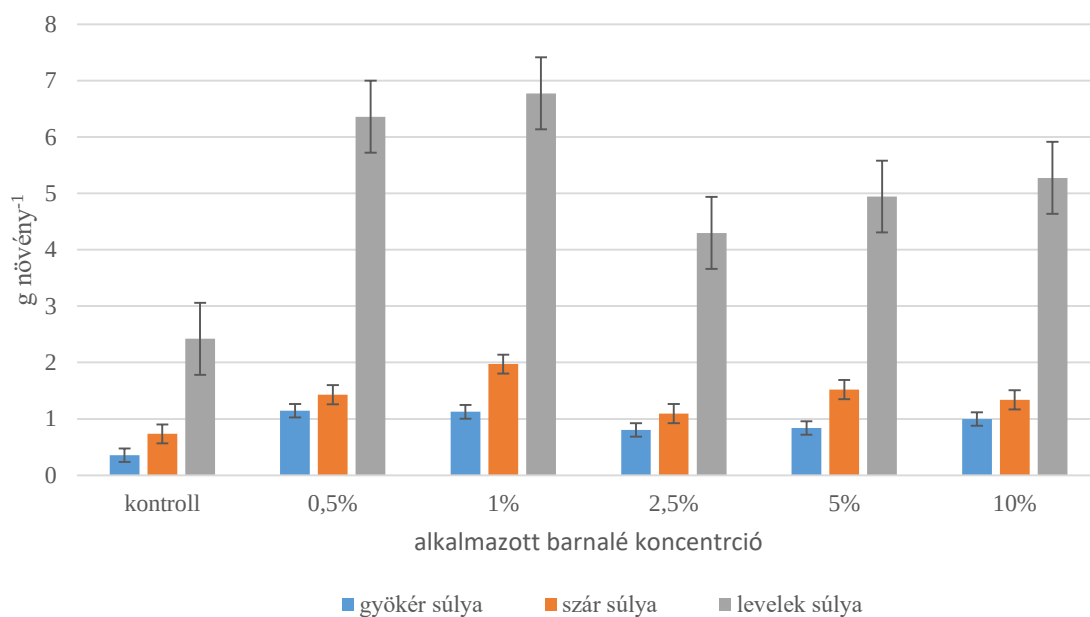
10. ábra: Töbeöntözés hatása a bazsalikom növények gyökér-és hajtáshossz növekedésére, $n=15 \pm S.D.$; $p < 0.05$

A töbeöntözés hatását vizsgálva a gyökérhosszra (7. ábra) elmondható, hogy nem tapasztaltunk szignifikáns változást. A hajtáshossz viszont az összes alkalmazott koncentráció hatására szignifikánsan növekedett a kontrollnövényhez képest. A legnagyobb mértékű növekedést az 1%-os kezelés hatására mértük. Egy mérési paraméter azonban nem elegendő ahhoz, hogy következtetéseket vonhassunk le a bazsalikom egészségi állapotáról, ezért megmértük ugyanezen szerveknek a térfogatát is.



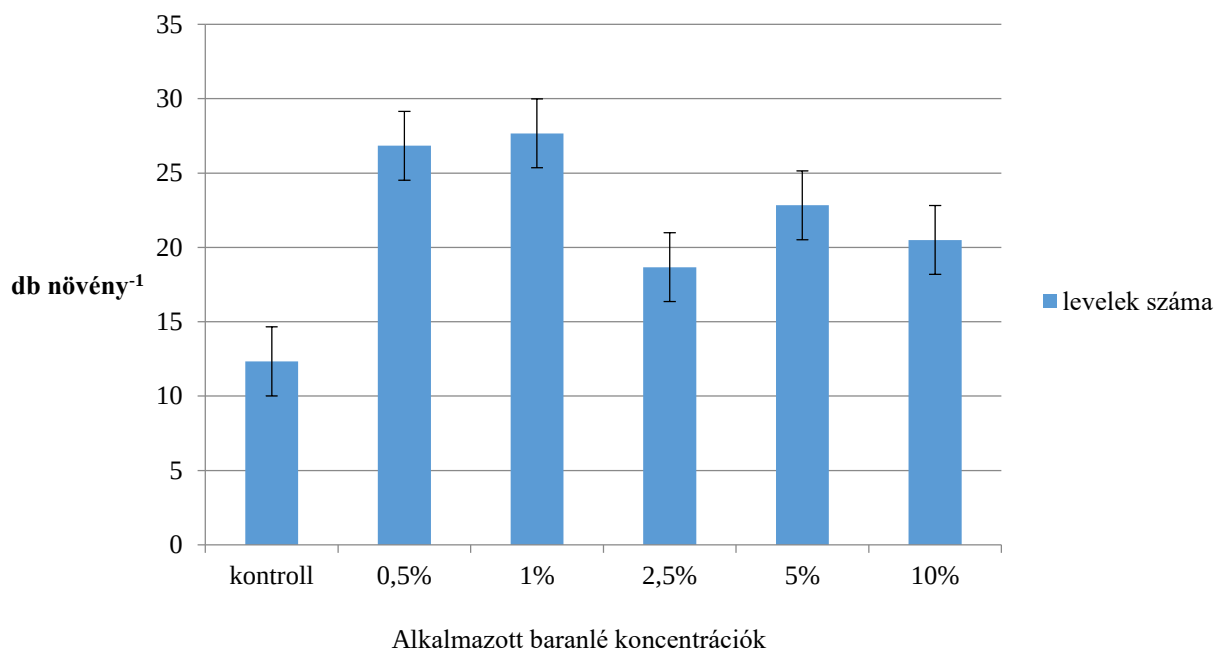
11. ábra: A Töbeöntözés hatása a bazsalikom gyökerének és szárának a térfogatára
 $n=15 \pm S.D.; p < 0.05$

A bazsalikom szárát tekintve hasonló eredményeket kaptunk az első vizsgálathoz, mivel az 1%-os alkalmazott barnalé koncentráció hatására mértük a legnagyobb térfogatot. A gyökér esetében egyik koncentráció hatására sem értünk el szignifikáns változást, viszont szintén az 1%-os kezelés hatására figyeltünk meg a gyökerek térfogatában növekedést a kontrollhoz képest.



12. ábra: Többeöntözés hatása a bazsalikom növények gyökér-, szár és levél tömegére
 $n=15 \pm S.D.$; $p < 0.05$

A többeöntözés a növényi részek súlyát is jelentősen befolyásolta (9. ábra). Minden növényi rész eredményeit figyelembe véve itt is az 1%-os koncentráció hatása a legkedvezőbb. Ennél a kezelésnél a legtöbb növényi szerv tömege szignifikánsan és arányosan növekedett. Kiemelendő, hogy ugyan a 10%-os koncentráció is jelentősen növeli a levelek súlyát, de a gyökér és szár súlya nem követi ezt a változást. A növények aránytalan növekedése volt megfigyelhető.



13. ábra: Tőbeöntözés hatása a bazsalikom növények levélszámára $n=15 \pm S.D.$; $p < 0.05$

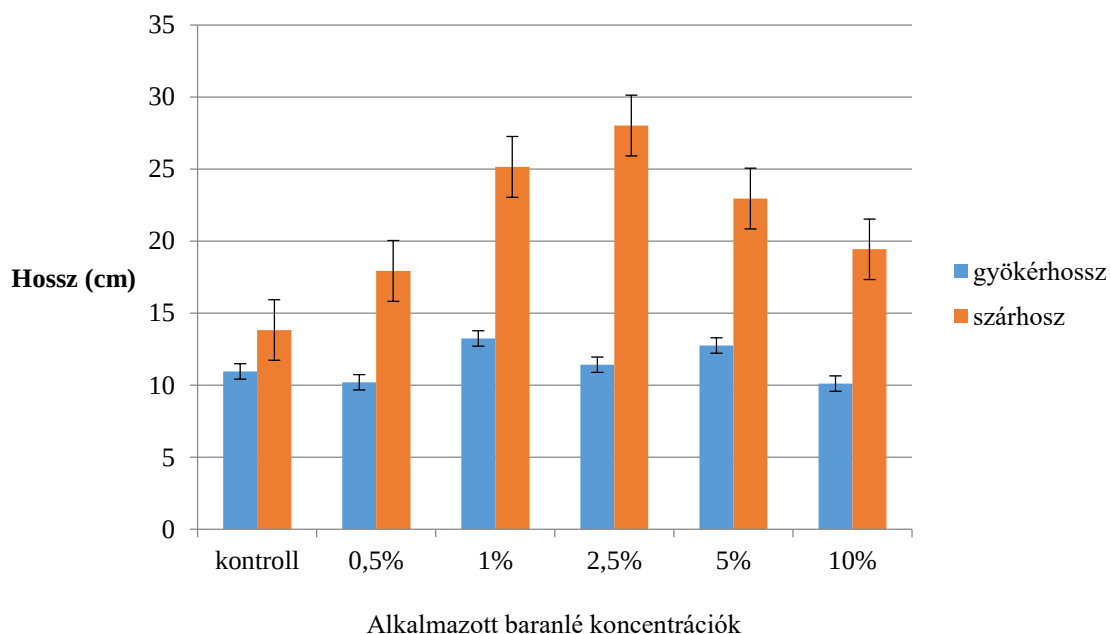
A tőbeöntözés levélszámmra gyakorolt hatását vizsgálva (9. ábra) elmondhatjuk, hogy szintén az alacsony koncentrációk, különösen a 0,5%-os és a 1%-os kezelések hatásai a legkedvezőbbek. Összegezve a tőbeöntözés hatását a bazsalikom növekedésére elmondható, hogy a legkedvezőbb hatást az 1%-os barnalé koncentráció váltotta ki.



14. ábra: A különböző koncentrációjú barnalével tőbeöntözött bazsalikom növények feldolgozás előtt

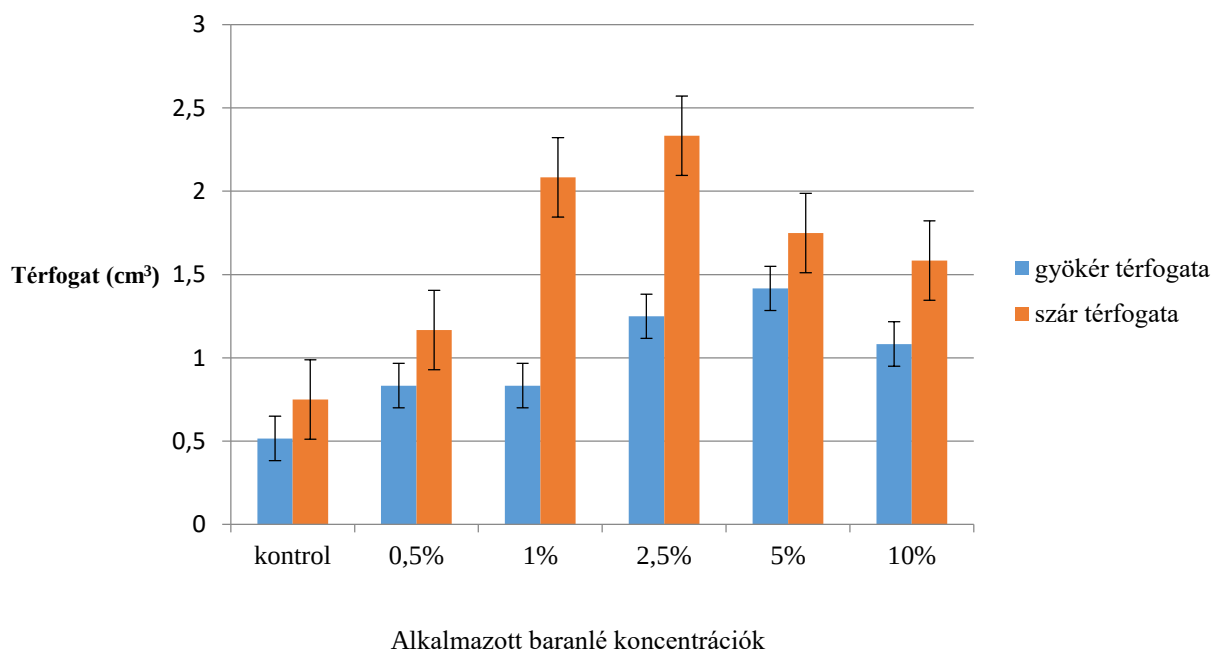
4.3.2 Kombinált kezelés hatása a bazsalikom (*Oscimum basilicum*) növekedésére

A kombinált kezelés (töbeöntözés+permetezés) hatását vizsgáltuk a bazsalikom (*Oscimum basilicum*) növekedésére. Eredményeinket a 12.,13.,14., 15. és 16. ábrák szemléltetik.



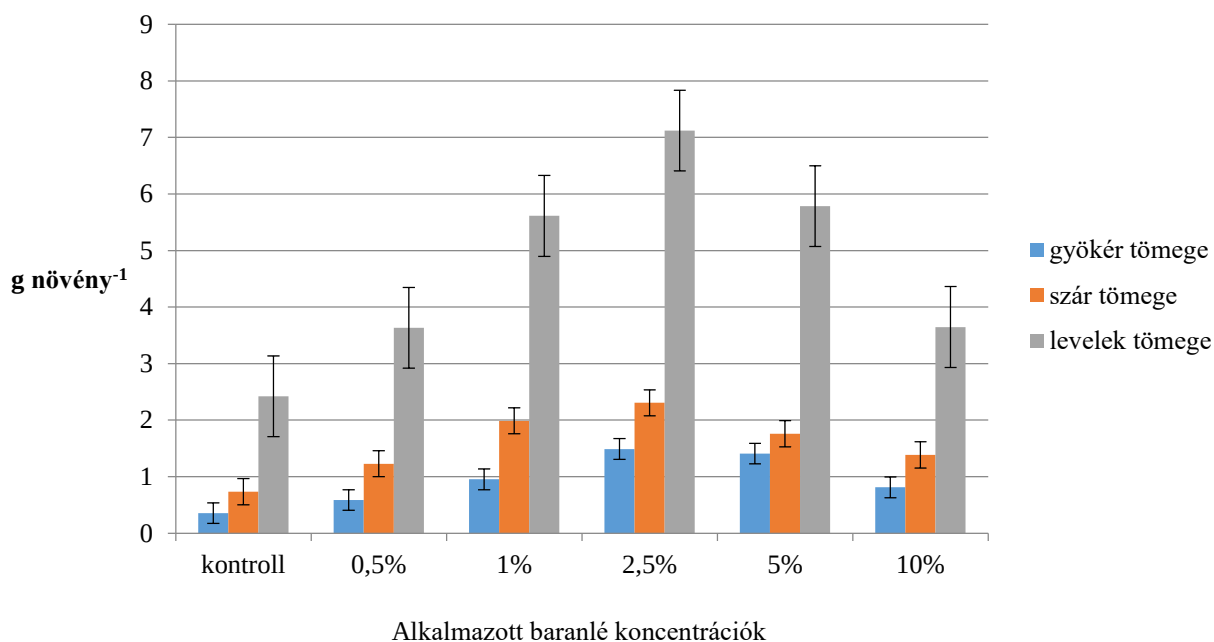
15. ábra: Töbeöntözés és permetezés hatása a bazsalikom növények gyökér-és hajtáshossz növekedésére, $n=15 \pm S.D.$; $p < 0.05$

A növények kezelését úgy is elvégeztük, hogy permetezéssel párhuzamosan a növényeket töbeöntöztük is. A gyökér-és hajtáshosszra gyakorolt hatást (11. ábra) vizsgálva látható, hogy a legjobb eredményt az 1 és 2,5%-os koncentrációval értük el. A gyökérhossz esetében így sem mutatható ki szignifikáns különbség.



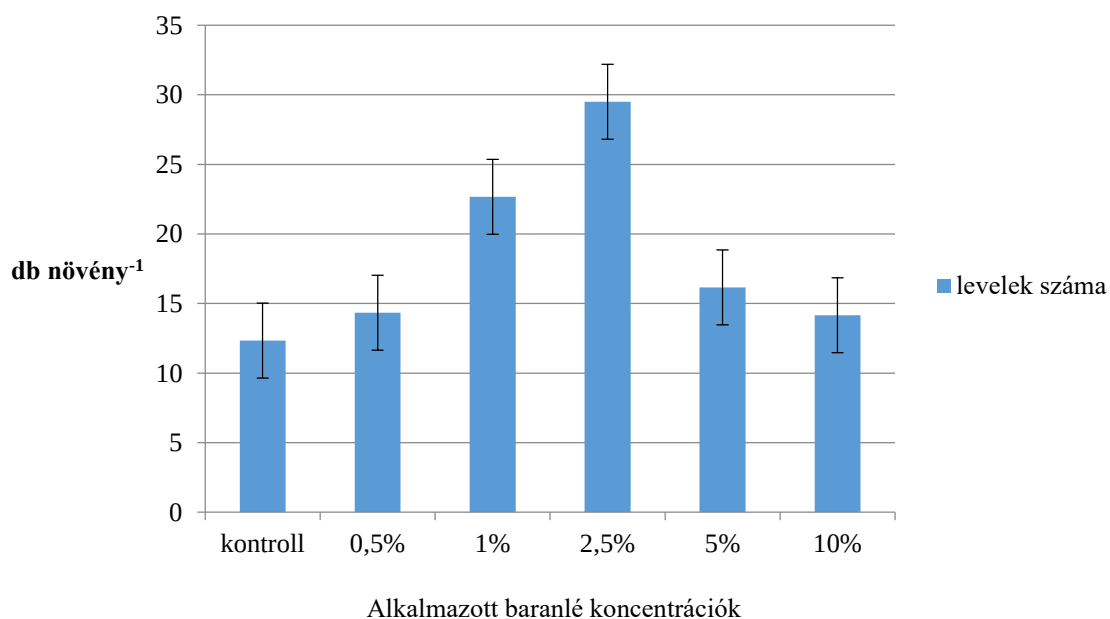
16. ábra: A kombinált kezelés hatása a bazsalikom gyökerének és szárának térfogatára
 $n=15 \pm S.D.$; $p < 0.05$

Az összes barnalé koncentráció hatására növekedést tapasztaltunk, mind a gyökér, mind a szár térfogatában. A szárat tekintve az 1%-os és a 2,5%-os barnalé koncentrációk esetében tapasztaltuk a legnagyobb fokú növekedést. A gyökér esetében pedig a 2,5%-os és az 5%-os kezelések voltak a leghatékonyabbak.



17. ábra: Töbeöntözés és permetezés hatása a bazsalikom növények gyökér-, szár és levélsúlyára $n=15 \pm S.D.$; $p < 0.05$

A növényi részek súlyára kifejtett hatását tekintve az 1, 2,5 és 5%-os koncentrációk is jelentős növekedést idéztek elő (13. ábra). Minden növényi szövet tekintve egyöntetű szignifikáns növekedést a 2,5%-os kezelés okozott. A növényi részek súlya mellett viszont fontos megvizsgálni azt is, hogy az egyes kezelések milyen hatást gyakorolnak a levélszámmra.



18. ábra: Töbeöntözés és permetezés hatása a bazsalikom növények levélszámára $n=15 \pm S.D.$; $p < 0.05$

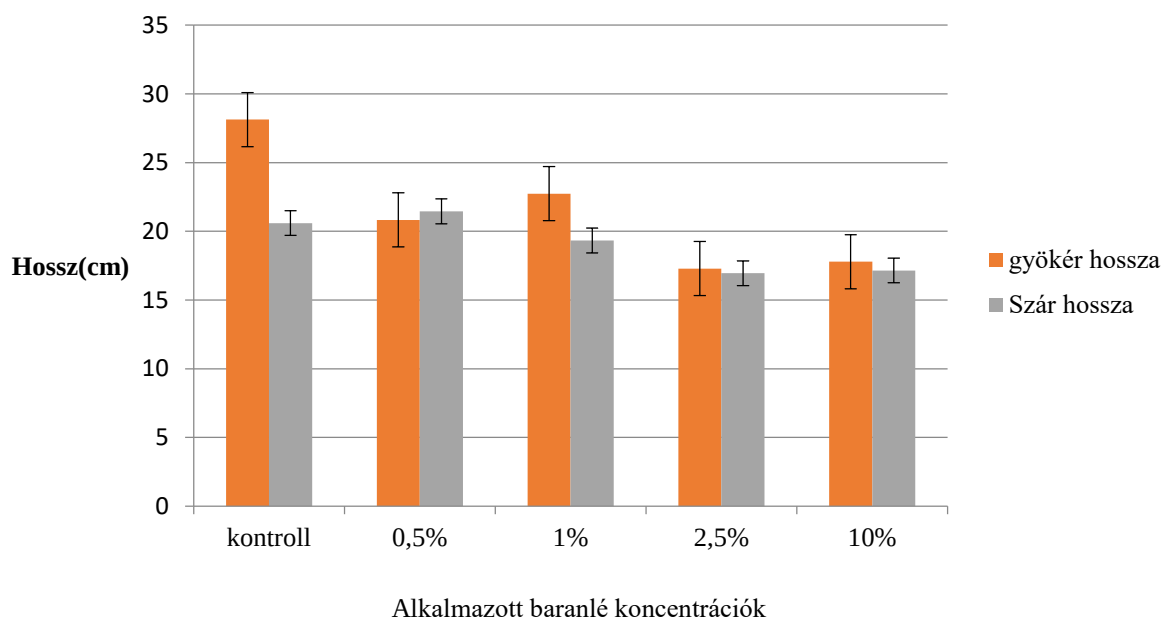
Levélszámot megfigyelve látható, hogy a legkedvezőbb eredményt az 1 és a 2,5 %-os kezelés produkálta (12. ábra). Tehát hiába nagy a levelek súlya az 5%-os kezelés esetében, ez kevesebb levélszámmal párosul. Így valószínűleg az aktív fotoszintézist végző levélfelület is kisebb az 5%-os kezelés hatására.



19. ábra: A kombinált kezeléssel kezelt növények a feldolgozás előtt

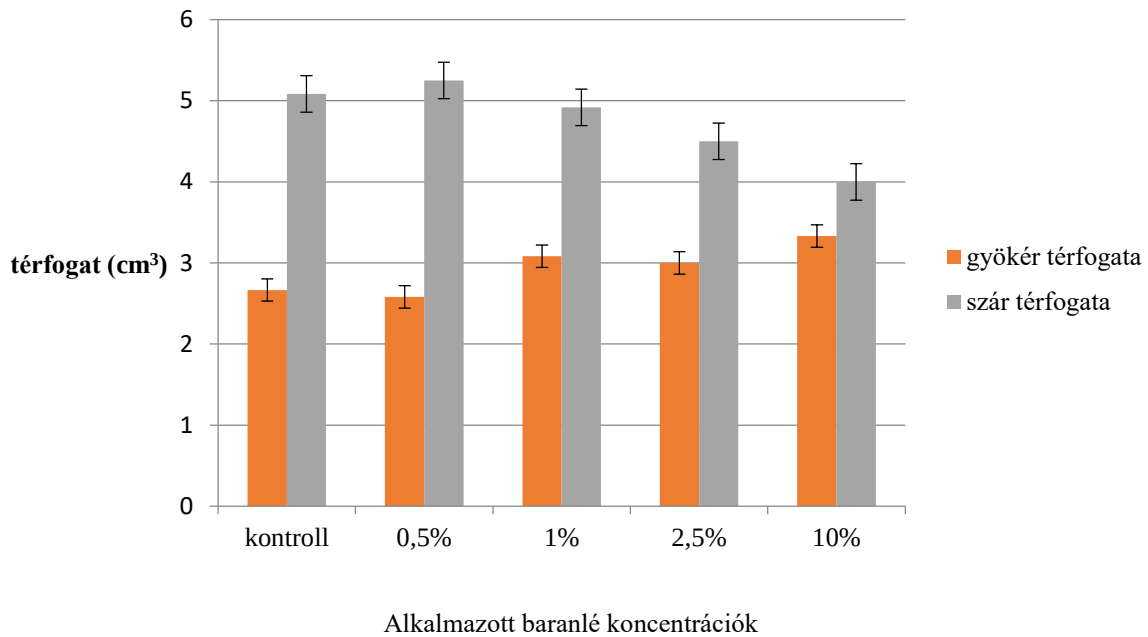
4.3.3 Tőbeöntözés hatása a celózia (*Celosia argentea*) növekedésére

A barnalével való tőbeöntözés hatását vizsgáltuk a Celózia növekedésére. Eredményeinket a 17., 18., 19., 20., 21. ábrák szemléltetik.



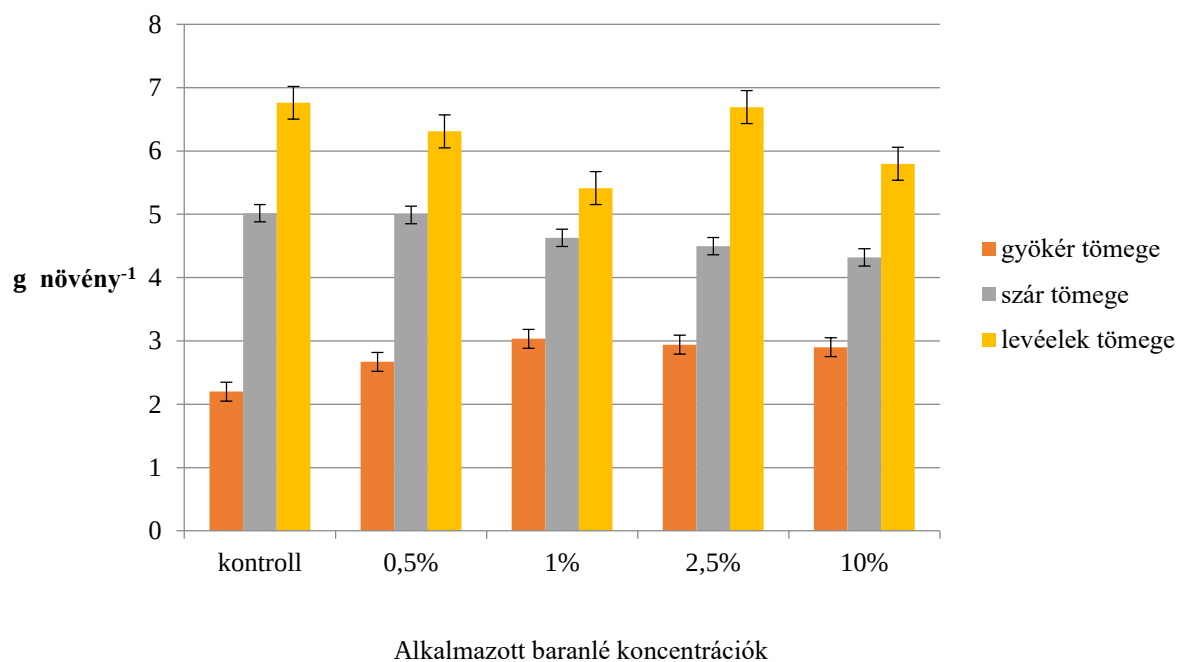
20. ábra: Tőbeöntözés hatása a *Celosia argentea* gyökerének és szárának hosszára
 $n=15 \pm S.D.$; $p < 0.05$

A *Celosia* palánták szárának növekedését 0,5%-os barnalével való tőbeöntözés segítette. Magasabb koncentráció viszont negatívan hatott a szár növekedésére. Azonban a *Celosia* gyökerénél teljesen eltérő eredményeket tapasztaltunk. A 10%-os és a 2,5% koncentrációk esetében szignifikáns csökkenést tapasztaltunk, míg a kontrolnövényeknek voltak a leghosszabb gyökerei.



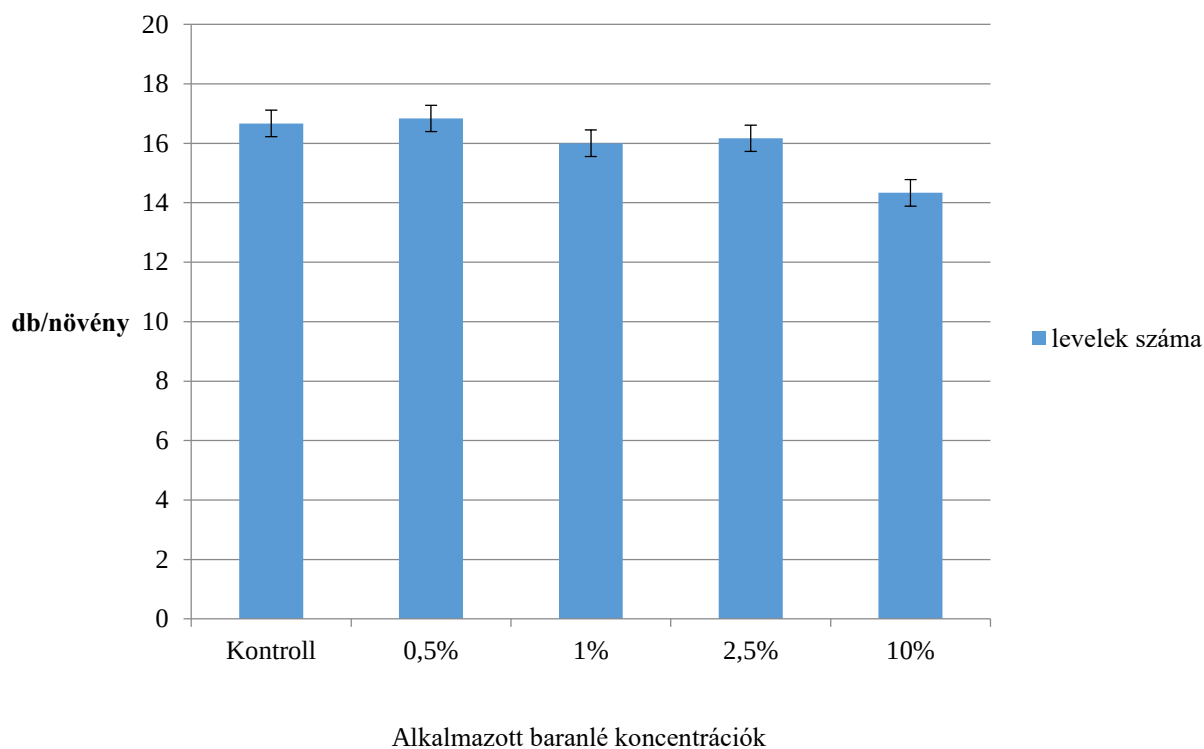
21. ábra: Tőbeöntözés hatása a *Celosia argentea* gyökerének és szárának térfogatára
 $n=15 \pm S.D.$; $p < 0.05$

A szár térfogata a 0.5%-os kezelés hatására változott a legpozitívabban a kontrolnövényhez képest. A vízzel öntözött növények gyökerei voltak a leghosszabbak, viszont a térfogatuk a legalacsonyabb. Ez azt jelenti, hogy a rövidebb gyökerű, barnalével permetezett növényeknek több oldalgyökere van, míg a kontrolnövény gyökerein kevesebb elágazás található. A legnagyobb gyökér térfogatot az 10%-os koncentráció hatására mértük.



22. ábra: Töbeöntözés hatása a *Celosia argentea* szerveinek tömegére $n=15 \pm S.D.$; $p < 0.05$

A vizsgált növényi szervek esetében csak a gyökerek kapcsán tapasztaltunk növekedést a szerv tömegében. A legjobb eredményeket az 1%-os kezelés hatására mértük, ahol szignifikáns növekedést tapasztaltunk. A többi növényi szerv esetében nem tapasztaltunk növekedést. A kontroll növényeknek voltak a legnehezebb szerveik, a gyökereket kivéve.



23. ábra: Töbeöntözés hatása a *Celosia argentea* leveleinek számára $n=15 \pm S.D.$; $p < 0.05$

Az összes vizsgált növényen hasonló eredményeket mértünk, mivel a barnalé nem okozott növekedést a levelek száma kapcsán. A 10%-os kezelés hatására csökkenést tapasztaltunk a levélszámban a kontroll növényekhez viszonyítva.

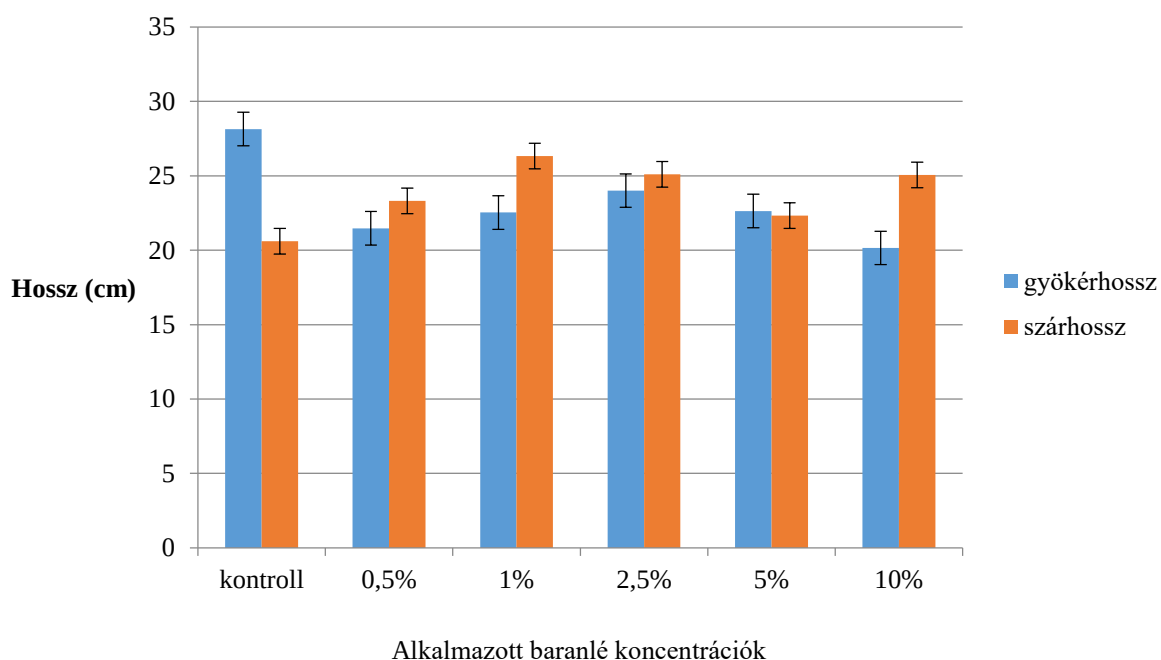


24. ábra: A töbeöntözött celózia növények feldolgozás előtt

4.3.4 Kombinált kezelés hatása a celózia (*Celosia argentea*) növekedésére

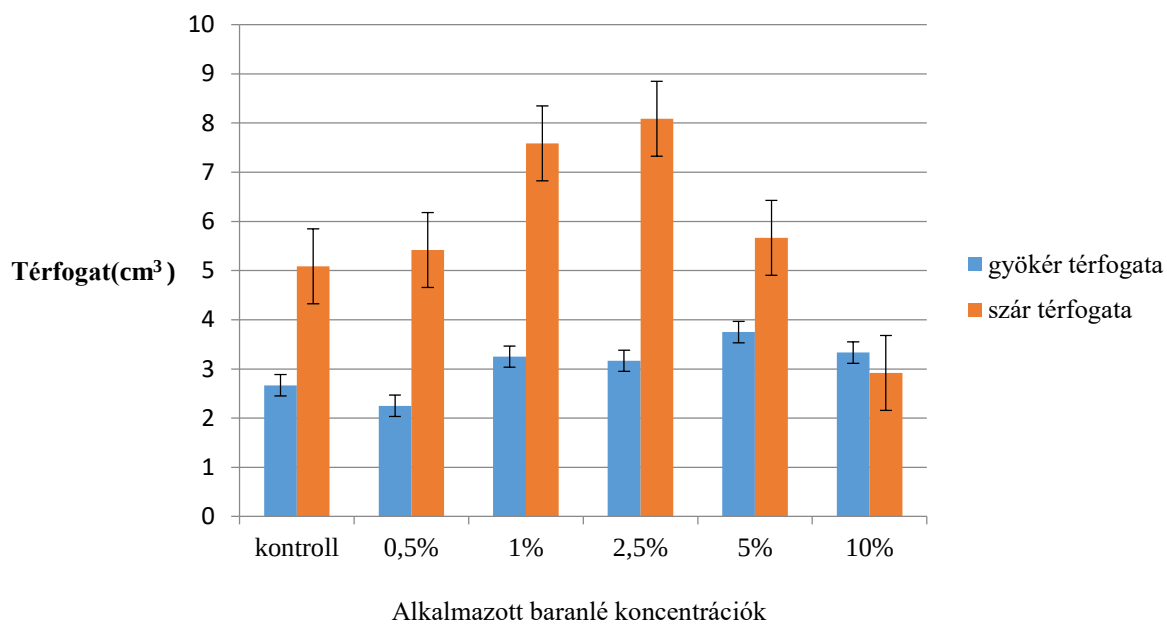
A kombinált kezelés hatását (töbeöntözés+permetezés) vizsgáltuk a celózia növekedésére.

Eredményeinket a 22., 23., 24., 25. és 26. ábrák szemléltetik.



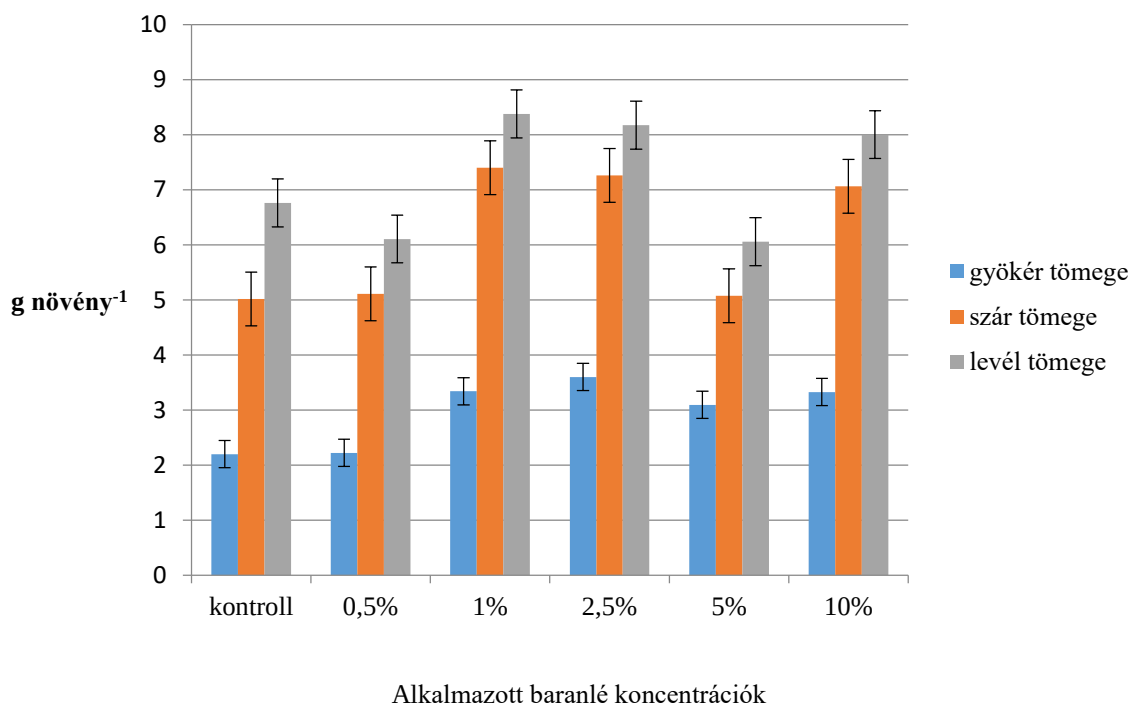
25. ábra: A kombinált kezelés hatása a *Celosia argentea* gyökerének és szárának a hosszára
 $n=15 \pm S.D.$; $p < 0.05$

A gyökerek esetében az összes alkalmazott barnalé koncentrációnak gátló hatása volt, mivel a kontrollnövényeknek voltak a leghosszabb gyökereik. A vizsgált növények szárát tekintve az 1%-os koncentráció esetében figyeltük meg a legnagyobb növekedést.



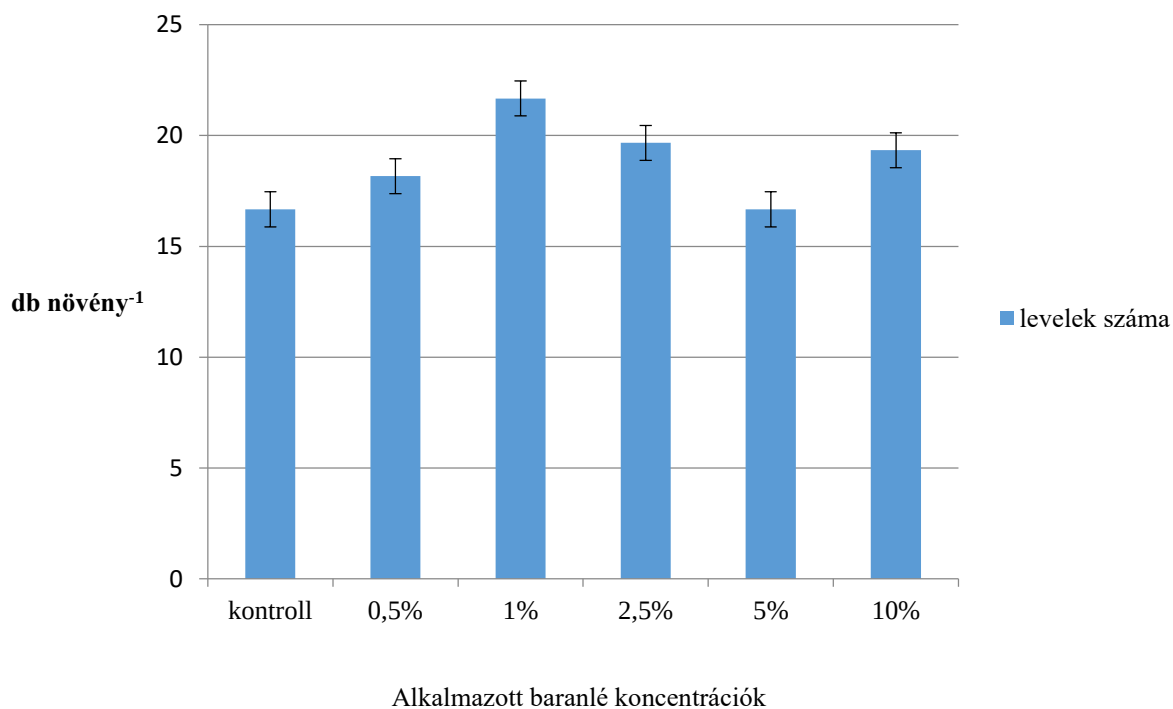
26. ábra: A kombinált kezelés hatása a *Celosia argentea* gyökerének és szárának térfogatára, $n=15 \pm S.D.$; $p < 0.05$

A gyökerek tekintetében a 0,5%-os kezelés kivételével minden kezelés hatására növekedett a növényi szerv térfogata a kontrolhoz képest, különösen az 5%-os kezelés hatására. A szár esetében ez az 1%-os és 2,5%-os koncentrációk esetében volt mérhető



27. ábra: A kombinált kezelés hatása a *Celosia argentea* gyökerének és szárának térfogatára, $n=15 \pm S.D.$; $p < 0.05$

A különböző koncentrációjú barnalé oldatok a növényi szervek tömegének növekedését serkentették. A legpozitívabb változást a 2,5%-os kezelés hatására mértük, mivel szignifikánsan növekedett a növényi szervek tömege és a legarányosabb növekedés is ennél a koncentrációnál volt tapasztalható.



28. ábra: A kombinált kezelés hatása a *Celosia argentea* leveleinek számára, $n=15 \pm S.D.$;

A kombinált kezelés hatását a *Celosia argentea* levélszámának változására is megvizsgáltuk. Ebben az esetben is a leghatékonyabb az alacsonyabb, 1%-os koncentráció volt.



29. ábra: A kombináltan kezelt celózia növények feldolgozás előtt

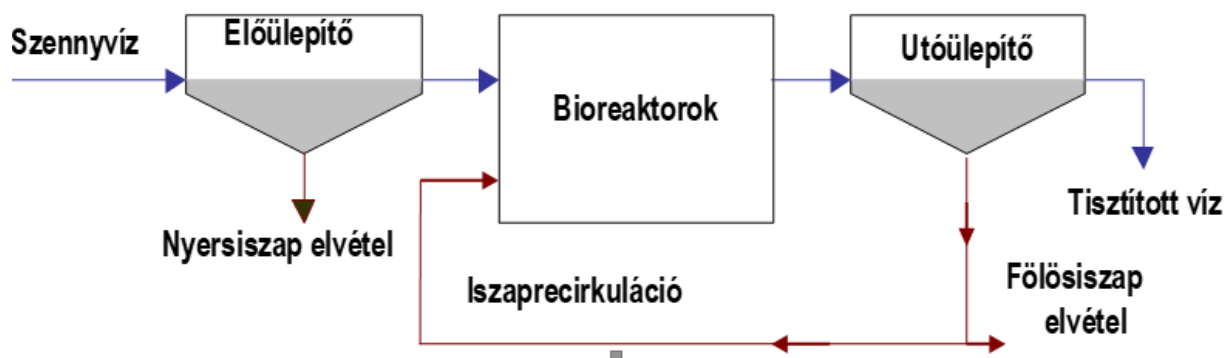
4.4 Az eleveniszapos szennyvíztisztítási technológia

4.4.1 Az eleveniszapos szennyvíztisztítási rendszer működésének alapja

Hajdúnánáson jelenleg 40-50m³ barnalé keletkezik minden egyes nap a Proteomill program keretein belül. Ennek egy részét sikeresen hasznosítjuk újra biotrágyaként, ahogy azt a fenti eredmények is mutatják, viszont egy jelentős mennyiség a szennyvíz tisztító rendszerbe kerül, szerencsére egy túlhígított formában. A barnalé rengeteg kémiai vegyületet tartalmaz, ami hozzájárul az eutrofizációs folyamatokhoz az állóvizeinkben. A szennyvíz elvezető rendszerben megfelelő mértékben hígul, ezért az eleven iszapos szennyvíztisztítási technológia alkalmazható, hogy megóvjuk környezetünket ettől a káros hatástól.

A tápanyag felesleg miatt a különböző baktériumtörzsek a szennyvízben szaporodni képesek. A tisztítás első lépése az ülepítés az előülepítőben. Ezután a szennyvíz a bioreaktorba kerül, ahol szuszpenziót alkot számos baktériummal. Itt a mikroorganizmusok felhasználják a tápanyag fölösleget a növekedésükhöz és szaporodásukhoz, aminek a következtében a biomassza tömege nőni fog. A következő lépésben a szuszpenzió az utóülepítőbe kerül, ahol az iszap leülepszik. A folyamatosság elérése miatt ennek az iszapnak egy részét visszavezetik a bioreaktorba. Szintén az utóülepítőben keletkezett tisztított szennyvizet biztonságosan a természetbe juttatják.

A folyamat alatt nem csak a szerves anyagot szűrik ki sikeresen, de eltávolítják a barnalé nitrogén és foszfortartalmát is. Ez azért lehetséges, mert a bioreaktornak 2 része van: egy anaerob és egy aerob. Ez nagyon fontos mert mind a foszfor, mind a nitrogén eltávolítása igényli az oxigén dús és oxigén mentes körülményeket is.

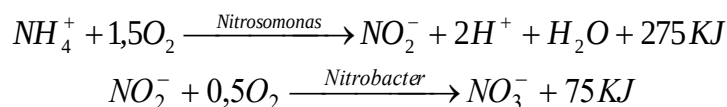


30. ábra: Az eleveniszapos szennyvíztisztítási rendszer felépítése

4.4.2 A nitrogén eltávolítása

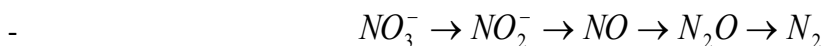
A nitrogén eltávolítása, egy bonyolult, több lépcsős folyamat.

- Ammonifikáció: Ez az első lépés, ami tulajdonképpen a fehérjék és aminosavak biodegradációja. A folyamat alatt a szerves nitrogéntartalomból ammónia keletkezik, ami számos élőlényre (például a halakra) veszélyes. Ez a folyamat a szennyvíz elvezető csatornában már megkezdődik.
- Nitrifikáció: Az ammónia nitritté, majd nitráttá történő oxidálását jelenti aerob körülmények között autotróf baktériumok segítségével. (*Nitrosomonas* és *Nitrobacter* nemzetség) (Focht et al., 1977).



A felszabaduló energia a sejt szintézishez fog hozzájárulni.

- Denitrifikáció: A nitrátok molekuláris nitrogénné fognak redukálódni nitrogén-monoxiddal és dinitrogén-oxiddal keresztül. Végül, a molekuláris nitrogén a légkörbe kerül.

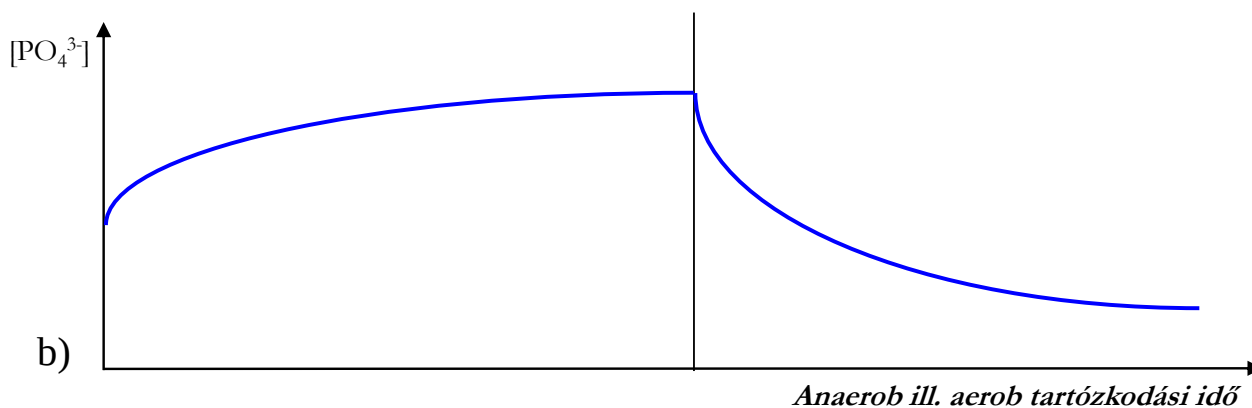


A denitrifikáció anaerob körülmények között zajlik, ha van nitrit vagy nitrát és elérhető szénforrás a bioreaktorban, amihez a baktériumok könnyen hozzájuthatnak, illetve nincs jelen oxigén.

A nitrátok a természetben nem olyan veszélyesek, mint az ammónia. Ennél fogva, ezt a lépést évtizedekig nem alkalmazták. Ezáltal, nitrogén felesleg jelent meg globálisan a Földünkön, illetve magyarázat arra, hogy miért vált az eutrofizáció egy jelentős problémává az utóbbi időben. Továbbá, ha a nitrátok az ivóvízbe kerülnek, számos egészségügyi problémát okozhatnak. A nitrogén erősebben kötődik a hemoglobin molekulákhoz, mint az oxigén, ezért leszorítja azt, miközben methaemoglobinaemia okoz, ami különösen veszélyes a csecsemők körében.

4.4.3 A foszfor kinyerése a barnaléből

A Nitrogén mellett, a barnalé foszfort is tartalmaz nagy mennyiségben, ami szintén hozzájárul az eutrofizációs folyamatokhoz az állóvizeinkbe jutva. A foszfor eltávolítása foszforakkumuláló organizmusok segítségével történik (PAO). A folyamat 2 szakaszból áll: először egy anaerob, majd egy aerob fázis követi egymást (28. ábra). Az első szakasz alatt PAO-k adódnak a szennyvízhez a folyamatos recirkulációnak köszönhetően. Mivel a barnalének magas a szénhidrát tartalma is, ezért kitűnő szénforrásnak bizonyultak a baktériumoknak, így felhasználják a saját életfolyamataikhoz. Ez alatt a folyamat alatt a rendszer foszfortartalma nőni fog, viszont a második, az aerob fázis során ez az eredeti mennyiség alá csökken. Az aerob körülmények kedveznek a baktériumok szaporodásához, így felhasználják a foszfortöbbletet a saját anyagcseréjükhöz és beépítik azt a szervezetükbe. Végso sorban, a tisztított szennyvíz egésze a környező területekbe kerül, mivel már nem okoznak környezeti károkat, az iszap egy részét pedig visszavezetik a bioreaktorba, hogy folyamatos legyen a tápanyag kinyerés.



31. ábra: A foszfor kinyerésének a folyamata

5. Összefoglalás

A kutatásunk során szeretnénk volna mérsékelni a jövőnkét fenyegető állati fehérjehiányból adódó problémákat egy alternatív formájával, a lucernával. A fehérje kinyerése egy nagyon nagy mennyiségben keletkező (közel 50%) barnalevet is eredményezett. Ennek a mellékterméknek az újrahasznosítása indokolt a környezetünkre gyakorolt negatív hatása miatt. Szerencsére rengeteg hasznos elemet tartalmaz ezért többcélúan hasznosítható. Szembesültünk azonban azzal a problémával, hogy a barnalé szobahőmérsékleten nem tárolható, mivel néhány nap alatt megromlik, ezáltal nem hasznosítható újra. Kidolgoztunk egy tartósítási eljárást, hogy szobahőmérsékleten hogyan növeljük az eltarthatóság időtartamát. A laktofermentálás során 3 tejsavbaktérium törzset inokuláltunk a mintákhoz. Ez azonban nem csökkentette megfelelő mértékben a barnalé pH-ját így a 13. napon glükózt adtunk a mintákhoz 12 g L^{-1} koncentrációban, aminek hatására sikeresen lecsökkent a pH, így a barnalé is eltarthatóvá és ezáltal újrahasznosíthatóvá vált.

A növényi kezelést eredményeit összegezve elmondható, hogy mindkét kezelés jól működött. A barnalé kutatócsoport korábbi eredményeivel (Bákonfi et al., 2020, 2018; Barna et al., 2021; Kisvarga et al., 2020) összhangban azt állapítottuk meg, hogy a kísérleteimben töbeöntözéssel és permetezés kiegészítéssel alkalmazott fermentált barnalé 1 és 2,5%-os koncentrációban pozitívan hatott a bazsalikom növények egyedfejlődésére. Mindent összevetve az 1%-os kezelés eredményei alapján elmondható, hogy ez a koncentráció a legnagyobb biztonsággal alkalmazható. Ezek a kezelt növények végig egészségesen növekedtek, a növények szervei arányosak, erőteljesek.

A *Celosia argentea* esetében szintén az alacsonyabb koncentrációk voltak hatékonyak. A permetezés hatására a 0,5 és az 1%-os kezelések voltak eredményesek. A kombinált kezelés hatására szintén az alacsony koncentrációk esetében tapasztaltunk szignifikáns változásokat, a legeredményesebb adatokat az 1%-os oldat hatására mértük. Összegezve, ezúttal is elmondható, hogy az 1%-os barnalé koncentráció alkalmazható a legnagyobb biztonsággal.

A lakto-fermentálással nem csak a barnalevet tettük eltarthatóvá, hanem növényi növekedést serkentő (PGPB – Plant Growth Promoting Bacteria) Lactobacillusokkal dúsítottuk, amelyekről ismeretes képesek pozitívan befolyásolni a növények növekedését. A magasabb barnalé koncentrációk aránytalan növekedést, rövidebb élettartamot idézhetnek elő. Ennek oka, hogy a

barnalé magas koncentrációban tartalmaz vízben oldott mikro- és makroelemeket, amelyek magas koncentrációban szupraoptimálisak a növények számára. A kombinált kezelés nem eredményez jelentősen nagyobb növekedést, ezért elegendő lehet csak a hagyományos permetezéssel eljárás.

A barnalé, ahogy a fentebbiekből is látszik, nagyon magas frakcióarányban keletkezik. Az egész mennyiség mezőgazdasági felhasználása, ennél az oknál fogva nem lehetséges. A nitrogén és foszfor eltávolítása, viszont az eleveniszapos szennyvíztisztítási technikával lehetséges alacsony koncentrációjú barnalé esetén (600-700-szoros hígítás esetén). A jövőben 2 féle módon szeretnénk ez a mellékterméket kezelni: biotrágyaként, valamint az eleveniszapos szennyvíztisztítási technika segítségével, mivel így sikeresen elkerülhetjük a barnalé okozta eutrofizációs folyamatokat.

Felhasznált irodalmak

1. Babette Paping, Koen van de Ven, Rami Wohl (2014): Opportunities for the refinement of grass – Friesland Campina Final report
2. Bákonyi, N.; Kisvarga, S.; Barna, D.; Tóth, I.O.; El-Ramady, H.R.; El-Sayed, A.G.; Kovács, S.; Fehér, C.; Rozbach, M.; Fári, M.G.; et al. Chemical Traits of Fermented Alfalfa Brown Juice: Its Implications on Physiological, Biochemical, Anatomical, and Growth Parameters of *Celosia*. *Agronomy* 2020, 10, 247. [CrossRef]
3. Ehrlich PR, Ehrlich AH (2013) Elkerülhető a globális civilizáció összeomlása? *Proc Biol Sci* 280 (1754): 20122845. <http://doi.org/10.1098/rspb.2012.2845>
4. Ehrlich PR, Harte J (2015): Vélemény: A világ 2050-ig történő táplálásához globális forradalom lesz szüksége. *Proc Natl Acad Sci U S A.*, 2015. december 1 .; 112 (48): 14743–14744. Online közzététel: 2015. december 1. doi: 10.1073 / pnas.1519841112
5. Fári, M.G. (2016): Kralovánszky U. Pál emlékezete. A hazai levélfelhérje-kutatások újra indításának története. *Mag Évkönyv 2016* (Szerk.: Oláh I.), p.1-9.
6. Fári M.G. (2018): A zöld fehérjemalom tudományos megalapozása és lehetséges szerepe a fehérjegazdálkodásban. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 67(4): (*in press*).
7. Gerland, P., Raftery, AE, Sevcíková, H., Li, N., Gu, D., Spoorenberg, T., Alkem, L., Fosdick, B. K, Chunn, J., Lalic, N Bay, G., Buettner, T., Heilig, GK, Wilmoth, J. (2014). A világ népességének stabilizálása valószínűtlen ebben a században. *Science* (New York, N.Y.),
8. Kiss, RD, Stephanopoulos G (1991) Metabolic characterization of an l-lysine-producing strain by continuous culture. *BIOTECHNOL BIOENG* 39:565–574
9. KOVÁCS SZ. – TÖRÖK E. – O. TÓTH IBOLYA – BARNÁ D. – BÁKONYI N. (2019): „Tápiószelei-1” és „Jozsó” lucernafajták hajtásainak szövettani jellemzése és fitoszérumának tulajdonságai. 354-358. In: XXV. Növénynevelési Tudományos Nap.: Növénynevelés a 21. század elején: kihívások és válaszok (Szerk. KARSÁI I.) Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztályának Növénynevelési Tudományos Bizottsága, Budapest, Magyarország. 412 p.
10. Kovács, Sz. – O. Tóth, I. – Bákonyi, N. (2018): Nedvesen frakcionált lucernarost, mint alternatív bioipari nyersanyag. In: XXIV. Növénynevelési Tudományos Nap:

Összefoglalók. 2018.03.06. Budapest. (Szerk. Karsai I. – Polgár Zs.). Magyar Tudományos Akadémia, Budapest. 97. P.

11. LENCHÉS O. (2000): *Ocimum basilicum* – Kerti bazsalikom. 436-439. Gyógy- és aromanövények. (Szerk. BERNÁTH J.) Mezőgazda kiadó, Budapest. 667 p.
12. Maurer, M., Gujer, W., Hany, R. & Bachmann, S. (1997): Intracellular carbon flow in phosphorus accumulating organisms from activated sludge systems, *Water Research*, 31(4), 907-917
13. Pirie, N.W. (1971): Leaf protein: its agronomy, preparation, quality and use. (Pirie, N.W. Ed.), IBP Handbook No.20, Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh.
14. Réti, L. (2002): Biológiai tápanyag-eltávolítást végző szennyvíztisztító telepek tervezésének, üzemeltetésének egyes kérdései
15. Russell, J.B., Baldwin, R.L., 1979. Comparison of substrate affinities among several rumen bacteria: a possible determinant of rumen bacterial competition. *Appl. Environ. Microbiol.* 37, 531–536.
16. Salah E. H. 2007. A mezőgazdasági és vidéki hulladékgazdálkodás fenntarthatósága, 1. kiadás, a bölcsőtől a bölcsőig a fenntartható fejlődés érdekében e-könyv ISBN: 9780080550145 Academic Press Megjelenés dátuma: 2007. június 14. Oldalszám: 424
17. Shogren R., 1997. Water vapour permeability of biodegradable polymers. *J Environ Polym Degrad* 5(2):91–95
18. Wallace, G.M. (1975). The recovery of a leaf-protein concentrate – a review. In “Leaf Protein Production” Workshop papers, February 1975 (Ed. G. M. Wallace). pp 7-54. (Ruakura Agricultural Research Centre: MAF)

Ábrajegyzék

1. ábra: A lucerna barnalé kémiai összetétele	4
2. ábra: A barnalé makroelem tartalma (g L^{-1}).....	5
3. ábra: A barnalé mikroelem tartalma.....	6
4. ábra: Lucerna fajtakísérlet.....	10
5. ábra: A levélfehérje előállítás modellje és a keletkező melléktermékek.....	11
6. ábra: A minták pH-jának mérése.....	12
7. ábra: A glükóz kimérése.....	13
8. ábra: A különböző frakciók arányai nedves frakcionálás és hőkoaguláció után, 3 betakarítási időből származó adatok átlaga, $n=9$	15
9. ábra: A szobahőmérsékleten fermentált, inokulált barnalé pH-jának alakulása az idő függvényében, $n=3 \pm \text{S.D.}$	16
10. ábra: Töbeöntözés hatása a bazsalikom növények gyökér-és hajtáshossz növekedésére, $n=15 \pm \text{S.D.}$; $p < 0.05$	17
11. ábra: A Töbeöntözés hatása a bazsalikom gyökerének és szárának a térfogatára $n=15 \pm \text{S.D.}$; $p < 0.05$	18
12. ábra: Töbeöntözés hatása a bazsalikom növények gyökér-, szár és levél tömegére $n=15 \pm \text{S.D.}$; $p < 0.05$	19
13. ábra: Töbeöntözés hatása a bazsalikom növények levélszámára $n=15 \pm \text{S.D.}$; $p < 0.05$	20
14. ábra: A különböző koncentrációjú barnalével töbeöntözött bazsalikom növények feldolgozás előtt	20
15. ábra: Töbeöntözés és permetezés hatása a bazsalikom növények gyökér-és hajtáshossz növekedésére, $n=15 \pm \text{S.D.}$; $p < 0.05$	21
16. ábra: A kombinált kezelés hatása a bazsalikom gyökerének és szárának térfogatára $n=15 \pm \text{S.D.}$; $p < 0.05$	22
17. ábra: Töbeöntözés és permetezés hatása a bazsalikom növények gyökér-, szár és levélsúlyára $n=15 \pm \text{S.D.}$; $p < 0.05$	23
18. ábra: Töbeöntözés és permetezés hatása a bazsalikom növények levélszámára $n=15 \pm \text{S.D.}$; $p < 0.05$	23
19. ábra: A kombinált kezeléssel kezelt növények a feldolgozás előtt	24
20. ábra: Töbeöntözés hatása a Celosia argentea gyökerének és szárának hosszára $n=15 \pm \text{S.D.}$; $p < 0.05$	25

21. ábra: Töbeöntözés hatása a <i>Celosia argentea</i> gyökerének és szárának térfogatára n=15±S.D.; p <0.05	26
22. ábra: Töbeöntözés hatása a <i>Celosia argentea</i> szerveinek tömegére n=15±S.D.; p <0.05 ..	27
23. ábra: Töbeöntözés hatása a <i>Celosia argentea</i> leveleinek számára n=15±S.D.; p <0.05.....	28
24. ábra: A töbeöntözött celózia növények feldolgozás előtt.....	28
25. ábra: A kombinált kezelés hatása a <i>Celosia argentea</i> gyökerének és szárának a hosszára n=15±S.D.; p <0.05	29
26. ábra: A kombinált kezelés hatása a <i>Celosia argentea</i> gyökerének és szárának térfogatára, n=15±S.D.; p <0.05	30
27. ábra: A kombinált kezelés hatása a <i>Celosia argentea</i> gyökerének és szárának térfogatára, n=15±S.D.; p <0.05	31
28. ábra: A kombinált kezelés hatása a <i>Celosia argentea</i> leveleinek számára, n=15±S.D.;.....	32
29. ábra: A kombináltan kezelt celózia növények feldolgozás előtt	32
30. ábra: Az eleveniszapos szennyvíztisztítási rendszer felépítése	33
31. ábra: A foszfor kinyerésének a folyamata.....	35

Nyilatkozat

Kutatómunkám során a Debreceni Egyetem, MÉK, Alkalmazott Növénybiológiai Tanszék kutatómunkájához csatlakozva vizsgáltam egy melléktermék, a barnalé tárolhatóságát és újrahasználatosságát annak érdekében, hogy eltarthatóvá és váljon, a környezeti terhelés csökkentése érdekében. A folyamathoz a lucerna tesztnövényből származó barnalé mintát használtam. A barnalé mintákat tejsavtermelő baktérium törzsekkel oltottuk be és vizsgálatuk azok aktivitását, hatását a minták pH értékére, a fermentálási időszak során. Emellett a tartósított barnalé növényi biostimulánsként való felhasználását is teszteltük üvegházi csíráztatás során. A munkafolyamatokban több, mint két éve veszek részt. A szakirodalom megismerését követően minden részfolyamatban, így a különböző paraméterek mérésében is részt vettem, legfőbb feladatomban a barnalé tartósítása volt, továbbá a bazsalikom és kakastaréj növények vizsgálata és az adatok elemzése. Minden kísérletnél Dr. Bákonyné Nóra utasításai alapján végeztem a munkát, a versenyekre való felkészülésben biológiatanárom, Dr. Koncz Gábor nyújtott segítséget.

Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni tanáromnak, Dr. Koncz Gábornak, mentoromnak, Dr. Bákonyi Nóra adjunktusnak, a sok segítséget és felkészítést, valamint Oláhné Tóth Ibolya tanárnőnek, Vánkos Zsombornak és Barna Döme Ph.D hallgatónak.