

**DEBRECENI EGYETEM
AGRÁR- ÉS GAZDÁLKODÁSTUDOMÁNYOK CENTRUMA
MEZŐGAZDASÁG-, ÉLELMISZERTUDOMÁNYI ÉS
KÖRNYEZETGAZDÁLKODÁSI KAR
NÖVÉNYTUDOMÁNYI INTÉZET
MEZŐGAZDASÁGI NÖVÉNYTANI ÉS NÖVÉNYÉLETTANI NEM
ÖNÁLLÓ TANSZÉK**

**A BIOGÁZ ÜZEMI PRÉSVÍZ MEZŐGAZDASÁGI
HASZNOSÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI**

írta:

HANKOVSKY GERDA

környezetgazdálkodási agrármérnök hallgató, II. BsC

Konzulensek:

Tóth Brigitta, PhD hallgató

Dr. habil Juhász Csaba, egyetemi docens

Debrecen
2011.

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék	2
1. Bevezetés	3
2. Célkitűzés	4
3. Irodalmi áttekintés	5
3.1. A biogázgyártás kialakulása	6
3.1.1 A biogázgyártás történelmi áttekintése	6
3.1.2 Biogázgyártás a mezőgazdaságban	8
3.1.3 A biogáz üzem létrehozásának indokai	9
3.2 Biogáz üzemi termékek felhasználása	11
3.2.1 A főtermék felhasználása	11
3.2.2 A melléktermék felhasználása	12
3.2.3 A présvíz kijuttatásának jogi szabályai	14
3.4. A biharnagybajomi biogáz üzem jellemzése, technológiája	16
3.5. A vizsgálati anyagban található fontosabb elemek	19
3.5.1. A kalcium	20
3.5.2. A kálium	21
3.5.3. A magnézium	22
3.5.4. A foszfor	23
3.5.5. A kén	24
4.1. A minták gyűjtése	26
4.2. A vizsgálat tárgya	26
4.3. A minták kémiai analízise	26
4.4. Relatív klorofill tartalom meghatározása	28
4.5. Száraz tömeg mérés	28
4.6. Toxicitás teszt	28
4.7. A növények nevelése	28
4. 8. Az alkalmazott biotrágya	30
4. 9. Eredmények kiértékelése	30
5. Kísérleti eredmények és értékelésük	31
5.1. A vizsgálati anyagban található elemek	31
5.2. A minták hatása a mustár csírázására	32
5.3. A vizsgált anyag hatása a tápoldaton nevelt növények elem-felvételére	32
5.3.1 A vizsgált elemek koncentrációja a kukorica hajtásában	32
5.3.5. A kukorica gyökér és hajtás száraz tömege, hajtás hossza	38
5.3.6. A napraforgó gyökerének és hajtásának száraz tömege	39
5.3.6. A kukorica és a napraforgó relatív klorofill tartalom alakulása	40
6. Következtetések	41
7. Összefoglalás	42
8. Irodalom jegyzék	43
Köszönetnyilvánítás	49

1. Bevezetés

A 21. században eljutottunk odáig, hogy a legfontosabb megválaszolandó kérdések – „Meddig terhelhető a Föld” és „Hogyan tudjuk a fenntarthatóságot biztosítani”? Az iparosodás, a közlekedés és a technikai fejlődés hatására a környezetterhelés az utóbbi száz évben olyan méreteket öltött, hogy naponta okoz komoly környezeti problémákat, mint amilyen pl. a globális felmelegedés, aminek hatására a gleccserek olvadnak és a tengerszint folyamatosan emelkedik. Állat- és növényfajok halnak ki, az erdőket irtják és egyre több környezeti katasztrófával szembesülünk, mint például az árvizek, a belvizek és a szélsőséges időjárási körülmények gyakoriságának növekedése. A környezetünk védelme, ezáltal napjaink egyik legfontosabb feladata lett.

A modern környezetvédelem egyik kulcsszava a fenntartható fejlődés. Ez a kulcsszó a mezőgazdaság számára is meghatározóvá vált és egyre többet hallunk a fenntartható mezőgazdaság kifejezésről. Ez a fogalom azért került a figyelem középpontjába, mert a fosszilis energiahordozók, amelyre a mezőgazdaság alapul, kimerülőben vannak és túl ezen a mezőgazdaság által használt kemikáliák jelentős környezeti és humán egészségügyi kockázattal járnak. Ez a folyamat arra hívja fel a figyelmet, hogy a jelenlegi szemléletet fel kell váltania egy környezettudatos szemléletnek, ami kielégíti a gazdaság, a társadalom és nem utolsósorban a környezet igényeit is.

A fenntartható mezőgazdálkodással szembeni egyik legfontosabb elvárás, hogy csökkentsék a felhasznált kemikáliák mennyiségét. A leggyakrabban használt és legelterjedtebb műtrágya, a nitrogén alapú műtrágya. A nitrogén műtrágyák környezetterhelő jelentősége a legmeghatározóbb. Ezek a műtrágyák ammónium-sókat tartalmaznak, nitrifikációjuk és felvételük során nő a talaj H^+ koncentrációja és ez a talajaink folyamatos pH-csökkenését eredményezi. A savanyodás hatására a talaj termékenysége romlik és egy idő után csak talajjavító eljárások alkalmazásával lehet újra a hatékony mezőgazdaság használatba vonni. A műtrágyák alkalmazásának mérséklése kettős hatást von maga után; csökken a várható termés mennyisége, viszont javul a minőség és mérséklődik a talaj, a környezet és a felszíni vizek szennyezettsége.

A felhasznált vegyszerek mennyiségének csökkentésére egyre több gazdálkodó törekszik. Ennek egyik formája, amikor mezőgazdasági üzemekben a termelés során keletkezett melléktermékeket újrahasznosítják. Ennek hatására mérséklődik a környezetterhelés és az üzem kiadása is, mivel nem költenek drága vegyszerekre, hanem a termelésben keletkezett másként nem hasznosítható anyagokat a rendszerbe visszaforgatják. Ez az eljárás manapság egyre népszerűbb és az egyre több helyen épülő biogáz üzemek példáján keresztül szemléltetem a lehetséges megoldásokat. Egy mezőgazdasági termelő vállalkozás állattartó telepein képződő trágyát az arra felépített biogáz

üzemben használják fel input anyagként, amiből különböző folyamatok által keletkezik a főtermék, a biogáz. A biogáz képződésének egyik melléktermékeként pedig keletkezik az úgynevezett présvíz, amit mezőgazdasági célokra használt területeken trágyázásra lehet alkalmazni, így csökkenteni tudják a környezetterhelő műtrágyák használatát és keletkezik a szilárd üledék, amelynek felhasználása komposztálással történik.

Fontosnak ítéljük tehát, hogy pontos képet kapjunk a présvíz növényekre gyakorolt fiziológiai hatásáról, arról, hogy a présvizet alkotó elemek alkalmasak-e a mezőgazdasági növények trágyázására.

2. Célkitűzés

Célkitűzésem az volt, hogy vizsgáljam a biharnagybajomi biogáz üzemből kikerülő présvíz fiziológiai hatásait laboratóriumi körülmények között.

Kísérleteim fő célkitűzése, hogy megbizonyosodjak arról:

- a présvíz gyakorol-e toxikus hatást a csírázásra?
- a présvíz hogyan alakítja a növények fejlődése során a klorofill tartalmat?
- a kezelések során alkalmazott présvíz hogyan befolyásolja a növények szárazanyag termelését?
- a présvízzel történő kezelések hogyan módosítják a gyökér és a hajtás elemtartalmát?
- annak igazolása, hogy a présvíz alkalmas lehet-e az eddig alkalmazott műtrágyák fokozatos lecserélésére.

A teljesebb ismeretek szerzésére vizsgáltam a présvíz kémiai összetételét.

3. Irodalmi áttekintés

A biogáz különböző környezetekből származhat, pl.: szemétkukorból, szennyvíziszap és szerves anyagok anaerob lebontása során képződött biohulladékokból; (Wellinger and Linberg, 2000) alapanyaga lehet szarvasmarha-, sertés-, baromfitrágya, konyhai hulladék és alga (Antwi et al., 2010). A kofermentációval, azaz a szerves maradékanyagok felhasználásával a biogázgyártókban a hulladék- és energiagazdálkodás összefonódik, hiszen a hulladékokból elektromos és hőenergia nyerhető. A deponálástól eltekintve kimerültek az eddigi folyamatok, melyek a takarmányozás, az emberi táplálkozás során és a kozmetikaipar alapanyagainak előállításakor keletkező szerves hulladékanyagok eltávolítását és felhasználását szolgálták (Finis, 1983). Mivel energiát nyerünk, ennek az eljárásnak a komposztálással szemben egyértelmű előnyei vannak (Arbeitsgemeinschaft, 1991). A szennyvíziszapból keletkező biogáz metán tartalma 55-65%, szén-dioxid tartalma 35-45% és kevesebb, mint 1% nitrogént tartalmaz (Allen et al., 1997). A szerves hulladékokból keletkező biogáz 60-70% metánt tartalmaz, 30-40% szén-dioxidot és kevesebb, mint 1% nitrogént (Spiegel et al., 1997; Eklund et al., 1998). A hulladéklerakókból keletkező biogáz metántartalma 45-55%, szén-dioxid tartalma 30-40% és 5-15% nitrogént tartalmaz (Shin et al., 2002; Jaffrin et al., 2003).

A biogáz hasznos helyettesítője a fának és a fűtésre használt trágyának, azokban az országokban, ahol a mezőgazdaság fontos része a gazdasági növekedésnek (Antwi et al., 2010).

A biogáz keletkezése lényegében egy rothadási folyamat. Ezenél a folyamatoknál metángáz képződés játszódik le. Ha a metángáz a levegőbe kerül, akkor hosszú idő alatt szén-dioxiddá és vízzé alakul a napfény, az ózonréteg közreműködésével keletkező HO⁻-gyökök miatt. Manapság nagy mennyiségű metán kerül a levegőbe a rizstermesztés, marhatartás által és a szén, kőolaj, földgáz használatával. A Föld légkörében lévő metántartalom az elmúlt években folyamatosan növekszik, ami rendkívül káros hatással van a földi életre, hiszen a nitrózus gázok és a szén-dioxid után a metán a legfontosabb levegőszennyező anyag. Szerepe van az üvegházhatás kialakulásában és segíti az ózon oxidációját, ami a stratoszférában az ózonpajzs elvékonyodásához vezet.

Ezen okok miatt egyre többen támogatják a biogáz gyártását és használatát, mivel ezzel csökken a szabadon tárolt trágya metángáz kibocsátása és ez a folyamat nem szén-dioxid termelő, mert csak a szén természetes körforgásában lévő CO₂- mennyiséget mozgatja, amelyet a növények később újra felhasználnak, így nem nő a levegő CO₂ tartalma (Schulz and Eder, 2001).

Az anaerob lebontás és a biogáz termelés ígéretes eszköze a megújuló energiaforrásokból nyert energiatermelésnek és a környezeti előnyök megvalósításának (Berglund and Börjesson, 2006).

3.1. A biogázgyártás kialakulása

3.1.1 A biogázgyártás történelmi áttekintése

Időszámításunk előtti 10. századból már találunk írásos emlékeket a biogáz használatáról, amivel Asszíriában fürdővizet melegítettek.

Az eljárás történelmi múltját tekintve az első feljegyzés Schirleytól származik, aki 1669-ben jegyezte le megfigyeléseit a mocsárgázzról (Bartha et al., 1991).

Az első biogáz vizsgálatokat Alessandro Volta végezte, akinek nevét az elektromos feszültség mértékegysége, a volt (V) viseli. 1770-ben az észak-itáliai tavaknál mocsárgázzal kezdte kísérleteit, égésvizsgálatokat végzett (Schulz and Eder, 2001). Összefüggéseket talált az üledékekben rothadó növény és az éghető gáz között (Bartha et al., 1991).

1806-ban H. Davy a trágyából kiáramló gázokra figyelt fel (Fullmer, 1969). Először 1821-ben Avogadro határozta meg a metán képletét (CH_4).

1884-ben Pasteur, francia bakteriológus a trágyából nyert biogázt vizsgálta és javasolta, hogy a kocsikat húzó lovak trágyáját használják gáztermelésre és ennek felhasználásával világítsák meg az utcákat (Janovszkaja, 1963).

1896-ban az angliai Exter város világítására csatornagázt használnak fel.

1868-ban Reiset megerősíti, hogy létezik a trágyagáz és ezt a kérődzők bendőjéből kibocsátott gázzal azonosítja (Bartha et al., 1991).

A 19. század végén kiderült, hogy az anaerob rothasztás szennyvíztisztításra is alkalmas. 1897-ben Bombay-ban egy indiai leprakórházban építették meg az első berendezést. A keletkező gázt elsőként világításra, majd 1907-től elektromos áram termelésre használták (Schulz and Eder, 2001). 1899-ben Deherein és Dupont elemezték a biogázt és azt találták, hogy közel azonos mennyiségű metánból és szén-dioxidból áll (Bartha et al., 1991).

Németországban Imhoff kezdett el először a Ruhr-vidéken kétszintes, anaerob szennyvíztisztító berendezéseket, úgynevezett Emscher-kutakat építeni. Imhoff tisztítóeljárásokkal foglalkozott (Schulz and Eder, 2001).

1936-ban Kína építette fel az első, trágyát erjesztő biogázberendezést. 1942-ben Duccelier és Ismann Algériában valósították meg azt a biogáz- és biotrágya előállító berendezést, ami már nem folyékony alapanyaggal, hanem mezőgazdasági hulladékkal, aerob-anaerob fázissal üzemelt. 1946-ban Indiában hoztak létre egy kísérleti biogáz üzemet (Bartha et al., 1991).

A második világháborúig a csatornagáz használata gyorsan fejlődött. Meghatározó lépés volt, amikor a keletkezett csatornagázt a közművek megvásárolták. Megpróbálták megtisztítani a víztől, szén-dioxidtól és kén-hidrogéntől, acélpalackokban sűríteni és gépjárművek hajtására felhasználni. Imhoff javaslatára Halléban édesgyökeret (*Glycyrrhiza glabra*), állati belsőséget, lignint, lágyszárú

növény- és gabonahulladékot tartalmazó, kevert hulladék rothasztásával végeztek kísérleteket. Míg a lignin kb. 20 napi állás után csak 19 L gázt adott 1 kg szárazanyagból, addig a gyomortartalom 158 L/kg-ot, az édesgyökér akár 365 L/kg-ot is. Dr. Franz Pöpel adalékanyagokat adott a híg-/szilárd trágyához a biogáz termelés növelése céljából. Ezeket a kofermentációs kísérleteket a világháború alatt a hollandiai Amelsfoortban végezte (Pöpel et al., 1958). Ezzel egy időben Indiában és Kínában létrejöttek az úgynevezett „családi” biogáz-berendezések, amiből Kínában több mint 7 millió működik, Indiában pedig több mint 30.000 db üzemel (Bartha et al., 1991).

Hazánkban a trágya biogáz termelésben való hasznosításának gondolata az 1950-es években került előtérbe, amikor a Hőtechnikai Kutató Intézet elkezdte kísérleteit és elméletben felkészült a trágya ilyen irányú hasznosítására. Ezzel egyidejűleg a MÉLYÉPTERV a szennyvíztisztításnál használt iszapstabilizálási módszer segítségével a nagyüzemi sertésállattartás szennyvízvízeinek anaerob erjesztéses kezelési módszerével foglalkozott. 1954-ben üzembe állították a Pécsi Állami Gazdaság Danicz-pusztai telepén a félszáraz eljárású erjesztőberendezést, amely 3 éven át üzemelt és sok tapasztalatot lehetett belőle gyűjteni. Miután az állami gazdaság az állattartás után almatermelésre állt át, a berendezések almatárolóvá alakultak. A HŐKI Szabadszentkirályon, a fajszi hajdani Vöröscsillag TSZ-ben biogáz- és biotrágya-termelésre kisberendezéseket üzemeltetett. A HŐKI és a MÉLYÉPTERV az indiai kormánynál elérte azt, hogy szakembereik egy 500m³-es félszáraz trágya- és mezőgazdasági hulladékos biogáz-, biotrágya-előállító berendezést létesítsenek Kanpur-i Cukorgyári Kutató Intézet területén, továbbá ugyancsak 500m³-es folyékony eljárású, szarvasmarha hígtrágyára alapozott berendezést létesítsenek a Bombayi tejüzem területén. A magyar szakembereknek itt nyílt módjuk arra, hogy tapasztalatokat szerezzenek és ezeket itthon hasznosítsák. Az indiai magyar eredményekkel egyidejűleg itthon a hajdani Gödöllői Agrártudományi Egyetem Tangazdaságában (GATE) és a Békés megyei Tőviskes Állami Gazdaságban állították fel az AGROBER által tervezett biogáz- és biotrágya-berendezéseket, amelyek nem hozták azokat az eredményeket, amelyeket vártak. A GATE berendezését a MÉLYÉPTERV Indiában járt szakemberei áttervezték, és így a biogázhozamot megduplázták. Az akkori Mezőgazdasági Minisztérium is felfigyelt az eljárásban mutatkozó előnyökre és javaslatokat tett a különböző nagyüzemi állattartó és növénytermesztő gazdaságok nyersanyagai, ill. biogáz-hasznosítási lehetőségeinek kiaknázásában. Ennek keretében Szécsényben az osztrák BVT cég által tervezett BIMA rendszerű berendezés készült el, ami ottani hígtrágyával működő szarvasmarhatelep alapanyagát felhasználva működött. A következő berendezés Dömsödön készült el, amely egy 1000 férőhelyes, bőalmos tehenészet mellett létesült. A keletkezett biotrágyát saját mezőgazdasági területen hasznosítják, vagy más gazdaságoknak értékesítik.

Ezeket a beruházásokat kívül a Debreceni Agrártudományi Egyetem Mezőtúri Gépész Kara, a Szombathelyi Városi Szeméttelp, a Budapesti Rozmaring TSZ munkacsoportjai építették és

üzemeltettek különböző rendeltetésű kisberendezéseket, amelyek ma már nem üzemelnek (Bartha et al., 1991).

Magyarországon az első mezőgazdasági biogáz üzem 2004-ban Nyírbátorban jött létre. 2007 végére további 4 villamos- és hőenergiát termelő biogáz üzem létesült (Pálhalma, Kecskemét, Klárafalva, Kenderes). 2008-2011 között megvalósult az EMVA program, ami az állattartó telepek trágyakezelő rendszerének korszerűsítésével foglalkozik, és beruházási támogatásokat nyújtanak a gazdálkodóknak (több mint 30 projekt 12-15 MW_{el} összkapacitás). Az EMVA program korlátjai nevezetesen, hogy csak állattartó telepek vehetnek részt benne és a beruházók nem rendelkeznek megfelelő tudásanyaggal a biogáz gyártással kapcsolatban, illetve nem rendelkeznek megfelelő önerővel, ezért a finanszírozásban nehézségek léptek fel (I1).

Lehetőség nyílt a KEOP pályázati rendszeren keresztül üzemeket létesíteni. Nehézségként jelentkezik, hogy a pályázati követelmények rendkívül szigorúak. Azoknak a pályázatoknak van esélye, amelyek teljesen előkészítettek, minden engedéllyel és előszerződéssel rendelkeznek. A 2007-2009-es időszakban a benyújtott pályázatok száma 16 volt, ebből 9 pályázatot elutasítottak, 7 pályázat további vizsgálat, ill. támogatási kötés stádiumában van. A KEOP támogatással létrejött kapacitás 2011-ig 2,0-5,0 MW (becslés) (I2). A hazai biogáz üzemek létesítésének legdöntőbb korlátai, hogy hiányzik az energetikai kormányzat valós elkötelezettsége a megújuló alapú energiatermelés fejlesztése mellett. A „zöldáram” ár nem elegendő a beruházások megtérülésének biztosításához. Szükség lenne a klímavédelem és a hazai megújuló energiatermelés bővítése mellett elkötelezett, kiszámítható, hosszú távú és következetesen végrehajtott gazdaság-politikára.

3.1.2 Biogázgyártás a mezőgazdaságban

A II. világháború utáni időszakban lett jelentős a mezőgazdaság biogáztermelő szerepe. Imhoff kimutatta, hogy egyetlen tehén trágyájából százszor annyi gázt lehet előállítani, mint egy városi lakosra jutó szennyvízmennyiségből.

1947-ben a németországi Darmstadti Műszaki Egyetemen elkészítettek egy biogáztermelő berendezést, ami egy kisebb mezőgazdasági üzem számára alkalmas. Ez egy úgynevezett vízszintes erjesztős szerkezet volt, más néven a „darmstadti rendszer”. Ugyan ezt az elvet használják egy telepen Hohensteinben, amit Reusch épített 1959-ben. Többszöri felújítás után a telep még ma is működik.

Berlinben és Münchenben is készültek további ismert rothasztós erjesztők. Németországban a mai KTBL (Műszaki és Építésügyi Kuratórium a Mezőgazdaságban) elődje, a KTL (Műszaki Kuratórium a Mezőgazdaságban) foglalkozott a mezőgazdasági biogáz-technológiával és

megalapította a „biológiai humuszt és metánt előállító munkaközösséget”. 1950-től váltótartályos, úgynevezett Schmidt-Eggersglüß rendszerrel üzemelt az első nagyobb mezőgazdasági biogáztelep Allerhoopban és további 20 berendezést építettek ezzel az eljárással.

Dr. Walter Eggersglüß, Ferdinand Schmidt veje volt. Felfedezte és kihangsúlyozta a kirothasztott iszap trágyázó hatását. Abban az időben kizárólag szilárd trágyát használtak, amelyet egy gödörben vízzel és kirothasztott iszappal hígítottak. A hígtrágyát csak később kezdték el összegyűjteni az istállókban (rácsos-, árkos padló).

Az 1950-es években a volt NSZK területén közel 50 új biogázterjesztő létesült. Több, a nem megfelelő működés következtében rövid idő alatt leállt. 1955 körül bekövetkezett a „kőolaj-túlkínálat”, aminek következtében a kőolaj ára drámaian lecsökkentek és ezzel párhuzamosan a felhasznált ásványi trágya mennyisége nőtt. Reusch saját építésű telepe (Hohenstein) és a Schmidt-Eggersglüß-berendezés (klosterburgi bencés gazdaság) kivételével az összes biogáz üzem leállt.

Az olajválság után 1972-73-ban a biogáztermelés második fellendülése következett be. 1974 márciusában a KTBL az alternatív energiákkal foglalkozó kutatások hatására szakmai beszélgetést rendezett „Aktuális-e ma a biogáz” címen. Itt már előtérbe kerültek a környezetvédelmi szempontok is és ennek hatására a következő években elkezdtek továbbfejleszteni a biogázgyártás technológiáját (Schulz and Eder, 2001).

Fritz Weber mezőgazdász és képviselő 1953-ban Untersontheimban felépített egy biogázterjesztőt, majd 1962-ben Georgenauban épített egy korszerűbb berendezést, részben anaerob rothasztással, részben aerob lebontással, ahol a szalma iszapállagú lett, amelyet szükség szerint bármikor ki lehetett venni (Weber, 1980).

Abban az időben Németország területén nem egyenletesen épültek biogáz üzemek. Főként Bajorország (az üzemek 80%-a) és Baden-Württemberg területén épültek. Annak az oka, hogy főként dél-németországban terjedtek el biogáz üzemek, a „nagyüzemi” állattartásnak és a biogáz szakértők munkájának köszönhető. A biogáz hasznosításának első korszakával ellentétben ekkor már nem szilárd trágyát használtak, hanem alommentes hígtrágyát. Ezzel könnyebb lett a szállítás és a keverés, de ezzel a módszerrel kevesebb lett a gázhozam.

1985 és 1990 között csökkent az új létesítmények száma, de néhányat létrehoztak. A biogáz szervezetek éves tanulmányi útjának köszönhetően megmaradt a biogázgyártás utáni érdeklődés (Schulz and Eder, 2001).

3.1.3 A biogáz üzem létrehozásának indokai

Társadalmi elvárások: A biogáz üzem működtetésével jelentősen csökken a kellemetlen szaghatás, mivel zárt rendszerű technológia során a keletkezett végtermék már nem bocsát ki kellemetlen

szagokat. Ez az alternatíva élhetőbbé teszi a településen élő emberek környezetét. Másrészt fontos társadalmi értéket jelent a trágya energetikai célú felhasználása, ugyanis a megújuló energiaforrások alkalmazásával elektromos áram és hőenergia keletkezik, amely a fosszilis energiahordozók felhasználásának csökkenéséhez vezet, így csökken az üvegházhatás. A kikerülő biomassa szeparálás után, megfelelő berendezésben történő kezeléssel humusszá, illetve virágfölddé alakítható. (Elek, 2009)

Az energiaellátás diverzifikálása: A biogáz üzem a trágya mennyiségének és a kiforrott biogáz technológia eredményeinek felhasználásával részben fedezni tudja saját energiaellátását. Továbbá az áramot a beruházás megtérülése érdekében az áramszolgáltatónak értékesítheti, a keletkezett hőenergiát pedig szintén saját célra hasznosíthatja. (Fermentorok fűtése, illetve a járulékos helységek fűtése). A megújuló energiaforrás alkalmazása előnyt jelent mind a társadalomnak, mind a mezőgazdaságból élőknek, mint az üzemnek egyaránt. (Elek, 2009)

A környezet minőségének hosszú távú fenntarthatósága: Környezetvédelmi szempontból hosszú távon környezetbarát megoldást jelent a biogáz üzem, mely összességében a közhasznúságot erősíti. A szabadban való tárolással ellentétben a zárt üzemben nem lép fel említésre méltó metán és ammóniaveszteség, ami a levegőbe távozva jelentős levegőszennyező hatással bírna. A biogáz üzemmel rendelkezők tehát hozzájárulnak a levegő tisztántartásához és csökkentik a nyersanyag veszteségét, különösen a nitrogénét (Schulz and Eder, 2001).

Mezőgazdasági előnyök: A biogázerjesztésből visszamaradt trágya kevésbé károsítja a fejlődő növényeket, mint a nyers trágya és ez sok biogazdaság számára fontos szempont. A káros hatás csökkenésével javul a növények tápanyagfelvétele és a növények egészsége, így nem kell annyi növényvédő szert alkalmazni. A mezőgazdasági termelésre használt területeken a biogáztrágya alkalmazásával csökkenthető a nitrát kimosódása a talajvízbe. A tápanyag visszaforgatása miatt kevesebb műtrágyát kell alkalmaznunk (Schulz and Eder, 2001).

A biogáz üzem létrehozása gazdaságos beruházást valósít meg. Két lehetséges alternatíva van mind a trágyakezelésre, mind a fűtésre. A trágyakezelésnél a hígtrágya tárolók építése, illetve a meglévők felújításának és bővítésének a megtérülése kérdéses. Ezzel ellentétben a biogáz üzem, annak ellenére, hogy jóval nagyobb mértékű beruházást jelent, néhány év alatt megtérül, kedvező a gazdálkodási egység mérlegére (Elek, 2009).

A biogázgyártás előnyei:

- értékes energiaforrás,
- a kellemetlen szaghatások csökkentése,
- a káros hatások csökkentése,
- állagjavítás,

- kevésbé szennyezi a levegőt ammóniával és metánnal,
- nincs tápanyagveszteség,
- csökken a nitrát kimosódás,
- javul a növények tápanyag-hasznosítása,
- javul a növények egészsége,
- trágya higiénizálása,
- csökken a gyomnövények csírázókéessége,
- szerves hulladékanyagok hasznosítása,
- csökkenthető csatornadíj.

3.2 Biogáz üzemi termékek felhasználása

A biogáz gyártása során keletkezett termékeket két csoportba oszthatjuk:

- keletkezik a biogáz, amit főterméknek nevezünk,
- és melléktermékek.

3.2.1 A főtermék felhasználása

A biogáz a metanogén mikroorganizmusok anyagcsereterméke, amely a szerves massa bomlása során keletkezik. A bomlás négy szakaszban megy végbe:

1. fakultatív anaerob baktériumok (*Escherichia coli*, *Listeria*) lebontják a makromolekuláris szerves anyagokat kismolekulájú termékekké. Pl.: egyszerű cukrok, zsírsav, aminosav, víz. Ezt a folyamatot hidrolízisnek nevezzük
2. ezek után a savképző baktériumok (*Lactobacillus*, *Acetobacter*, *Clostridium*) által szén-dioxid, szerves savak, aminosavak és víz képződik
3. az ecetsavas baktériumok (*Acetobacter aceti*, *Acetobacter pasteurianus*) ezekből hidrogént, szén-dioxidot és acetátot képeznek
4. végül a metanogén mikroorganizmusok (*Methanococcus*, *Methanobacterium*) által metán, szén-dioxid és vízképződés következik be.

A folyamatnak nedves, légmentesített, fénymentesített és egyenletes hőmérsékleti körülmények között kell lejátszódnia (Schulz and Eder, 2001).

A fermentálás során keletkezett biogázt integrált, nyomásmentes gáztárolókban helyezik el átmenetileg. A keletkező biogáz felhasználása a blokkerőművekben történik. Ez az erőmű villamos energiát, és párhuzamosan hőenergiát termel, melynek egy részét visszavezetik a fermentálóba és fűtésre használják.

A biogázt fűtésre, elektromos áram termelésre és a járművek üzemanyagaként lehet hasznosítani, ezzel elkerülve a környezet szennyezését és a fosszilis energiahordozók használatát (Wellinger and Linberg, 2000).

Magyarországon a főtermék szállítására nincs engedélyeztetési eljárás, nincs arra sem jogszabály, hogy betáplálhassák a földgázhálózatba.

Ausztriában létezik egy olyan 1 MW-os biogáz üzem, ahol a hulladék hőt használják fel a házak és a közintézmények fűtésére és az egyre növekvő benzinárak miatt létrehoztak egy gáztisztítót és egy biogáz kutat, ahol LPG autógáz helyett biogázt lehet tankolni az autókba.



1.kép. A blokkerőmű, ami villamos energiát termel a biogázból
(Fotó: Hankovszky G., 2011)

3.2.2 A melléktermék felhasználása

A nemzetközi gyakorlatnak megfelelően hazánkban is a kiejedt présvizet szántóföldek tápanyag utánpótlására használják. Biológiai eredeténél fogva komplex tápanyagnak tekinthető, hiszen makro- és mikroelemeket, nyomelemeket, szerves vegyületeket egyaránt tartalmaz, melyek összetételét befolyásolják a biogáz termeléshez használt alapanyagok és a lebontási technológiák (Somosné, 2011)

A biogáz üzemből kikerülő mellékterméket utóérlelik, majd szeparálják. A víztelenítési eljárás után keletkezik egy szeparált híg fázis (présvíz) és egy víztelenített rész. A víztelenített anyagot aerob fermentálóba, más néven komposztáló rendszerbe vezetik, melyből komposztot állítanak elő, ami később értékesítésre kerül, vagy saját területre használják fel. A híg részt tárolókba vezetik, ahonnan egy része a technológiába visszaforgó a megfelelő szárazanyag beállítás céljából, a másik magmaradó részt földterületekre szállítják biotrágyaként, hasznosítás céljából, mivel

tápanyagtartalma miatt értékes termés hozam növelő és kiváló humuszképző anyag. A biotrágya megőrzi az erjesztőbe bevitt tápanyagokat, illetve azokat a növények számára könnyebben felvehetővé változtatja biológiai eszközökkel (Bartha et al., 1991). Az anaerob fermentáció eredményeként a fermentáléban a széntartalom csökkent, de a nitrogén és az egyéb tápanyag mennyisége nem. A nitrogéntartalom nagy részét az ammónium-nitrogén adja, amit a növények azonnal fel tudnak venni. Körültekintő kezelés mellett a növények a présvízzel bevitt nitrogéntartalom 60-80%-át is képesek hasznosítani az első évben. Éppen ezért a présvíz a nitrogén tartalom szempontjából ásványi trágyaként viselkedik, ezért főleg olyan növények trágyázására ajánlott, amelyek nitrogén-felvétele gyors, pl. őszi búza, őszi árpa. A többi tápanyag kevésbé labilis alkotója a présvíznek. (Somosné, 2011). Az almos biotrágya-maradék szerves anyag-tartalma mind a laza, mind a kötött talajoknál kedvező hatású, de az egységnyi trágyázott területre kijuttatott biotrágya fajlagos lebontandó szervesanyag mennyisége nem haladhatja meg a talaj lebontóképességét, mert akkor kedvezőtlen változásokat okozhat a talaj mikroszervezeteinek élettevékenységeiben (Howe, 1980). A présvíz optimális felhasználása érdekében be kell tartani bizonyos szabályokat. Alapvető szabály, hogy a présvizet közvetlenül a vetés vagy a palántázás előtt kell kijuttatni, annak érdekében, hogy a talajban kerülő oldott tápanyagokat a növény hasznosítsa. A kijuttatás után azonnal be kell dolgozni a talajba, ezzel minimálisra csökkentve az ammónia párolgását. A présvíz kijuttatásának optimális körülményei az esős, nedves és szélmentes időjárás. A száraz, napos és szeles idő jelentősen csökkenti a nitrogéntartalmat (Somosné, 2011). További felhasználási lehetőségei: visszaoltáshoz felhasználás, komposzt öntözése, visszavezetés szennyvíztisztítási folyamatba, többfokozatú utótisztítás után élővizekbe, befogadókba való vezetés.



2.kép: A szilárd- és a híg rész elválasztása a szeparáló állomáson
(Fotó: Hankovszky G., 2011)

3.2.3 A présvíz kijuttatásának jogi szabályai

Annak ellenére, hogy a kiejedt présvizet Európa egyes országaiban évtizedek óta használják a tápanyag utánpótlásban, hazánkban még a jogszabályok szintjén sincs egyértelmű szabályozása. A jelenlegi helyzet jelentősen megnehezíti ennek a mezőgazdaság számára fontos anyagnak a gördülékeny és költséghatékony végső hasznosítását (Somosné, 2011).

A présvíz szántóföldi hasznosítása jogszabályi előírásoknak megfelelően történik, a kihelyezéshez hatósági határozat, engedély szükséges. A kihelyezési engedélyeket a Hajdú-bihar megyei Kormányhivatal Növény és Talajvédelmi Igazgatósága adja ki. A kihelyezést az 50/2011. (IV.3.) Korm. rendelet (Szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályai) előírásai szabályozzák. A szennyvíziszap komposzt mezőgazdasági felhasználását a talajvédelmi hatóság engedélyezi, ha annak minősége megfelel e rendelet előírásainak, továbbá a komposztálás során teljesülnek a biohulladék kezeléséről és a komposztálás műszaki követelményeiről szóló 23/2003. (XII. 29.) KvVM rendelet előírásai is.

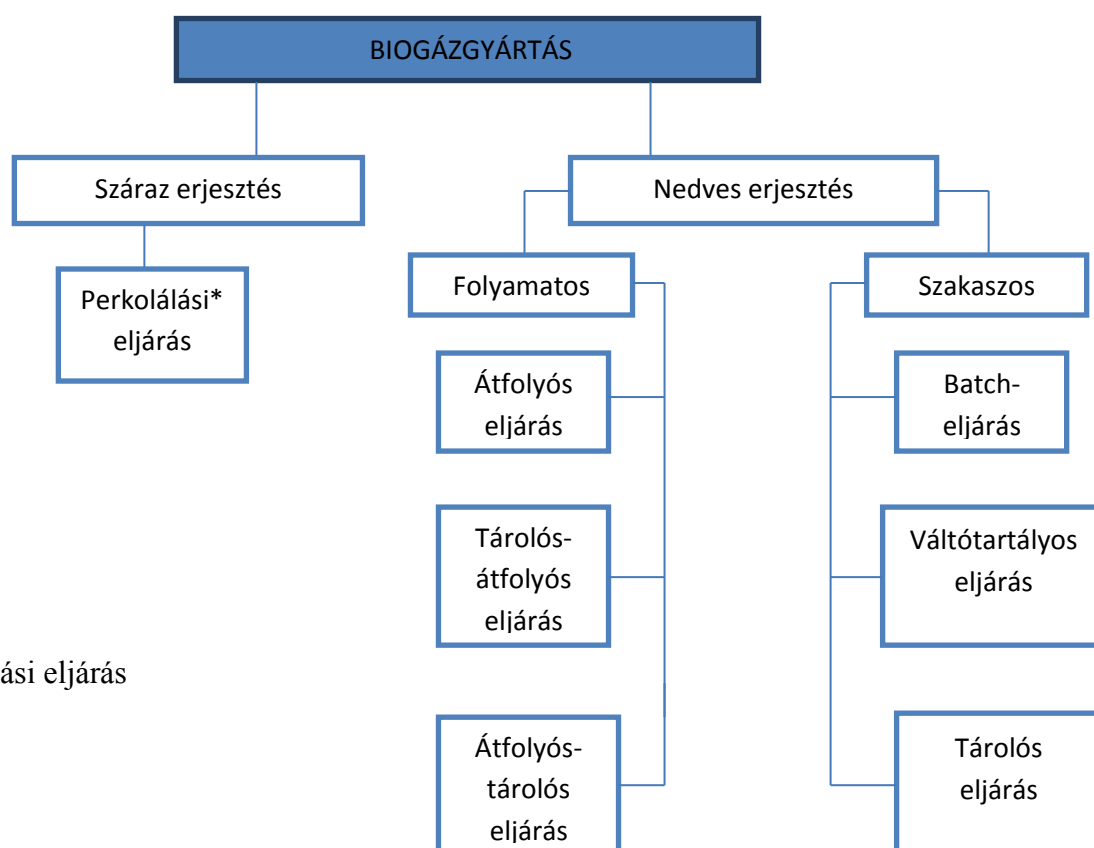
A kihelyezési engedély megszerzése előtt Talajvédelmi terv készül, amelyben a jogszabály szerinti kötelező talaj alap, illetve tápanyagvizsgálatokat, valamint nehézfém meghatározásokat el kell végezni, illetve a konkrétan kikerülő présvíz vizsgálatát is el kell végeztetni. Ez alapján határozzák meg azt, hogy az adott kihelyezni kívánt anyag milyen és mennyi területekre, milyen növénykultúrák alá, illetve milyen mennyiségben kerülhet ki. A felhasználható szennyvíz és a folyékony szennyvíziszap mennyiségét elsősorban a talaj vízgazdálkodási tulajdonságai, a vízháztartási mérleg, a szennyvíz és a folyékony szennyvíziszap mérgező (toxikus) elem és károsanyag-, valamint tápanyagtartalma, továbbá a termeszteni kívánt növény víz- és tápanyag- (elsősorban nitrogén) igénye alapján kell meghatározni. A külön jogszabály alapján nitrátérzékenynek minősülő mezőgazdasági területre a szennyvízzel, szennyvíziszappal, illetve szennyvíziszap komposzttal kijuttatott összes nitrogén mennyisége nem haladhatja meg évente a 170 kg/ha értéket. Ha az adott területen a szennyvíziszap vagy szennyvíziszap komposzt kijuttatásának évében még szerves trágyázást is végeznek, a szennyvíziszappal vagy szennyvíziszap komposzttal és a szerves trágyával évente kijuttatott nitrogén együttes mennyisége nem lehet több, mint 170 kg/ha (I3).

A kihelyezésről naplót kell vezetni, amelyben naprakészen kell feltüntetni a kihelyezés adatait. A gazdálkodási évet követő december 30-ig a Hajdú-bihar megyei Kormányhivatal Növény- és Talajvédelmi Igazgatóságnak jelentést kell készíteni a hatályos jogszabály szerinti adatlapon a kihelyezett anyagok mennyiségéről és minőségéről (Elek, 2009).



3.kép: A présvíz kijuttatása termőföldre
(Fotó: Hankovszky G., 2011)

3.3. A biogáz gyártás módjai



*kivonási eljárás

3.4. A biharnagybajomi biogáz üzem jellemzése, technológiája

Mintáimat a kísérleteim elkészítéséhez a biharnagybajomi biogáz üzemből gyűjtöttem, a telepvezető engedélyével.

A Csillag-tanyán létesült biogáz üzem a biharnagybajomi „Dózsa” Agrárgazdasági Termelő Szolgáltató és Kereskedelmi Zártkörűen Működő Részvénytársaság tulajdonában áll. A „Dózsát” 1949-ben alapították jogelődjén keresztül, amit még akkor Mezőgazdasági Szövetkezetnek hívtak. 2001-ben részvénytársasággá alakult át, később pedig zártkörűen működő részvénytársasággá. Területileg Nagysárréten helyezkedik el, 2600 ha-on folytatnak növénytermesztést, állattenyésztést (Porosköz – tejelő szarvasmarha tenyésztés), keverék takarmánygyártást, gépi szolgáltatást nyújtanak. A biogáz üzem létesítése óta áramtermeléssel bővült a tevékenységük. 2007 szeptemberében kezdődött el a biogáz üzem tervezése és 2010.07.01.-én kezdetét vette a hivatalos áramtermelés és értékesítés. Az 1. hónapban az E-ON vásárolta meg az elektromos áramot, majd utána a MAVIR Zrt.-nek értékesítették. A választott technológia a német MT Energy GmbH által szabadalmaztatott eljárásra esett.

A biogáz üzem a következő fő részekből tevődik össze:

- hígtrágya fogadó akna
- hígtrágya előtároló 275m³ tároló kapacitással
- 1 db előfermentor, szilárd alapanyag adagolóval, 40m³ tároló kapacitással
- 1 db utófermentor
- 1 db erjesztett-anyag tároló
- szeparátor állomás
- 2 db végtároló
- a blokkfűtőerőmű és az áramátadáshoz szükséges berendezés (villamos művek)
- gázfáklya



4.kép: A biharnagybajomi biogáz üzem 1.
(Fotó: Hankovszky G., 2011)



5.kép: A biharnagybajomi biogáz üzem 2.
(Fotó: Hankovszky G., 2011)

A biogáz üzemben a szerves anyagból anaerob kezelés által nyert, energetikailag hasznosítható biogáz termeléséhez szubsztrátumként biomassza (pl. silókukorica) és kofermentumok (pl. szarvasmarha hígtrágya, szarvasmarha almos trágya, juh trágya) kerülnek felhasználásra. A biogáz üzembe a kofermentumok a „Dózsa” Zrt. tulajdonában álló porosközi szarvasmarha telepről tengelyen érkeznek.

A szilárd nyersanyagok, mint a silókukorica és a szarvasmarha almos trágya a szilárd-behordóval (automatika) közvetlenül a fermentorba kerülnek. A folyékony nyersanyagokat, mint pl. a szarvasmarha hígtrágyát a fogadó aknából közvetlenül az előtárolóba, majd a fermentorba szivattyúzzák. Az előfermentor és az utófermentor henger alakú vasbeton tartályok, és egy kúpalakú, gáztömör, speciális fóliával vannak borítva (gázzáró- és időjárás álló fólia). Ezáltal a tartályokban képződő biogáz közvetlenül a folyadék felszíne felett felfogható és átmenetileg tárolható. Egy további, a gáztároló puffer fólia feletti kúpalakú hordozólevegős fóliát egy radiál ventilátor tart kb. 1,5 mbar túlnyomással megfelelő formában, amely védelmet nyújt az időjárási viszonyosságokkal szemben a gáztároló fóliával részére. A végtárolók henger alakú zománcozott acél tartályok.

A fermentorban a mikrobiológiai folyamatok mezofil hőmérsékleti tartományban kb. 40 °C-on valósulnak meg. Az erjedő anyag hőn tartása a blokkfűtőerőmű gázmotorjának meleg hűtővizével történik hőcserélőn keresztül. Miután az erjesztett anyag megfelelő ideig tartózkodott a fermentorban, a gázkiválasztás után egy szivattyú-vezetéken keresztül a gáztömör tárolótartályba (utófermentor) kerül. A kieresztett anyag az utófermentorból a nyitott erjesztett-anyag tárolóba kerül, mely a szeparátor alapanyagának ideiglenes tároló tartálya. A biomasszából és a kofermentumokból az erjesztés által nagy energiatartalommal rendelkező biogáz keletkezik. A termelt biogázt a

blokkerőműbe vezetik, ahol tüzelőanyagként szolgál az áram-előállításánál. A gázmotor egy generátort hajt meg, ami villamos energiát termel. A távozó füstgáz és a hűtővíz hőenergiáját hőcserélő alkalmazásával melegvíz előállítására használják fel. A biogáz üzem és más hőt igénylő berendezések hőfelvételében az üzemeltetési technológiától és évszaktól függően ingadozások lépnek fel, ezért a felesleges hőt (hulladék hő) vészhűtőn keresztül a környezetbe juttatják.

A megtermelt áram a területi villamos energia szolgáltató hálózatába kerül betáplálásra. A motor kipufogógázából és hűtővizéből nyert hőt a biogáz erőműben technológiai hőként használják fel, esetleg más helyi vagy közeli felhasználót láthat el a biogáz üzem hőenergiával.

A biogáz erőműben az anaerob kezelés után visszamaradó fermentált anyag (lebontási maradék) a mezőgazdaságban trágyaként kerül hasznosításra és ezáltal visszakerül a mezőgazdasági üzem biológiai körfolyamatába (Első Magyar Biogáz Kft., 2009).



6.kép: szerves trágya és silókukorica tároló
(Fotó: Hankovszky G., 2011)



7.kép: hígtrágya tároló tartály
(Fotó: Hankovszky G., 2011)



8.kép: előfermentor, szilárd alapanyag adagolóval
(Fotó: Hankovszky G., 2011)



9.kép: erjesztett-anyag tároló és a
szeperátor (Fotó: Hankovszky G., 2011)



10.kép: 2 db végtároló
(Fotó: Hankovszky G., 2011)



11.kép: komposztáló üzem
(Fotó: Hankovszky G., 2011)

3.5. A vizsgálati anyagban található fontosabb elemek

Az irodalmi adatok szerint a présvíz számos, a növények számára fontos tápelemet tartalmaz, amelyeknek kedvező hatása van a növények növekedésére, fejlődésére, ezáltal a várhatótermés mennyiségére is.

3.5.1. A kalcium

A kalcium kétértékű kation, hidratációs energiája 1577 J mol^{-1} . A citoszol Ca-koncentrációja 0,1 mM, míg a vakuólumban, és az apoplazmában közel százszoros kalcium koncentrációt mérhetünk. A Ca növényélettani szerepét többen is tanulmányozták (Hanson, 1984; Kirkby and Pilbeam, 1984). Más makro elemekkel ellentétben nagy mennyiségű kalcium található a növényi szövetekben és gyakran a sejtfalban (apoplazma). Ez az eloszlás a sejtfalakban található Ca-kötőhelyekkel és a citoplazmába irányuló korlátozott transzporttal magyarázható. A kétszikű növényekben (melyeknek nagy a kation kicserélő kapacitása, aminek fontos szerepe van a növények kalciumtartalmának megoszlásában és szállításában) alacsony Ca- koncentrációnál a Ca több, mint 50%-a Ca-pektát formájában megkötődik (Armstrong and Kirkby, 1979). Az alma raktározó szövetében ez az arány 90% is lehet (Faust and Klein, 1974). Növekvő Ca-ellátás hatására sok növényenél (pl. cukorrépa, lucfenyő) nő a kalcium-oxalát mennyisége. Ezen Ca forma elveszítette mobilitását, így hozzáférhetetlen (Egmond and Breteler, 1972). A Ca-pektátban és Ca-oxalátban kötött kalcium hiánytünet okoz, miután fiziológiai aktivitása alacsony. A kalcium koncentrációja a növényi szervekben eltérő. A sejtfal közép lamellájában, a plazma membrán külső felületén, az endoplazmatikus retikulumban (ER) és a vakulómban magas a Ca koncentrációja. A vízoldható kalcium legnagyobb koncentrációban a vakulómban található. A citoszol kalcium koncentrációja nagyon alacsony - 0,1-0,2 μM (Felle, 1988; Evans et al., 1991). A kalcium passzívan jut a sejtbe a koncentráció grádiensnek köszönhetően, kiválasztása ugyanakkor energia (ATP) igényes folyamat (Jones et al., 1993) az ATPáz (Kasai and Muto, 1990). A tonoplast Ca transzportját az ATP-hez kapcsolt proton pumpa és a $\text{Ca}^{2+}/\text{H}^{+}$ antiport szabályozza (Schumaker and Sze, 1990). A kloroplaszt nagy mennyiségben raktároz kalciumot (6,5-15 mM, melynek nagy része a tilakoid membránhoz kötődik), de az alapi sejt (stroma) Ca koncentrációja csupán 2,4-6,3 μM (Kreimer et al., 1988). A gyökércsúcs mucilage kiválasztását a sejten kívüli kalcium koncentráció határozza meg. Az extracelluláris kalcium eltávolításával drasztikusan csökken a gyökércsúcsi sejtek kiválasztásának aktivitása, és gátolt a geotrópos válaszreakció a gyökérben (Bennet et al., 1990). Speciális kalciumkötő fehérje a kalmodulin. Szerepe az enzimek aktiválásában van.

A kalcium élettani szerepének összefoglalása:

- Felvétele:** Ca^{++}
- Hidképzés:** intramolekuláris (fehérjék térszerkezete)
intermolekuláris
- negatív töltéshelyek között
- membrán sruktúra

- középlemez szilárdsága (Ca-pektát)
- kromoszómák stabilitása
- gyökér, hajtáscsúcs normális növekedése
- polentömlő növekedése (termésképzés)

Hiánya:

- membránkárosodás, passzív ion ki-, beáramlás
- poliploidia
- általános szövetkárosodás

Transzportja:

- növényen belül xylémen keresztül passzívan
- citoplazmából aktív kiválasztás

Antagonizmusa:

- K – Ca (membránstabilitás) és Mg – Ca (kináz)

(Lévai, 2010)

3.5.2. A kálium

A kálium a legnagyobb mennyiségben előforduló kation a növényekben, hidratációs energiája 314 J mol^{-1} .

A kálium és a kalcium ellentétes hatású, felvételük, szállításuk és fiziológiai szerepük is eltérő (Hsiao and Läuchli, 1986). A kálium membrántranszportja lehet passzív (kálium csatornák) de az akkumulációja energiaigényes folyamat. A kálium a szénhidrát anyagcsere legtöbb enzimét specifikusan aktiválja, fontos szerepe van az ozmotikus potenciál fenntartásában, szabályozza a sztomák fotoaktív nyitódását is (Wyn et. al., 1979). A szénhidrátok szintézisét serkenti, ezáltal fontos szerepet játszik a fagytűrésben és kórtani, illetve kártani rezisztencia kialakulásában. A szacharóz membrántranszportja számos esetben káliumhoz kötött kotranszporton keresztül valósul meg. Mobilizálható elem, ezért hiánytünetei mindig az idősebb leveleken jelentkeznek.

A kálium élettani szerepének összefoglalása:

Felvétele:

K^+ (a citoplazma legnagyobb mennyiségű kationja)

Szerep:

a struktúrát, térszerkezetet módosítja

specifikus enzimaktivátor

kinázok aktiválása

- foszforilált intermedierek (anyagcsere)

- fokozott poliszacharid szintézis

(cellulóz, keményítő –szárszilárdság)

- oldható szénhidrát tart. csökken

- fokozott feh. szintézis, szabad AS csökken
- ozmotikus potenciált fokozza
- a párologtatás intenzitása csökken
- fokozott aktív vízfelvétel
- a zárósejtek működését szabályozza
- fotoszintézis serkentése, szénhidrát akkumuláció
- szacharóz transzport (K^+ szach. szimport)

(Lévai, 2010)

3.5.3.A magnézium

A magnézium kétértékű kation, melynek hidratációs energiája 1905 J mol^{-1} . A magnézium felvételét más kationok befolyásolják, pl. K^+ és NH_4^+ (Kurvits and Kirkby, 1980), Ca^{2+} és Mn^{2+} (Heenan et al., 1981). A más kationok által indukált magnéziumhiány elég gyakori jelenség. A magnézium a klorofill központi eleme, így a zöld levelekben fontos funkciója van. A növény magnézium tartalma nagymértékben függ a magnézium készlettől (Michael, 1941).

Kedvezőtlen fényviszonyok mellett a klorofill magnézium tartalma nagyobb, mint 50% (Dorenstouter et al., 1985). A magnézium 6-25%- a klorofillhoz, 5-10%- a sejtfalak pektin anyagához kötődik, vagy alig oldódó csapadék formájában (pl. foszfát) a vakulomban raktározódik és a maradék 60-90% vízzel kioldódik. A túlzott magnézium ellátásnak toxikus tünetei lehetnek, a növekedés csökken, és hiánytünetek jelennek meg. A kifejlett levél szövetek sejtjeinek 15%-át a kloroplaszt foglalja le, 5%-át a citoplazma és a sejtfal, a maradék 85%-ot a vakulom (Cowan et al., 1982; Leigh and Wyn Jones, 1986). A magnézium koncentrációja a levél metabolikus gyűjtőhelyein (citoplazma, kloroplasztis) 2-10 mM (Leigh and Wyn Jones, 1986). A vakulomban található magnéziumnak szintén nagy szerepe van a magnézium homeosztázisában. A norvégiai lucfenyő tűleveleiben a vakulom magnézium koncentrációja 13-17 mM a mezofillum sejtekben, az endodermisz sejtekben 16-20 mM. Az endodermisz sejtek magas magnézium koncentrációjának szerepe van a magnézium homeosztázis fenntartásában a vegetációs periódusban. A vakuólum magnéziumja befolyásolja a kation-anion egyensúly fenntartását és sejtek turgorát is szabályozza (Stelzer et al., 1990). 5 mM-os magnézium koncentrációnál a fotoszintézis gátlását tapasztalták (Wu et al., 1991).

A magnézium nélkülözhetetlen eleme a kináz típusú foszforilálási reakcióknak, ezért hiányában általános az anyagcsere zavara.

Az utóbbi évek nagyarányú műtrágya felhasználásával megnőtt a Mg kivétele a talajból. A Mg felvételét a talaj pH-ja jelenősen meghatározza. Legkisebb a Mg-hiány veszélye a pH 5 körül. A Mg-hiány tünetei először az idősebb leveleken, a levélerek között mutatkoznak.

A magnézium élettani szerepének összefoglalása:

Felvétele: Mg^{2+}

Fiziológiai szerep: Mg-komplexek, Mg-porfirin (klorofill)

Fehérjeszintézis

- hidképző a riboszómák alegységei között

- aminosav tRNS kapcsolat

- katalizálja a terminációt

Energiaforgalom

- kinázokat, ATP-ázokat aktiválja (E-Mg-ATP)

Serkenti a tápanyagfelvételt (Pl.: foszfor)

(Lévai, 2010)

3.5.4. A foszfor

A növények a foszfort foszfátionok formájában hasznosítják. A foszfátfelvétel a gyökércsúcs mögötti 20-30 mm-es zónában történik. A felvett foszfát a gyökér kéregszövetében szimplazmás úton szállítódik. A talajoldat és a xilémnedv foszfátkoncentrációja között 400- szoros különbség van. A xilémben főleg szervesetlen foszfát formájában szállítódik.

A növények megfelelő növekedéséhez kívánatos foszfor mennyisége a növényi száraz anyag 0,3-0,5%-a. Foszfor toxicitás a száraz anyag 1%-nál nagyobb foszfor koncentrációnál következik be. Foszforhiányban károsodik a szénhidrát- és nitrogén- anyagcsere, a növény növekedésében visszamarad. A foszforhiányos növényeknél csökken a levél vastagság, a levélfelület (Fredeen et al., 1989) és a levelek száma (Lynch et al., 1991). Foszforhiány hatására a klorofill-tartalomban több esetben is növekedést figyeltek meg (Rao and Terry, 1989), a levelek rendszerint sötétebbek (Hecht-Buchholz, 1967), azonban klorofillonként a fotoszintetikus hatékonyság sokkal alacsonyabb a foszforhiányos növényeknél (Lauer et al., 1989). A hajtás növekedésével szemben a gyökér növekedése sokkal kevésbé gátolt, ami a hajtás-gyökér arány csökkenéséhez vezet. Foszforhiányban szenvedő növényeknél a virágkezdemény késleltetett (Rossiter, 1978) a virágok száma csökken (Bould and Parfitt, 1973), a magképződés korlátozott (Barry és Miller, 1989).

Lúgos talajon, és foszforhiányos körülmények között termesztett szántóföldi növényeknél a teljes foszfor tartalom nagyon alacsony, a foszfor mozgékonyága és a gyökér növekedése korlátozott (Welp et al., 1983).

A foszfor élettani szerepének összefoglalása:

Felvétele: anionként H_2PO_4^- vagy HPO_4^{2-} formában

Előfordulása:

- fitin (raktározott foszfor)
- foszfolipidek (membránok)
- nukleinsavak (transzkripció, transzláció)
- nukleotidok (NAD, FAD)
- foszforilált intermedierek
- anhidridek (ATP)

Intermolekuláris kölcsönhatás:

- membránokban
- génaktivitás (DNS-HISZTON)

Serkentő hatás:

- anyagcserét (fiatal szervek P igénye, reutalizálható)
- differenciálódást (gyökernövekedés, termésképzés)

Enzimei:

- foszforiláz: $\text{X} + \text{Pa} \longrightarrow \text{XP}$
- foszfatáz: $\text{XP} \longrightarrow \text{X} + \text{Pa}$
- (foszfo)kináz: $\text{ATP} + \text{X} \longrightarrow \text{XP} + \text{ADP}$
- ATP-ázok (Klp, Mit) $\text{ADP} + \text{Pa} + \text{E} \longrightarrow \text{ATP}$
- Membrántranszporthoz kötötten: $\text{ATP} \longrightarrow \text{ADP} + \text{Pa} + \Delta\text{H}^+$

Fokozott igény: vegetatív fejlődés – termésképzés

(Lévai, 2010)

3.5.5. A kén

A légkör SO_2 tartalmát a növények képesek felvenni és felhasználni, de a legfontosabb kénforrás a gyökerek által felvett szulfát. A két-vegyértékű szulfácion felvétele viszonylag alacsony pH tartományban történik és a xylem transzporthal szállítódik.

A növekedéshez szükséges optimális kén mennyisége a száraz anyag 0,1-0,5%-a. Legnagyobb a kénigénye a keresztesvirágúaknak (*Cruciferae*), ezt követik a hüvelyesek (*Leguminosae*) majd a pázsitfűfélék családja (*Graminae*).

Kénhiányban szenvedő növényeknél a hajtás növekedése jobban akadályozott, mint a gyökéré. A paradicsom hajtás-gyökér aránya 4,4 - megfelelő kénellátásnál - ami kénhiány hatására 2,0-re

csökken (Edelbauer, 1980). Dietz (1989) kísérletei alapján a mezofillumra eső kloroplasztok száma csökkent spenóton végzett vizsgálataiban. A levelek klorofill tartalmában bekövetkezett drasztikus csökkenés a kénhiány egyik jellegzetes sajátossága (Burke et al., 1986; Dietz, 1989). A kén tartalmú aminosavak fehérjeépítők, ezért kénhiányában a fehérjeszintézis akadályozott, oldható nitrogénvegyületek halmozódnak fel, s egy idő után a nitrogénhiányra jellemző klorózis tünetei jelennek meg (Karmoker et al., 1991). A kénhiányos növényekben a kén eloszlását a nitrogén is meghatározza: kénhiányos tünetek alakulnak ki a fiatal levelekben, ahol magas a nitrogén tartalom, vagy az idősebb levelekben, ahol alacsony (Robson and Pitman, 1983).

A kén élettani szerepének összefoglalása:

Felvétele: anionként, SO_4^{2-} formában

Előfordulása:

- S-tartalmú aminosavak (cisztein, metionin) FEH. SZINT.
- glutation (S-S, 2SH) SH SZINT, TÉRSZERKEZET
- Fe-S protein (ferredoxin) REDOXFOLYAMATOK
(fotoszintézis, légzés, N-kötés, nitrát-redukció, szulfát redukció)
- KoA-SH
- Biotin
- Liponsav
- Thiamin

Anyagcseréje: a redukciója (szerves vegyületekben redukáltan található)

(Lévai, 2010)

4. Anyag és módszer

4.1. A minták gyűjtése

A vizsgálatokhoz a présvizet a biharnagybajomi biogáz üzemből gyűjtöttem, a telepvezető engedélyével. A biogáz üzem felépítését és technológiáját a 3.4.-es fejezetben részletesen ismertettem.

4.2. A vizsgálat tárgya

Vizsgálatom tárgya az, hogy meggyőződjünk arról, hogy a környezetterhelő műtrágyák használatát lehet-e környezetkímélő technológia bevezetésével csökkenteni. Manapság egyre nagyobb szerepet kap környezetünk védelme, ezért fontosnak érzem a téma hangsúlyozását.

4.3. A minták kémiai analízise

A standard oldatok előállításához Merck gyártmányú (E. Merck, Darmstadt, Németország) alt. minőségű cc. HNO_3 (65 %) oldatot használtunk. A törzsoldatok készítéséhez Merck és BDH gyártmányú standard oldatokat, valamint REANAL gyártmányú (Budapest) alt. tisztaságú szilárd vegyszereket alkalmaztunk.

A mosogatáshoz, továbbá az oldatok előkészítéséhez használt nagytisztaságú vizet egy kétlépcsős Millipore (Millipore, Párizs, Franciaország) víztisztító berendezés segítségével állítottuk elő. A csapvízből az első lépcsőben egy fordított ozmózis elvén működő MILLI-RO 5 PLUS berendezés 10-15 μS vezetőképességű vizet állít elő, a második lépcsőben pedig a MILLI-Q RG egy ioncserés, baktériumszűrővel ellátott készülék ezt tisztítja tovább. A MILLI-Q RG készülékből 0,05 μS vezetőképességű, gyakorlatilag baktérium,- és só mentes vizet kapunk.

Analitikai meghatározáshoz egy OPTIMA 3300 DV típusú induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométert (ICP-OES) alkalmaztunk, melynek az alábbi paraméterei vannak:

ICP-OE spektrométer:

típusa:	OPTIMA 3300 DV
gyártó:	Perkin-Elmer Ltd.

optikai rendszer:	Echelle-rendszerű, argon gázzal öblített
hullámhossz tartomány:	160-782 nm
RF generátor:	40MHz
detektor:	szilárdtest áramkör detektálás, SCD
plazma megfigyelés:	axiális
porlasztó típusa:	koncentrikus (Meinhard Type A)
a perisztaltikus pumpacső típusa:	fekete-fekete
az optikai rendszer felbontása:	normál
feloldóképesség:	0.007 nm

Az ICP-OES berendezés változtatott paraméterei és értékei

Kicsatolt teljesítmény:	1300 W
Porlasztógáz áramlási sebesség:	0,8 dm ³ /min.
Hűtőgáz áramlási sebesség:	15 dm ³ /min.
Segédgáz áramlási sebesség:	0,5 dm ³ /min.
Mintabetáplálás sebessége:	1 cm ³ /min.
Plazma megfigyelési magassága:	15 mm

A vizsgálatainkban a háttérmérés helyéül általában 2-pontos, kevés esetben 1-pontos háttérkorrekciót alkalmaztunk. A kalibrációs pontokra általában nemlineáris, kevés esetben lineáris kalibrációs egyenletet illesztettünk.

Az elemtartalom meghatározásához a hajtást és a gyökérzetet külön készítettem elő a roncsoláshoz (ICP mérés).



12.kép: A növényi minták előkészítése az elemtartalom méréshez (Fotó: Hankovszky G.,2011)

4.4. Relatív klorofill tartalom meghatározása

A klorofill méréshez a növények első, illetve második legfiatalabb, de már teljesen kifejlett leveleit használtam. A relatív klorofill tartalmat SPAD-502 (MINOLTA, Japán) Chlorophyll Meter-rel mértem.

4.5. Száraz tömeg mérés

A száraz tömeg meghatározásához a mintákat 85°C-on tömegállandóságig szárítottam, majd szobahőmérsékletre történt visszahűtés után analitikai mérlegen (OHAUS) mértem.

4.6. Toxicitás teszt

A toxicitási teszthez fehér mustármagokat (*Sinapsis alba* L.) használtam. A vizsgálati anyagokat és a szűrletet a Petri csésze aljára helyezett szűrőpapírra helyeztem, majd nedvesítettem és nedves szűrőpapírral fedtem. A mustár magvakból minden Petri csészébe 100 szemet raktam. Összesen 4 kezelést és egy kontrollt állítottam be.

4.7. A növények nevelése

Kísérleti növényként kukoricát (*Zea mays* L. cv. *Norma* sc), illetve napraforgót (*Helianthus annuus* L. cv. *Arena*) használtunk. A magvak felületének fertőtlenítését 5x-ös hígítású H₂O₂-vel végeztük el. A fertőtlenített magvakat desztillált vízzel többször öblítettük, majd 10 mmolos CaSO₄ oldatban 4 óráig áztattuk a jobb csírázás érdekében. A magvakat nedves szűrőpapír között csíráztattuk, úgy, hogy a csíranövények polaritása természetes legyen. A termosztát hőmérséklete 22 °C volt. A 4 cm-es hipokotilú napraforgó, és az ugyanekkora koleoptillal bíró kukorica csíranövényeket tápoldatra helyeztük. A növények neveléséhez az alábbi összetételű tápoldatot használtuk: 2,0mM Ca(NO₃)₂, 0,7mM K₂SO₄, 0,5mM MgSO₄, 0,1mM KH₂PO₄, 0,1mM KCl, 10μM H₃BO₃, 1μM MnSO₄, 1μM ZnSO₄, 0,2 μM CuSO₄, 0,01μM(NH₄)₆Mo₇O₂₄. A növények a vasat 10⁻⁴M Fe-EDTA formában kapták.

A présvízből különböző koncentrációjú oldatokat készítettünk és ezt adtuk a tápoldathoz. 1,7 L-es edényekben neveltem a kísérleti növényeimet. Nyolc féle kezelést állítottam be.

1.: Desztillált víz

2.: Kontroll, tápoldat (kukorica - Monocot, napraforgó – Dicot + 1,7 ml Fe-EDTA

3.: 8,5 ml présvíz + 170 ml törzsoldat + 1,7 ml Fe-EDTA

4.: 17 ml présvíz + 170 ml törzsoldat + 1,7 ml Fe-EDTA

5.: 85 ml présvíz + 170 ml törzsoldat + 1,7 ml Fe-EDTA

6.: 8,5 ml présvíz + 170 ml törzsoldat + 1,7 ml Fe-EDTA + 1,7 ml biotrágya

7.: 17 ml présvíz + 170 ml törzsoldat + 1,7 ml Fe-EDTA + 1,7 ml biotrágya

8.: 85 ml présvíz + 170 ml törzsoldat + 1,7 ml Fe-EDTA + 1,7 ml biotrágya

A környezeti feltételek szabályozottak voltak: a fényintenzitás $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, a hőmérséklet periodicitása 25/20°C (nappal/éjjel), a relatív páratartalom (RH) 65-75%, a megvilágítás/sötét periódus 16 óra/8 óra volt. A növények nevelésére a Növénytudományi Intézet, Mezőgazdasági Növényteni és Növényélettani nem önálló Tanszék klímaszobájában került sor.



13.kép: napraforgó nevelése a klímaszobában (Fotó: Hankovszky G., 2011)



14.kép: mustármag csíráztatás a termosztátban (Fotó: Hankovszky G., 2011)

4. 8. Az alkalmazott biotrágya

Az alkalmazott biotrágya viszkózus folyadék, mely két baktériumot, az *Azotobacter chroococcumot* ($1-2 \times 10^9$ db cm^{-3}) és a *Bacillus megatheriumot* ($1-2 \times 10^8$ db cm^{-3}) tartalmazza, a használata biogazdálkodásban is ajánlott.

4. 9. Eredmények kiértékelése

Az eredmények statisztikai kiértékeléséhez Microsoft Excel 2003 és Sigma Plot 8.0 verziót használtunk.

5. Kísérleti eredmények és értékelésük

5.1. A vizsgálati anyagban található elemek

A célirányos vizsgálatok elvégzéséhez szükség volt a vizsgált anyag elemtartalmának előzetes meghatározásához, az „Anyag és módszer” fejezetben leírtak szerint. A vizsgálatok eredményét az 1. táblázatban foglaltam össze.

1. táblázat: A vizsgált elemek koncentrációja (mg kg^{-1}) a biogáz gyártása során keletkezett présvízben

Elemek	mg kg^{-1}	Elemek	mg kg^{-1}
Al	109	B	3,19
Ba	4,29	Ca	1411
Cd	0,12	Cr	0,39
Cu	3,89	Fe	157
K	2651	Li	0,24
Mg	433	Mn	14,6
Na	454	Ni	<1
P	448	S	405
Sr	6,4	Zn	18,8

A táblázatból kitűnik, hogy a vizsgált anyagban számos elem van. Vizsgálataimhoz kiválasztott elemeket piros színnel jelöltem a táblázatban. A jelölt elemek fiziológiai hatásai rendkívül összetettek. A kalcium a gyökér normális növekedéséhez elengedhetetlen. Ca-mentes tápoldaton nevelt növények gyökerei nem növekednek, csúcsi részük elnyálkásodik, megbarnul, majd elhal. A kalciumnak nagy szerepe van a gyümölcstermesztésben. Almafák termése hiányos kalcium ellátásnál csökken, a szövetrészek összesnek, és a gyümölcsön barna foltok keletkeznek. A kálium a legnagyobb mennyiségben előforduló kation a növényekben. A kálium fokozza a termésbiztonságot, mert nagy szerepe van a betegségekkel szembeni ellenállóság kialakulásában, vízháztartásban, megdőlés veszélyének csökkentésében és a fagytűrésben. A magnéziumnak a foszforilálási reakciók kofaktora. Foszforhiányban károsodik a szénhidrát- és nitrogén anyagszere, a növény növekedésben visszamarad.

5.2. A minták hatása a mustár csírázására

A mustár az egyik legérzékenyebb növényünk, ezért toxicitási vizsgálatokban általánosan használt. A présvízből hígítási sorozatot készítettünk és mindegyik oldatból 2,5 ml-t pipettáztunk egy 12 cm átmérőjű Petri-csészébe, majd szűrőpapírt helyeztünk rá. Mindegyik csészébe 100-100 db előre kiszámolt mustármagot tettünk. Az ellenőrzött vizsgálatok során a biogáz üzemből származó présvíz különböző koncentrációjú oldatának pH-ja 7,81-8,62 között volt. A csíráztatási kísérlet adatait a 2. táblázatban foglaltuk össze.

2. táblázat: Különböző kezelések hatása a mustár csírázására, $n=3 \pm S.E.$ Szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva: $**p<0.01$; $***p<0.001$.

kezelések	1.nap	2.nap	3.nap	4.nap
kontroll	90,00 $\pm$ 2,64	4,66 $\pm$ 2,30	2,33 $\pm$ 1,52	1,33 $\pm$ 2,30
1x	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00	2,33 $\pm$ 1,52	15,00 $\pm$ 5,00***
10x	80,66 $\pm$ 4,04	13,00 $\pm$ 2,64	2,33 $\pm$ 2,51	1,33 $\pm$ 0,57
100x	87,33 $\pm$ 3,51	5,66 $\pm$ 0,57	3,00 $\pm$ 1,73	2,00 $\pm$ 1,00
1000x	90,00 $\pm$ 1,73	6,33 $\pm$ 1,15	1,33 $\pm$ 1,15	0,66 $\pm$ 0,57

Vizsgálatunk során tapasztaltuk, hogy a vizsgálat 1. napján az 1000X-es hígítás vizsgálatakor a kontrollal megegyező értéket kaptunk. A 2. napon a 10X, 100X és 1000X hígítás növelte a csírázási %-ot a kontrollhoz képest. A 3. napon a kontrollhoz képest jelentős eltérést nem tapasztaltunk. A 4. napon az 1X hígítás szignifikánsan növelte a csírázási százalékot a kontrollhoz képest.

5.3. A vizsgált anyag hatása a tápoldaton nevelt növények elem-felvételére

Bármely elem fiziológiai hatása akkor közvetlen, amennyiben azt a növény felveszi. A felvett ionokat a növény a hajtás különböző részeibe szállítja a transzspirációs árammal. Vizsgálataimat kukorica és napraforgó növényekkel végeztem, mivel az egy- és kétszikűek tápanyagfelvételében, a felvétel mechanizmusában jelentős különbségek vannak. A kétszikűek érzékenyebbek a rizoszféra pH-jára, már enyhén bázikus körülmények gátolják tápanyagfelvételüket azáltal, hogy a magas pH semlegesíti a gyökerek proton kiválasztását, ezért a H^+ -hoz kötött transzportfolyamatok, mint az antiport és a szimport erősen gátlódnak. A mérési eredményeket a 3-6. táblázatokban foglaltam össze.

5.3.1 A vizsgált elemek koncentrációja a kukorica hajtásában

3. táblázat: A vizsgált elemek koncentrációja (Ca, K, Mg, P, S) különböző kezelések hatására (1: deszt.víz, 2: kontroll, 3: tápoldat + 5 ml présvíz, 4: tápoldat + 10 ml présvíz, 5: tápoldat + 50 ml présvíz, 6: tápoldat + 5

ml présvíz + 1 ml biotrágya, 7: tápoldat + 10ml présvíz + 1 ml biotrágya, 8: tápoldat + 50 ml présvíz + 1ml biotrágya, a kukorica hajtásában, (mg kg⁻¹)

Elemek	1	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Ca	1010	6842	5689	6071	3541	5938	5124	3644
K	8493	77070	58265	62382	45159	64617	72206	43588
Mg	2585	1958	2149	2429	2210	2255	1703	2242
P	7237	16410	14721	16764	10766	15049	18887	10038
S	1875	3059	3416	4016	3903	4102	3559	4108

A kukorica hajtásának elemtartalom vizsgálatakor a Ca és K koncentrációja a kontroll növénynél volt a legmagasabb. A kezelések csökkentették a hajtás Ca és K tartalmát a kontrollhoz képest. A Mg mennyisége a 7. kezelést kivéve emelkedett a kezelések hatására. Ami érdekes, hogy a desztillált vízen nevelt kukorica hajtásában nagyobb volt a Mg mennyisége, mint a kontrollban. A P koncentrációja a 4. és 7. kezelés hatására emelkedett, míg az összes kezelés emelte a hajtásban található S mennyiségét.

5.3.2. A vizsgált elemek koncentrációja a kukorica gyökerében

4. táblázat: A vizsgált elemek koncentrációja (Ca, K, Mg, P, S) különböző kezelések hatására (1: deszt.víz, 2: kontroll, 3: tápoldat + 5 ml présvíz, 4: tápoldat + 10 ml présvíz, 5: tápoldat + 50 ml présvíz, 6: tápoldat + 5 ml présvíz + 1 ml biotrágya, 7: tápoldat + 10ml présvíz + 1 ml biotrágya, 8: tápoldat + 50 ml présvíz + 1 ml biotrágya, a kukorica gyökerében, (mg kg⁻¹)

Elemek	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Ca	604	3584	5982	7189	5555	5239	4641	5521
K	7125	19078	30306	13418	8341	37377	17622	12286
Mg	404	1814	2374	1577	1154	2598	1691	1701
P	2776	3897	6794	5229	5079	8001	4950	6081
S	1426	4058	7151	5375	5951	7551	5916	7933

A kukorica gyökerekben nagyobb mennyiségű S volt, a kontroll növények hajtásaihoz viszonyítva. Az összes kezelés növelte a gyökér Ca, P és S tartalmát a kontrollhoz képest. A Ca mennyisége 2-szer nagyobb volt a 4. kezelésnél, mint a kontrollnál. A foszfor mennyisége a kontrollhoz képest 2-szer nagyobb volt a 6. kezelés hatására. A 3. és 6. kezelés hatására nőtt a kukorica gyökerének K és Mg tartalma is.



15.kép: Desztillált víz hatása a kukorica növekedésére (Fotó: Hankovszky G., 2011)



16.kép: Tápoldat hatása a kukorica növekedésére (Fotó: Hankovszky G., 2011)



17.kép: 8,5 ml présvíz hatása a kukorica növekedésére (Fotó: Hankovszky G., 2011)



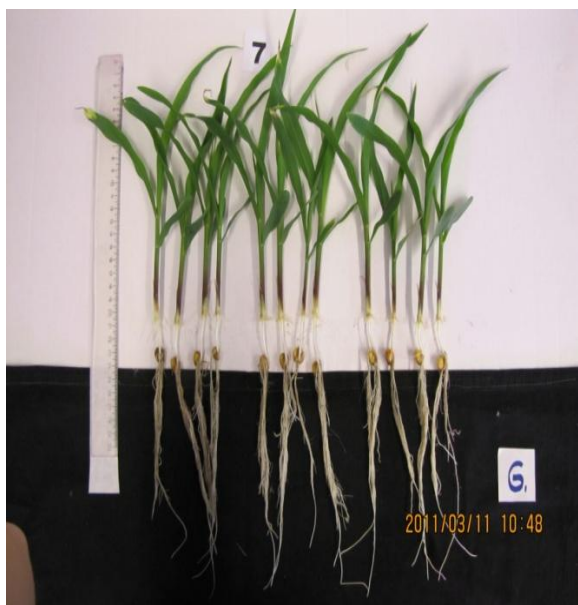
18.kép: 17 ml présvíz hatása a kukorica növekedésére (Fotó: Hankovszky G., 2011)



19.kép: 85 ml présvíz hatása a kukorica növekedésére (Fotó: Hankovszky G., 2011)



20.kép: 8,5 ml présvíz + biotrágya hatása a kukorica növekedésére (Fotó: Hankovszky G., 2011)



21.kép: 17ml présvíz + biotrágya hatása a kukorica növekedésére (Fotó: Hankovszky G., 2011)



22.kép: 85ml présvíz + biotrágya hatása a kukorica növekedésére (Fotó: Hankovszky G., 2011)

5.3.3. A vizsgált elemek koncentrációja a napraforgó hajtásában

5. táblázat: A vizsgált elemek koncentrációja (Ca, K, Mg, P, S) különböző kezelések hatására (1: deszt.víz, 2: kontroll, 3: tápoldat + 5 ml présvíz, 4: tápoldat + 10 ml présvíz, 5: tápoldat + 50 ml présvíz, 6: tápoldat + 5 ml présvíz + 1 ml biotrágya, 7: tápoldat + 10ml présvíz + 1 ml biotrágya, 8: tápoldat + 50 ml présvíz + 1 ml biotrágya, napraforgó hajtásában, (mg kg⁻¹)

Elemek	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Ca	18262	29761	27339	20796	16132	18742	25006	31448
K	6590	56250	61923	55799	50353	54399	60847	59059
Mg	2774	3827	3545	3361	4300	4435	3907	4347
P	2917	6954	9595	8765	7999	9003	9040	9726
S	2448	5257	6739	6512	8458	9314	8245	6740

A vizsgált elemek nagyobb mennyiségben voltak kimutathatók a napraforgó hajtásában, mint a kukoricában. A P és K mennyisége emelkedett a különböző kezelések hatására, míg a Mg mennyisége csak az 5.,6.,7. és 8. kezeléseknél nőtt. A 3-as, 7-es és 8-as kezelés a K mennyiségére is kedvező hatással volt és a 8-as kezelés is kedvezően hatott a Ca-ra is.

5.3.4. A vizsgált elemek koncentrációja a napraforgó gyökerében

6. táblázat: A vizsgált elemek koncentrációja (Ca, K, Mg, P, S) különböző kezelések hatására (1: deszt.víz, 2: kontroll, 3: tápoldat + 5 ml présvíz, 4: tápoldat + 10 ml présvíz, 5: tápoldat + 50 ml présvíz, 6: tápoldat + 5 ml présvíz + 1 ml biotrágya, 7: tápoldat + 10ml présvíz + 1 ml biotrágya, 8: tápoldat + 50 ml présvíz + 1 ml biotrágya, a napraforgó gyökerében, (mg kg⁻¹)

Elemek	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Ca	4558	5450	3478	2962	5517	2474	3084	6758
K	5311	79977	44120	49022	22218	12577	25628	56099
Mg	394	1203	981	1001	1428	690	997	1921
P	2809	9484	9273	10742	9131	4532	8764	14906
S	2322	4609	5736	6680	7243	3880	6432	11941

A napraforgó gyökerében a S mennyisége mintegy 1,45-ször nagyobb volt a 4. kezelés hatására. Ez az érték az 5-ös kezelésnél 1,5-szer, a 8-as kezelésnél 2,5-ször volt nagyobb, mint a kontroll gyökerben. A P és Mg koncentrációja 1,5-szer nőtt a 8-as kezelésnél a kontrollhoz képest. A K koncentrációja a kontrollhoz viszonyítva az összes kezelés hatására csökkent. A Ca koncentrációja a 8-as kezelés kivételével csökkent a kontrollhoz képest.



23.kép: 8,5ml présvíz hatása a napraforgó növekedésére a desztillált vízhez (K) és a tápoldathoz viszonyítva (Fotó: Hankovszky G., 2011)



24.kép: 17ml présvíz hatása a napraforgó növekedésére a desztillált vízhez (K) és a tápoldathoz viszonyítva (Fotó: Hankovszky G., 2011)



25.kép: 85ml présvíz hatása a napraforgó növekedésére a desztillált vízhez (K) és a tápoldathoz viszonyítva (Fotó: Hankovszky G., 2011)



26.kép: 8,5ml présvíz + biotrágya hatása a napraforgó növekedésére a desztillált vízhez (K) és a tápoldathoz viszonyítva (Fotó: Hankovszky G., 2011)



27.kép: 17ml présvíz + biotrágya hatása a napraforgó növekedésére a desztillált vízhez (K) és a tápoldathoz viszonyítva (Fotó: Hankovszky G., 2011)



28.kép: 85ml présvíz + biotrágya hatása a napraforgó növekedésére a desztillált vízhez (K) és a tápoldathoz viszonyítva (Fotó: Hankovszky G., 2011)

5.3.5. A kukorica gyökér és hajtás száraz tömege, hajtás hossza

7. táblázat: Kukorica gyökér és hajtás száraz tömege, hajtáshossza különböző kezelések hatására (1: deszt.víz, 2: kontroll, 3: tápoldat + 5ml présvíz, 4: tápoldat + 10ml présvíz, 5: tápoldat + 50ml présvíz, 6: tápoldat + 5ml présvíz + 1 ml biotrágya, 7: tápoldat + 10ml présvíz + 1 ml biotrágya, 8: tápoldat + 50ml présvíz + 1 ml biotrágya ($g\ növény^{-1}$) $n=12 \pm S.E.$ Szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva: $**p<0.01$, $***p<0.001$.

A növények szerves anyag felhalmozása bonyolult biokémiai folyamatok összessége. Alapvetően a fotoszintézis és a légzés különbsége adja azt a szerves anyag tömeget, ami pl. egy vegetációs periódus végén a biológiai termést jelenti. Ennek egy része a „gazdasági termés”, amit különböző céllal felhasználnak. A környezeti tényezők mindkét folyamat intenzitását meghatározzák, miközben a növény ultrastruktúrája, annak aktivitása a környezeti hatások érvényesülésének a feltételei.

kezelések	hajtás	gyökér	hajtáshossz (cm)
1	0,0439± 0,01	0,035± 0,013	12,65± 1,96
2	0,12± 0,04	0,035± 0,007	23,17± 4,89
3	0,091± 0,02	0,021± 0,008***	19,43± 3,42*
4	0,082± 0,02*	0,02± 0,005	19,35± 1,93*
5	0,096± 0,02	0,015± 0,002***	19,70± 1,58*
6	0,075± 0,02**	0,016± 0,004***	18,13± 2,14**
7	0,125± 0,03	0,027± 0,013	21,81± 3,21
8	0,084± 0,03*	0,013± 0,006***	18,02± 4,21**

A kukorica szárazanyag felhalmozását vizsgálva megállapítottuk, hogy a 7. kezelésnél nőtt a hajtás szárazanyag felhalmozása, de a gyökér száraz tömege a kontrollhoz képest csökkent. A 6. kezelésnél a hajtás és a gyökér szerves anyag felhalmozása szignifikánsan csökkent a kezelés hatására. A hajtáshossz csökkenés a 7. kezelésnél volt a legkisebb, de a többi kezelés szignifikánsan csökkentette a kukorica hajtásának hosszát.

5.3.6. A napraforgó gyökerének és hajtásának száraz tömege

8. táblázat: Napraforgó gyökerének és hajtásának száraz tömege különböző kezelések hatására (1: deszt.víz, 2: kontroll, 3: tápoldat + ,5ml présvíz, 4: tápoldat + 10ml présvíz, 5: tápoldat + 50ml présvíz, 6: tápoldat + 5ml présvíz +1 ml biotrágya, 7: tápoldat + 10ml présvíz + 1 ml biotrágya, 8: tápoldat + 50ml présvíz +1 ml biotrágya, (g növény⁻¹) n=12± S.E. Szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva: **p<0.01,***p<0.001.

Az 5. kezelés kivételével nőtt a napraforgó hajtásának száraz tömege. A 3. kezelés hatására 18%-kal nőtt a hajtás szerves anyag felhalmozása. Ez az érték a 4-es kezelésnél 30%, a 6-os kezelésnél 34% volt. A 7-es és 8-as kezelésnél a növekedés kisebb mértékű volt. A 7-es kezelés 17%-kal, míg a 8-as kezelés 7%-kal növelte a szerves anyag felhalmozást.

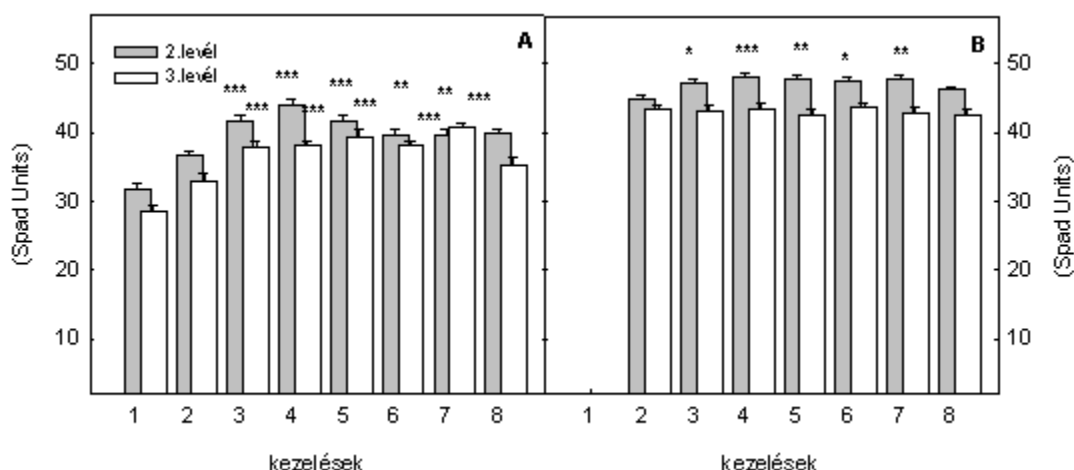
kezelések	hajtás	gyökér
1	0,044 ± 0,01	0,018 ± 0,01
2	0,433 ± 0,09	0,103 ± 0,02
3	0,513 ± 0,09***	0,105 ± 0,03
4	0,564 ± 0,12***	0,107 ± 0,04
5	0,422 ± 0,09***	0,038 ± 0,01***
6	0,580 ± 0,11***	0,104 ± 0,02
7	0,509 ± 0,11***	0,070 ± 0,01**
8	0,465 ± 0,11***	0,042 ± 0,01***

Ezek a növekedések szignifikánsak voltak. A gyökér száraz tömegére a 3., 4. és 6. kezelés volt kedvező hatással. A 3-as kezelés hatására 2%-kal nőtt a napraforgó szerves anyagának felhalmozása, a 4-es kezelésnél 4%-kal, míg a 6-os kezelésnél 1%-kal. Az 5-ös, 7-es és 8-as kezelés szignifikánsan csökkentette a napraforgó gyökerének száraz tömegét.

5.3.6. A kukorica és a napraforgó relatív klorofill tartalom alakulása

9. ábra: Relatív klorofill tartalom alakulása különböző kezelések hatására (1: deszt.víz, 2: kontroll, 3: tápoldat + 5ml melléktermék, 4: tápoldat + 10ml melléktermék, 5: tápoldat + 50ml melléktermék, 6: tápoldat + 5ml melléktermék + 1 ml Phy, 7: tápoldat + 10ml melléktermék + 1 ml Phy, 8: tápoldat + 50ml melléktermék + 1 ml Phy, Phy: Phylazonit baktérium alapú biotrágya) kukorica (A) és napraforgó (B) 2. és 3. levelében (Spad Units) $n=60 \pm$ S.E. Szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva: ** $p<0.01$, *** $p<0.001$.

A kukorica 2. és 3. levelének klorofill tartalma - a 8-as kezelést kivéve- kontrollhoz képest minden kezelés hatására szignifikánsan növekedett. A 3. kezelés hatására a második és harmadik levél relatív klorofill tartalma 5 Spad egységgel nőtt. Ez az érték a 4. kezelésnél a második levélben 7, a harmadik levélben 5 Spad egység volt. Az 5. kezelésnél a második levél relatív klorofill tartalma 5, a harmadik levél 6 Spad egységgel nőtt. A 6. kezelésnél a kukorica második levélben a növekedés kisebb volt – 3 Spad egység, a harmadik levélben 5 Spad egység. A 7. kezelésnél a kukorica harmadik levelének relatív klorofill tartalma 7,5 Spad egységgel nőtt.



A napraforgónál az 1. kezelésnél nem tudtunk klorofill tartalmat mérni, mert a levelek nem fejlődtek ki megfelelően. A napraforgó harmadik levelének relatív klorofill tartalma nem változott jelentősen. A második levélben a relatív klorofill tartalom 3 Spad egységgel nőtt a 4., 5. és 7. kezelések hatására. A 3. kezelés 2, a 6. kezelés 2,5 Spad egységgel növelte a relatív klorofill tartalmat a kontrollhoz viszonyítva.

6. Következtetések

A melléktermékként keletkezett présvíz a növények számára nélkülözhetetlen, létfontosságú elemeket tartalmaz jelentős koncentrációban. A mért elemek koncentrációja optimálishoz közelinek tekinthető, így jelentős tápanyag-kiegészítő lehet a növények tápanyag-utánpótlásában. Jelentőségét fokozza, hogy egy melléktermék újrahasznosításáról lehet szó, tehát környezetvédelmi szerepe is jelentős.

A különböző koncentrációban alkalmazott biogáz üzemi melléktermék növényfiziológiai vizsgálatai alapján azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a különböző koncentrációban alkalmazott melléktermék hatása eltérő volt a két vizsgálati növényen. A kukorica érzékenyebben reagált a különféle kezelésekre, mint a napraforgó. Ez a két növény eltérő tápanyag-felvételi mechanizmusával magyarázható.

A melléktermékkel kiegészített tápoldaton nevelt növények tápelem összetételében ugyanakkor nem mutatkozott számottevő különbség. Ebből arra a következtetésre jutottunk, hogy a növény a tápoldatból nem vette fel, illetve nem akkumulálta a melléktermékben található elemeket, ezért a növekedés gátlása más okra, megítélésünk szerint pH-, vagy ozmotikus stresszre vezethető vissza – a kukoricánál. A növények gyökerei jelentős mennyiségű sav kiválasztására is képesek. A rizoszféra pH viszonyai meghatározzák a gyökerek által kiválasztott szerves savak mennyiségét. A tápoldatok pH-jának ellenőrzésekor a gyökerek pH-át kompenzáló hatása kimutatható volt. Tápoldat csere alkalmával a gyökerek által kiválasztott szerves savak savanyították a tápoldat pH-ját.

7. Összefoglalás

A dolgozat egy biogáz üzem gyártástechnológiája során keletkezett ipari melléktermék, más néven présvíz növényfiziológiai hatásait vizsgálta. A présvízzel kiegészített trágyázással csökkenteni tudjuk a környezetterhelő műtrágyák használatát. Kétségtelen, hogy ezek káros hatást gyakorolnak a földjeinkre, növényeinkre; fokozzák a talaj savanyodását, aminek következtében egy idő után csak drága talajjavító eljárások segítségével lehet gazdasági művelésbe vonni a földterületet. A növénytermesztés által sok lényeges tápanyagot vonunk ki a talajainkból, amit ha nem pótolunk vissza, a növények terméshozama és a termés minősége csökken. A biogáz üzemből kikerülő présvízzel trágyázás útján vissza tudjuk juttatni a kivont tápanyagokat, amire a termesztendő növényeknek szükségük van.

A laboratóriumi kísérletek során bizonyítottá vált a présvíz természete, kedvező fiziológiai hatásai, de figyelembe kell venni, hogy a laboratóriumban a környezet kompenzáló hatása kizárt.

Eredményeink alapján javasoljuk a biogáz üzemi melléktermék tápanyag-utánpótlásra való alkalmazását, illetve további vizsgálatát.

8. Irodalom jegyzék

- Allen, M.R., Braithwait, A., Hills, C.C.** (1997): Trace organic compounds in landfill gas at seven UK waste disposal sites. *Environ Sci Technol*; 31, pp. 1054-1061.
- Antwi, E., Arthur, R., Baidoo, M.F.** (2010): Biogas as a potential renewable energy source: A Ghanaian case study.
- Arbeitsgemeinschaft ARBI-PRO-BAG (Hrsg.)** (1991): Vergärung biogener Abfälle aus Haushalt, Industrie und Landschaftspflege. In: *Schriftreihe des Bundesamtes für Energiewirtschaft*. 47. Bern, Eidgenössische Drucksache und Materialzentrale
- Armstrong, M. J. and Kirkby, E. A.** (1979): The influence of humidity on the mineral composition of tomato plants with special reference to calcium distribution. *Plant Soil* 52, pp. 427-435.
- Barry, D. A. J. and Miller, M. H.** (1989): Phosphorus nutritional requirement of maize seedlings for maximum yield. *Agron. J.* 81, pp. 95-99.
- Bartha, I., Bocz, K., Dorogi, I., Szántó, P.** (1991): Biogazdálkodás, Környezetvédelem
- Bennet, R. J., Breen, C. M., Bandu, V. H.** (1990): A role for Ca^{2+} in the cellular differentiation of root cap cells: a re-examination of root growth control mechanisms. *Environ. Exp. Bot.* 30, pp. 515-523.
- Berglund, M., Börjesson, P.** (2006): Assessment of energy performance in the life-cycle of biogas production. *Environmental and Energy Systems Studies LTH, Lund University, Gerdagatan 13, SE-223 62 Lund, Sweden,*
- Bould, C. and Parfitt, R. I.** (1973): Leaf analysis as a guide to the nutrition of fruit crops. X. Magnesium and phosphorus sand culture experiments with apple. *J. Sci. Food Agric.* 24, pp. 175-185.
- Burke, J.J., Holloway, P., Dalling, M. J.** (1986): The effect of sulfur deficiency on the organization and photosynthetic capability of wheat leaves. *J. Plant Physiology* 125, pp. 371-375.
- Cowan, I. R., Raven, J. A., Hartung, W., Farquhar, G. D.** (1982): A possible role for abscisic acid in coupling stomatal conductance and photosynthetic carbon metabolism in leaves. *Aust. J. Plant Physiol.* 9, pp. 489-498.

- Dietz, K. J.** (1989): Recovery of spinach leaves from sulfate and phosphate deficiency. *J. Plant Physiol.* 134, pp. 551-557.
- Dorenstouter, H., Pieters, G. A., Findenegg, G. R.** (1985): Distribution of magnesium between chlorophyll and other phytosynthetic functions in magnesium deficient 'sun' and 'shade' leaves of poplar. *J. Plant Nutr.* 8, pp. 1088-1101.
- Ederbauer, A.** (1980): Auswirkung von abgestuftem Schwefelmangel auf Wachstum, Substanzbildung und Mineralstoffgehalt von Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in Nährlösungskulturen. *Die Bodenkultur* 31, pp. 229-241.
- Egmond, F. van and Breteler, H.** (1972): Nitrate reductase activity and oxalate content of sugar beet leaves. *Neth. J. Agric. Sci.* 20, pp. 193-198.
- Elek, V.** (2009): Előzetes vizsgálati dokumentáció Biogáz üzem - Csillag tanya
- Első Magyar Biogáz Kft.** (2009): Biharnagybajomi biogáz üzem technológiája
- Eklund, B., Anderson, EP., Walker, BL., Burrows, DB.** (1998): Characterization of landfill gas composition at the fresh kills municipal solid-waste landfill. *Environ Sci Technol*; 32:2233-7.
- Evans, D. E., Briars, S. A., Williams, L. E.** (1991): Active calcium transport by plant cell membranes. *J. Exp. Bot.* 42, pp. 285-303.
- Faust, M. and Klein, J. D.** (1974): Levels and sites of metabolically active calcium in apple fruit. *J. Am.Soc. Hortic. Sci.* 99, pp. 93-94.
- Felle, H.** (1988): Cytoplasmic free calcium in *Riccia fluitans* L. and *Zea mays* L.: Interaction of Ca^{2+} and pH? *Planta* 176, pp. 248-255.
- Finis, P.** (1983): Verwertung von Produktionsrückständen in der Ernährungsindustrie. In: Handbuch der Müll- und Abfallbeseitigung, Loseblattsammlung, Abschnitt 8560. Berlin, Erich-Schmitz-Verlag
- Fredeen, A. L., Rao, I. M., Terry, N.** (1989): Influence of phosphorus nutrition on growth and carbon partitioning in *Glycine max*. *Plant Physiology* 89, pp. 225-230.
- Fullmer, J. Z.** (1969): Sir Humphry Davy's Published Works. Cambridge, MA: Harvard University Press.

- Hanson, J. B.** (1984): The function of calcium in plant nutrition. In 'Advance in Plant Nutrition' (P. B. Tinker, A. Läuchi, eds.) pp. 149-208.
- Hecht-Buchholz, C.** (1967): Über die Dunkelfärbung des Blattgrüns bei Phosphormangel. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 118, pp. 12-22.
- Heenan, D. P., Campbell, L. C., Carter, O. G.** (1981): Inheritance of tolerance to high manganese supply in soybean. Crop Science 21, pp. 625-627.
- Howe, S.D.** (1980): A napenergia és a biogázhasznosítás. Power Farming, Sulton, 9.sz. pp. 9-10.
- Hsiao, T. C. and Läuchli, A.** (1986): Role of potassium in plant – water relations. In 'Advances in Plant Nutrition' (B. Tinker and A. Läuchli eds.), Vol. 2. pp. 281-312. Praeger Scientific, New York.
- Jaffrin, A., Bentounes, N., Joan, A. M., Makhlouf, S.** (2003): Landfill biogas for heating greenhouse and providing carbon dioxide supplement for plant growth. Biosyst Eng; 86, pp. 113-23.
- Janovszkaja, Ny.** (1963): Pasteur, Bp., Gondolat
- Jones, R. L., Gilroy, S., Hillmer, S.** (1993): The role of calcium in the hormonal regulation of enzymes synthesis and secretion in barley aleurone. J. Exp. Bot. 44, pp. 207-212.
- Karmoker, J. L., Clarkson, D. L., Saker, L. R., Rooney, J. M., Purvesc, J. V.** (1991): Sulphate deprivation depresses the transport of nitrogen to the xylem and the hydraulic conductivity of barley (*Hordeum vulgare* L.) roots. Planta 185, pp. 269-278.
- Kasai, M. and Muto, S.** (1990): Ca^{2+} pump and $\text{Ca}^{2+}/\text{H}^{+}$ antiporter in plasma membrane vesicles isolated by aqueous two phase partitioning from corn leaves. J. Membr. Biol. 114, pp. 133-142.
- Kirkby, E. A. and Pilbeam, D. J.** (1984): Calcium as a plant nutrient. Plant Cell Environment 7, pp. 397-405.
- Kreimer, G., Melkonian, M., Holtum, J. A. M., Latzko, E.** (1988): Stromal free calcium concentration and light-mediated activation of chloroplast fructose-1,6-bisphosphatase. Plant Physiol. 86, pp. 423-428.

- Kurvits, A. and Kirkby, E. A.** (1980): The uptake of nutrients by sunflower plants (*Helianthus annuus*) growing in a continuous flowing culture system, supplied with nitrate or ammonium as nitrogen source. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk*, 143, pp. 140-149.
- Lauer, M. J., Blevins, D. G., Sierzputowska-Gracz, H.** (1989): ³¹P-nuclear magnetic resonance determination of phosphate compartmentation in leaves of reproductive soybeans (*Glycine max* L.) as affected by phosphate nutrition. *Plant Physiology* 89, pp. 1331-1336.
- Leigh, R.A. and Wyn Jones, R. G.** (1986): Cellular compartmentation in plant nutrition: the selective cytoplasm and the promiscuous vacuole. In 'Advances in Plant Nutrition 2' (eds.: B. Tinker, A. Läuchli) pp. 249-279.
- Lévai, L.** (2010): Növényélettan előadás, Tápanyaggazdálkodás
- Lynch, J., Läuchli, A., Epstein, E.** (1991): Vegetative growth of the common bean in response to phosphorus nutrition. *Crop Sci.* 31, pp. 380-387.
- Michael, G.** (1941): Über die Aufnahme und Verteilung des Magnesiums und dessen Rolle in der höheren grünen Pflanze. *Z. Pflanzenernaehr. Dueng. Bodenk.* 25, pp. 65-120.
- Pöpel, F., Vater, W., Jäger, B.** (1985): Die Verfahren zur Aufbereitung von städtischem Klärschlamm. Oldenbourg in Komm.
- Rao, I. M. and Terry, N.** (1989): Leaf phosphate status, photosynthesis, and carbon partitioning in sugar beet. I. Changes in growth, gas exchange, and Calvin cycle enzymes. *Plant Physiol.* 90, pp. 814-819.
- Robson, A. D. and Pitman, M. G.** (1983): Interactions between nutrients in higher plants. In 'Encyclopedia of Plant Physiology, New Series' (A. Läuchli and R. L. Bieéski, eds.), Vol. 15A., pp. 147-180. Springer- Verlag, Berlin and New York
- Rossiter, R. C.** (1978): Phosphorus deficiency and flowering in subterranean clover (*Tr. Subterraneum* L.). *Ann. Bot. (London) [N.S.]* 42, pp. 325-329.
- Schulz, H. and Eder, B.** (2001): Biogas-Produktion, Biogázgyártás, Cser Kiadó (2005)
- Schumaker, K. S. and Sze, H.** (1990): Solubilization and reconstitution of the oat root vacuolar H⁺/Ca²⁺ exchanger. *Plant Physiol.* 92, pp. 340-245.

- Shin, H. C., Park, J. W., Park, K., Song, H. C.** (2002): Removal characteristics of trace compounds of landfill gas by activated carbon adsorption. *Environ Pollut*; 119, pp. 227-36.
- Somosné Nagy A.** (2011): A kiejedt fermentlé hasznosítása. *Agro napló* 2011. áprilisi szám, pp. 74.
- Spiegel, R. J., Preston, J. L., Trocciola, J. C.** (1997): Test results for fuel-cell operation on landfill gas. *Energy*; 22, pp. 777-786.
- Stelzer, R., Lehmann, H., Kramer, D., Lüttge, U.** (1990): X-ray microprobe analysis of vacuoles of spruce needle mesophyll, endodermis and transfusion parenchyma cells at different seasons of the year. *Bot. Acta* 103, pp. 415-423.
- Weber, F.** (1980): Biogasanlage Langenau. *Sonnenenergie und Wärmepumpe*, 1. sz
- Wellinger, A. and Linberg, A.** (2000): Biogas upgrading and utilization – IEA Bioenergy Task, vol. 24. Paris, France: International Energy Association; 2000.
- Welp, G., Herms, U., Brümmer, G.** (1983): Einfluss von Bodenreaktion, Redoxbedingungen und organischer Substanz auf die Phosphatgehalte der Bodenlösung. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 146, pp. 38-52.
- Wu, W., Peters, J., Berkowitz, G. A.** (1991): Surface charge-mediated effects of Mg^{2+} on K^{+} flux across the chloroplast envelope are associated with regulation of stromal pH and photosynthesis. *Plant Physiol.* 97, pp. 580-587.
- Wyn, Jones R. G., Bradly, C. J., Speirs, J.** (1979): Ionic and osmotic relations in plant cells. In 'Recent Advances in the Biochemistry of Cereals (D. L. Laidman and R. G. Wyn Jones, eds.), pp. 63-103. Academic Press, London.

I1: www.biogaskft.hu (2011.02.07.)

I2: www.eupalyazatiportal.hu (2011.08.03)

I3: <http://net.jogtar.hu/> (2011.08.16)

Törvények, rendeletek:

50/2011. (IV.3.) Kormány rendelet

23/2003. (XII. 29.) KvVM rendelet

Rövidítések:

HÖKI: Hőtechnikai Kutató Intézet

GATE: Gödöllői Agrártudományi Egyetem

KEOP: Környezet és Energia Operatív Program

MAVIR Zrt.: Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zártkörűen Működő
Részvénytársaság

Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet fejezem ki

Tóth Brigitta PhD hallgatónak,

Dr. habil Juhász Csaba egyetemi docensnek, konzulenseimnek,

Dr. Lévai László, egyetemi docensnek, hogy kísérleteim elvégzéséhez a laboratóriumi háttérrel
biztosította

valamint

Csákyné Faragó Erzsébet és Oláhné Tóth Ibolya laboránsoknak,

hogy a munkám végzésében segítségemre voltak.