

Szent István Egyetem
Mezőgazdasági- és Környezettudományi Kar,
Környezettudományi Intézet
Talajtani és Agrokémia Tanszék

Glicerín melléktermék hatása a kukorica növény egyedfejlődésére, különös tekintettel a Zn felvételre

Készítette: Vejzer Adrienn
IV. évfolyam

Belső konzulens:
Rétháti Gabriella, PhD hallgató

Gödöllő
2012

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék	2
1. Bevezetés.....	3
1.1 Célkitűzés	4
2. Irodalmi áttekintés	5
2.1 Biodízel	5
2.1.1 A biodízel kémiai technológiája.....	6
2.2 A glicerín és felhasználási lehetőségei	7
2.3 Cink.....	10
2.3.1 Cink a talajban	10
2.3.2 A cink szerepe a növény táplálásban	12
2.4 Tenyészedény kísérletezés módszere	13
2.5 A kukorica fejlődése.....	13
2.5.1 A duzzadás és a csírázás	14
2.5.2 A kukorica tápanyagigénye.....	15
2.6 Levél és gyökér analízis jelentősége	15
3. Módszerek	17
3.1 A talajminta jellemzése	17
3.2 Glicerín jellemzése.....	17
3.3 A kísérletek beállítása	19
3.3.1 Duzzadási kísérlet.....	19
3.3.2 Tenyészedény kísérlet kukorica jelzőnövényrel.....	19
3.3.3 Cink tartalom/felvétel vizsgálata.....	20
3.4 Deszorpciós vizsgálatok a forróvízes perkoláció (HWP) módszerével.....	20
4. Eredmények és kiértékelésük	22
4.1 Duzzadási kísérlet eredményei	22
4.2 A csírázás.....	23
4.3 Tenyészedény kísérlet eredményei.....	24
4.4 Cink tartalom/felvétel eredmények	25
4.5 Talajvizsgálat.....	27
5. Következtetések, javaslatok	30
6. Összefoglalás.....	31
7. Irodalomjegyzék	33
Mellékletek.....	38
Nyilatkozat	45

1.Bevezetés

Az EU által támogatott környezetbarát technológiák közé tartozik a biodízelgyártás. Magyarországon elsősorban a repce olaj átészterezésével állítják elő a repce-metilésztert (RME) vagy közismert nevén biodízelt. Előállítási folyamata során triglicerideket alakítanak metil-, illetve etil-észterré, míg melléktermékként glicerint keletkezik.

A biodízel üzemanyag gyártási technológiája során nagy mennyiségű melléktermék, szennyezett glicerint keletkezik. Ahhoz, hogy tiszta glicerint nyerjünk, költséges eljárásokra van szükség. A tiszta glicerint szintelen, szagtalan, viszkózus folyadék, melyet előszeretettel használnak fel mind az élelmiszeriparban, mind a kozmetikaiparban erős vízmegtartó képessége miatt, ami a három darab hidrophil hidroxil csoportjának köszönhető. A biodízel gyártás melléktermékeként képződött glicerint azonban jelentős mennyiségű szennyezőanyagot tartalmaz, ami megnehezíti annak élelmiszeripari és gyógyászati felhasználását. Tartalmazhat metanolt (CH_3OH), illetve az észter képzés során katalizátorként használt kálium-hidroxidot (KOH) is. A metanol mérgező hatása ismert, a KOH erős lúg lévén szintén felveti azt a problémát, hogy hogyan lehet hasznosítani a szennyezett glicerint.

A nyers glicerint felhasználási lehetőségeit is fontos vizsgálni, hiszen csak hazánkban évente 150. 000 tonna biodízelt gyártanak (2007) aminek 10%-a glicerint melléktermék. Ekkora mennyiségű melléktermék biztonságos és pénztárcabarát elhelyezése megköveteli az alapos és körültekintő vizsgálatokat.

A szakirodalom a mezőgazdaságban elsősorban a takarmányozás területén ír a glicerint felhasználásáról. Én talajjavítás és növénytráplálás szempontjából vizsgáltam ezt a mellékterméket, különös tekintettel a cink felvételre.

A cink serkentő, illetve gátló hatása a növények anyagcseréjében fiziológiai jelentőséggel bír. Cinkhiány 6–6,5 pH közötti, vagy ennél magasabb pH-értékű (lúgosabb) talajokon léphet fel. A cinkhiány leküzdése, illetve megelőzése nem könnyű feladat. Talajtrágyázással tartós eredményt érhetünk el, azonban az elem megkötődéséhez rendkívül nagy cinkadagok szükségesek. Természetes cinktöbblet Magyarországon gyakorlatilag alig fordul elő, viszont a kijutással is vigyázni kell, hiszen a cink többlet toxikus lehet a növény számára (VARGA 2007).

A cink hiányra és többletére az egyik legérzékenyebb növény a kukorica, ezért is választottam ezt, mint jelzőnövényt a kísérlethez.

1.1 Célkitűzés

Előző kísérletemben glicerín melléktermék hatását tanulmányoztam a talaj Zn adszorpció-deszorpció képességére. A glicerín Zn adszorpcióra gyakorolt hatása abban nyilvánult meg, hogy a glicerinnel kezelt talajok maximálisan megkötött Zn tartalma kevesebb volt, mint a glicerinnel nem kezelt talajoknak. A deszorpció időben elhúzódó lassúbb folyamatnak mutatkozott, ami azt jelentheti, hogy a glicerín melléktermék befolyással van a talaj vízáteresztő képességére. A melléktermék pH -ra gyakorolt pozitív hatása abban nyilvánult meg, hogy bázikus kémhatásának köszönhetően növelte a talaj pH-ját. Ezek alapján savanyú talajok talajjavítására kedvezően hathat.

Kutatásom célja az volt, hogy milyen módon lehet gazdaságosan, illetve hatékonyan felhasználni a mezőgazdaságban ezt a nagy mennyiségben képződő mellékterméket. Növénytaplálás szempontjából fontos vizsgálni, hogy az erősen lúgos pH-jú (10,7) melléktermék hogyan befolyásolja a növény Zn felvételét, tartalmát.

Azért a cinket választottam, mert a talajba került cink az egyik legkönnyebben felvehető nehézfém és bizonyos koncentrációban esszenciális mikroelem a növények számára. A mezőgazdasági növények túlzott cinkfelvétele meszezéssel, illetve szerves anyag kijuttatással csökkenthető (ALLOWAY, 1990).

Jelen vizsgálataim során arra szeretnék választ kapni, hogy a glicerín, mint szennyezett melléktermék milyen hatással van a növényekre tápelem felvétel szempontjából, illetve a növény fejlődési szakaszában okoz-e rendellenességet. KOVÁCS és mts. (2011) tenyészvény kísérlete angolperjével, illetve TOLNER (2011) kutatásai során arra a következtetésre jutottak, hogy a glicerín mellékterméknek növekedés csökkentő hatása van. Ezért részletesebben foglalkoztam a kukorica növény fejlődésével a tenyészidő 3-4 leveles állapotáig. Mivel a növények Zn hiánya a fejlődésre negatívan hat választ kerestem, hogy vajon ez az erősen lúgos kémhatású melléktermék a kukorica növény Zn felvételére milyen hatást gyakorol. Előzetesen Zn-kel terhelt talaj a melléktermékkel együtt a növényre, illetve talaj Zn tartalmára gyakorolt hatását is vizsgáltam.

2. Irodalmi áttekintés

2.1 Biodízel

A dízelmotorok növényi olajokkal történő üzemeltetésére irányuló, intenzív kísérletek a 70-es évek végétől indultak. A biodízel a dízel üzemanyag helyettesítője, mely megújuló, természetes forrásokból készül, mint például a növényi olajok. Magyarországon a repce (*Brassica napus*) és a napraforgó (*Helianthus annuus*) az a két olajnövény, amelyek terméséből a legnagyobb mennyiségben gazdaságosan állítható elő biodízel (SINÓROS et al 2007), de a bioüzemanyag előállítható szójaból (*Glycine soya*), lenmagból, (*Linum usitatissimum*) kókuszolajból, pálmazsírban és állati zsiradékból is.

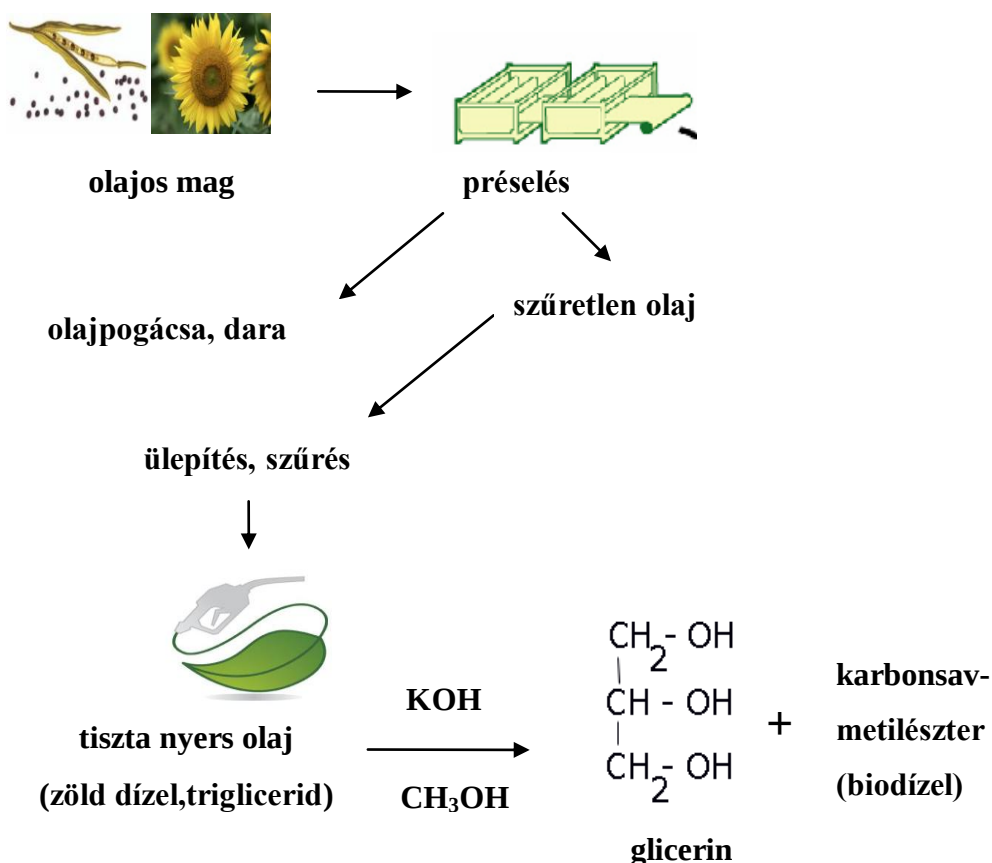
Biodízel előállítására nem csak a frissen előállított repce-vagy napraforgóolajat lehet használni, hanem a sok környezeti problémát okozó, másra teljességében használhatatlan sütőolajat is. A felhasználás során keletkező használt sütőolaj sorsa azonban csak az üzemi konyhákban, éttermekben megoldott, ahol szervezeten folyik a hulladék elszállítása és feldolgozása. A lakosság által használt olajnak csak kis része kerül a lerakóhelyekre, jelentős mennyiség a lefolyókba vagy szemétközetbe kerül. Ez igen káros, hiszen a csővezeték falára lerakódva a csatorna dugulását okozza, a szemétközetbe öntve pedig nehezen lebontható anyagként jelenik meg. Ha pedig élővízbe jut, még veszélyesebb, mert tavakban, folyókban a víz felszínén úszva meggátolja az oxigén felvételét, így elpusztítja a vízi élőlényeket. Erre a problémára nyújt környezetbarát megoldást a biodízel gyártás melynek során akár a használt étolaj előkezelésével, tisztításával és kémiai átalakításával is bioüzemanyag állítható elő.

A biodízel előállítás és alkalmazás előnye az, hogy kevésbé szennyezi a környezetet, mint a gázolaj, mert megújuló nyersanyagokból készül. Nettó szén-dioxid kibocsátása közel nulla, hiszen a „biodízelnövények” fejlődésük közben éppen annyi szén-dioxidot kötnek meg, mint amennyi biodízel elégetésekor keletkező emisszió.

A biodízel előállítás költségei azonban jelenleg meghaladják a gázolaj előállítási költségeit, ezért korlátozzák elterjedését. A biodízelgyártás gazdaságosságát nagymértékben befolyásolja az, hogy a keletkező melléktermékeket - mint például a glicerint – hogyan hasznosítják.

2.1.1A biodízel kémiai technológiája

Két előállítási mód terjedt el a gyakorlatban melynek két végterméke van, az egyik az ún. „zöld dízel” a másik pedig a biodízel. A repceből és a napraforgóból kinyert olaj (triglicerid) közvetlenül is felhasználható motorikus üzemanyagként, ám ez bizonyos hátrányokkal is együtt jár: a dízelhez képest magas az üzemanyag viszkozitása és a motor fogyasztása, bonyolult a szabványosítása, az oxidációs katalizátor használata nehézségekbe ütközik, kellemetlen szagot bocsát ki ("guruló lángossütő"). Tehát olyan átalakításokat kell végezni a motoron, hogy a nagy viszkozitású növényi olaj viszkozitását csökkentve a motor égésterébe befecskendezhető legyen. Az átalakítás lényege, hogy fel kell melegíteni a növényi olajat 80-90°C-ra, hogy viszkozitása csökkenjen és lehetővé váljon a beadagolása a motor égésterébe (HAJDÚ, 2009). Ezek a hátrányok azonban könnyen kiküszöbölhetőek, az ún. átészterezéssel, melynek során a repce- (ill. napraforgó-) olajat lúgos közegben metanollal reagáltatják és termékként repce (vagy napraforgó) olaj-metilésztert (RME) és glicerint kapnak. A biodízel előállítási folyamatát az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra: A biodízel előállítási folyamata

A trigliceridet, a katalizátort (KOH) és a metanolt (CH₃OH) egy reaktorba adagolják, ahol kb. egy óra alatt 60°C-on lejátszódik a transzészterifikáció. Ez a folyamat azért fontos, mert

észterezés nélkül a telítetlen zsírsav alapanyagból csak olyan hajtóanyag állítható elő, amely alacsony hőmérsékleten csak kis viszkozitással rendelkezik. Azonban az észterezés segítségével előállított végleges termék már majdnem tökéletes tulajdonságokkal rendelkezik, - amely tulajdonságokat az 1. táblázat tartalmazza - azaz közel azonos lesz az viszkozitása, a sűrűség és a cetánszáma, mint a gázolajnak. A biodízel általában gázolajjal keverik 5-20%-os arányban és majdnem minden típusú dízelmotorral használható.

Jellemzők	Mértékegység	préselt repceolaj	biodízel	gázolaj
Sűrűség	g/cm ³	0,91-0,93	0,86-0,90	0,82-0,85
Viszkozitás 40° C-on	mm ² /s	36-38	3,5-5,0	2,0-4,5
Cetánszám		40-42	50-51	51-56
Lobbanáspont	°C	220	120-130	50-80

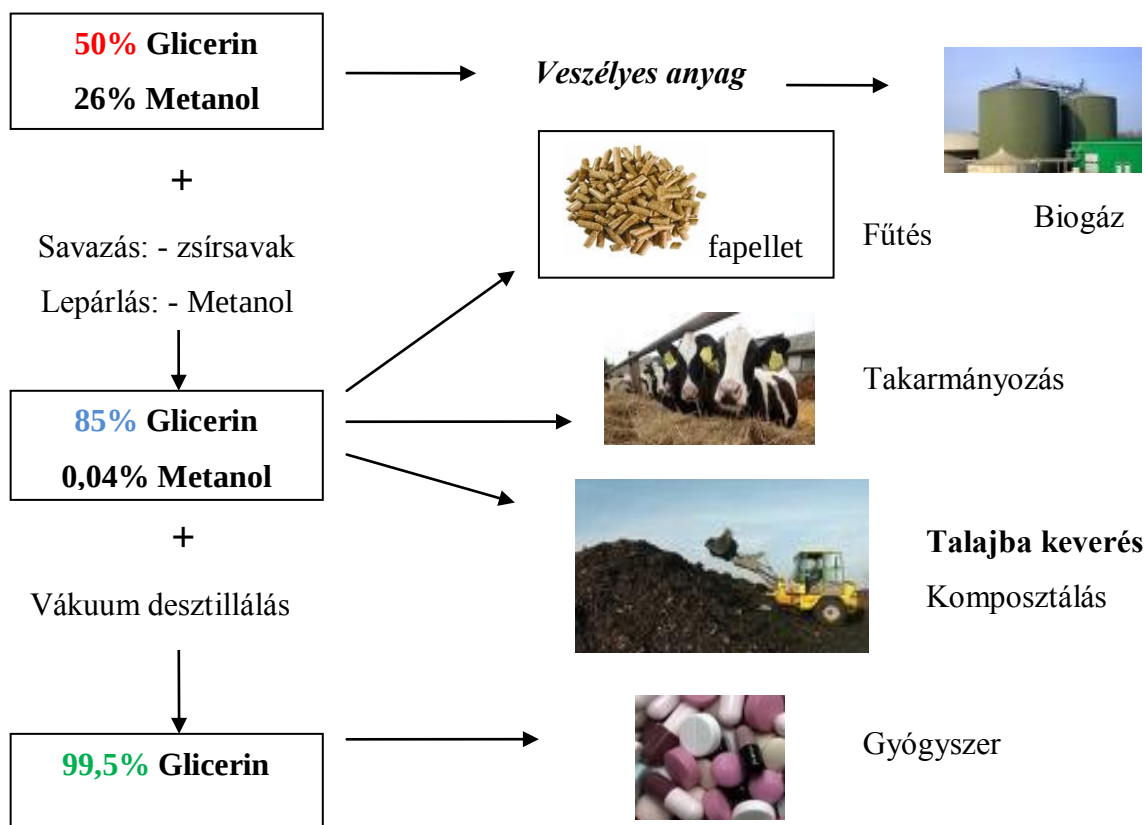
1. táblázat: A hidegen préselt repceolaj (biodízel), és a hagyományos gázolaj fontosabb jellemzői
(HAJDÚ, 2009)

A glicerint leválasztása után semlegesítik a metilészter keveréket (biodízelt) és eltávolítják belőle a metanolt. A semlegesítés során savat adnak a biodízelnél, hogy az a katalizátormaradványt közömbösítse illetve az eljárás során keletkezett szappannal reakcióba lépve azt vízoldható sóvá és zsírsavvá alakítsa (GERPEN, 2005). Utolsó lépésként már csak a visszamaradt vizet távolítják el vákuumos szorítással.

2.2 A glicerint és felhasználási lehetőségei

Az észterezés után leválasztott glicerint csak 50%-os glicerint tartalmú. Ebben az anyagban van a metanol felesleg, valamint a katalizátor és a szappan nagyobb része, így ezt a glicerint veszélyes anyagként kell kezelni. Ezért a glicerint finomításának első lépéseként általában sav hozzáadásával a szappant szabad zsírsavvá és sóvá alakítják. A zsírsavak a glicerintben nem oldódnak, ezért azokat le tudják választani (KOVÁCS, 2010).

A savas kezelés és a zsírsavak leválasztása után a metanolt lepárlással távolítják el a glicerinből. Itt a glicerin kb. 85 %-os tisztaságú. Ha ez a glicerin tovább kerül a finomítóba, akkor vákuum desztillációval vagy ioncserélő folyamatban 99,5-99,7 % tisztaságú glicerint nyerhetők (GERPEN, 2005). Ezt a folyamatot és a különböző tisztaságú glicerint felhasználási lehetőségeit a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra: A glicerint tisztítási folyamata és felhasználási lehetőségei

A glicerint próbálják több területen hasznosítani (2. ábra), így a takarmányozásban is. A repceből készült biodízel melléktermékei közül a repcefogácsa takarmányozási felhasználása már megoldott, viszont a glicerint takarmányozás céljára történő széleskörű felhasználása azonban még további kutatómunkát kíván meg. Az alacsony tisztaságú glicerint csupán gyártásközi termék, amely magas metanol tartalma miatt a gazdasági állatok takarmányozására alkalmatlan (ROE, 1982; SKRZYDELEWSKA, 2003). Ezen kívül magas zsírtartalma miatt technológiailag is nehezen kezelhető. Azonban a 85%-os glicerint a kérődzők takarmányozásában ma már üzemi méretben használják. A kérődzők májában lezajló glükoneogenezis lehetőséget ad arra, hogy a kérődzők a glicerintből glükózt állítsanak elő glükóz szükségletük fedezésére. SÜDEKUM et al (2002) kutatásokat végeztek, hogyan hat a glicerint takarmányba keverése a tejelő tehenekre. A mellékterméknek nem volt

negatív hatása sem a tejhozamra sem a tej minőségre. A glicerín takarmányozási célú hasznosítása DOPPENBERG & VAN DER AAR (2007) szerint azért is célszerű lenne, mert a biodízelgyártás egyéb melléktermékei (pogácsák) fehérjében ugyan gazdagok, ugyanakkor relatíve alacsony az energiatartalmuk. Az állati vagy hulladék zsírokból származó glicerint bizonyos országokban (pl. Németország) nem engedélyezik takarmányozás céljára felhasználni, feltehetőleg azért, mert nagyobb a kockázata a nemkívánatos maradékanyagok (pl. dioxinok) előfordulásának (SÜDEKUM, 2007).

Vizsgálva a glicerín melléktermék hatását a talaj ásványi nitrogénforgalmára megfigyelték, hogy 1% glicerín hatására a műtrágya-N és részben a talaj ásványi-N tartalma gyorsabban immobilizálódik mint glicerines kezelés nélkül (TOLNER et al, 2010), így meggátolva, hogy az igen mozgékony nitrát- nitrogén ($\text{NO}_3\text{-N}$) lemosódjon, ezzel környezeti és gazdasági kárt okozzon. Glicerín hatására az ásványi nitrogén feltehetően gyorsabban beépül a talaj szerves anyag készletébe, így hosszú időn keresztül képes nitrogén forrásként szolgálni a növények számára.

KOVÁCS és mts. (2011) tenyészedény kísérleteket folytatott angolperje jelzőnövénnel a szennyezett glicerín tápanyag-gazdálkodásra kifejtett hatásainak vizsgálatára. Megállapították, hogy a nagy adagú glicerín talajba keverése rövidtávon csírázásgátlást és nitrogénhiányt okoz. Ez a hatás kisebb adag, illetve néhány hét elteltével csökken.

DIÁNEZ és munkatársai (2007) kimutatták a glicerín melléktermék csíraölő hatását is egyes növénypatogén gombák és baktériumok ellen.

A glicerín a fehér biotechnológia mintapéldája, hiszen sokáig szintetikusán állították elő mára viszont biodízelgyártás melléktermékeként keletkezik (megújuló eredetű), és platformalkotó vegyület. HETÉNYI és mts. (2008) legjelentősebb eredményük a biodízel melléktermék glicerín enzimes hasznosításának kidolgozása, amelynek során sikerült glicerínből egyidejűleg 1,3-dihidroxiacetont és 1,3-propándiolt előállítani

Hasznosítják még biogáz előállításnál, mint szénforrást. A komposztálásban is felhasználják a glicerint, hiszen gyorsítja ezt a biológiai folyamatot. A glicerint hasznosítják pl. 4%-ban hígtrágyához keverve, mert segíti annak erjedését, fa aprítékhoz adagolva pedig fűtenek vele (HANZÉLY, 1993). Egyéb lehetőség híján a szántóföldre is kijuttatható. Én ilyen irányú felhasználásával kapcsolatban végeztem vizsgálatokat.

2.3 Cink

A cink, mint kémiai elem negatív standard potenciáljának köszönhetően többnyire ionos formában (Zn^{2+}) fordul elő ásványokban, élő szervezetekben és a talajban is. A rendszáma 30, vegyjele Zn, moláris atomtömege $65,38\text{g mol}^{-1}$.

A cink amfoter jellegű, ami azt jelenti, hogy savas és bázikus tulajdonságokat is mutat, tehát egyaránt képes proton felvételre és leadásra is. Például a cink-oxid eltérően viselkedik az oldat pH-jától függően:

Savakban:



Lúgokban:



2.3.1 Cink a talajban

Az élet kifejlődése idején a talajoldatban levő nehézfém ionok alacsony koncentrációban voltak jelen, ezért a természetes szintet kismértékben meghaladó koncentráció felett toxikussá válhatnak, így lokális feldúsulásuk a környezetben az egyik legjelentősebb kockázati tényező (PAPP & KÜMMEL 1992). A talajok nehézfém tartalma két forrásból ered. Egyrészt természetes nehézfém tartalomból, másrészt az emberi tevékenység eredményeként bekövetkező talajszennyezésből.

A talajok hosszú évekig képesek a nehézfémeket toxikus mennyiségben akkumulálni anélkül, hogy azok akut mérgező hatása megnyilvánulna, azonban élő szervezetekben felhalmozódva toxikus hatást gyakorolhatnak. Ez az ún. „időzített kémiai bomba” (Chemical Time Bomb). Ebből a szempontból a talajok adszorpciós kapacitásán kívül ismernünk kell deszorpciós viselkedésüket (HORVÁTH & SZABÓ 2004, VEDY & ROBERT 1998).

A nehézfémek kémiai értelemben azok a fémek, amelyek sűrűsége meghaladja az 5g/cm^3 -t, rendszámuk pedig 20-nál nagyobb (NEUMÜLLER, 1983). Meg kell jegyeznünk ugyanakkor, hogy az IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) által javasolt kémiai nevezéktan nem tartalmazza a nehézfémek kifejezést. Annál is inkább elővigyázatossággal kell lennünk, ugyanis napjainkban a „nehézfémek” fogalma összekapcsolódott a toxikus fémek heterogén anyagcsoportjába tartozó elemek gyűjtőnevével, annak ellenére, hogy nem minden kémiai értelemben vett nehézfém toxikus. A fémek adott élő szervezetben betöltött szerepét figyelembe véve nem egyenértékű a nehézfém és toxikus elem fogalma, például növények számára esszenciális nyomelemek közül a Fe, Mn, Zn, Cu és Mo

fémekre nehézfémekként hivatkozunk, amelyek nem toxikusak, csak adott koncentráció felett (FRIEDLAND, 1989). Tehát nem toxikus elemről, hanem csak toxikus koncentrációról beszélünk.

A legtöbb nehézfém így a Zn is (néhány kivétel pl. Cr, Mo és V) a talajoldatban főképpen kationos formában van jelen. Adszorpciójuk ezért a talajkolloidok felületén lévő negatív töltések sűrűségétől függ (ALLOWAY, 1990).

A mozgékony Zn mennyiségét a pH, az agyag és humusztartalom jelentősen befolyásolja. Az amfoter jellemű cink felvehetősége, oldhatósága a különböző pH-jú talajokban sajátságos változást mutat. Savanyú közegben ($\text{pH} < 5,5$) jól oldódnak a cink vegyületei. A pH 5,5 -6,9 közötti tartományban mérsékelt a felvehetősége, ennél lúgosabb oldatban viszont szintén nagy a mozgékonyasága (kivéve pH 7,6 fölött Ca illetve oldható foszfátok jelenlétében). Az agyagásványok a Zn^{2+} ionokat kicserélhetően (nem specifikus adszorpció) adszorbeálják, a humuszkolloidok pedig komplex kötésbe viszik (FILEP, 1995).

A nehézfém eloszlásban igen nagy szerepe van a talajok szervesanyag tartalmának, elsősorban a különféle humuszanyagoknak. A szerves anyagok ugyanis fém-organikus komplexeket képeznek a nehézfémekkel. A kadmium, az ólom és a cink különösen erős hajlamot mutat a fém-organikus komplexek képzésére (FISHER, 1987; NELSON & CAMPBELL, 1992).

A termőtalajok természetes nehézfém-tartalma emberi tevékenység következtében emelkedik meg. A közlekedés légszennyezéséből jelentős mennyiségű nehézfém kerülhet az atmoszférába, melynek egy része a termőtalajon vagy a haszonnövényekre ülepedik ki (CSATHÓ, 1994; KÁDÁR, 1995; VERMES, 1944). Cink juthat a termőtalajba foszfátműtrágyából, szerves trágyából, meszező anyagokból, komposztokból, szennyvíziszapokból és egyes peszticidekből. Külön veszélyt jelenthet a szennyvíziszap vagy szennyvíziszap komposzt mezőgazdasági elhelyezése, szennyvíziszapokban ugyanis a cink veszélyes mértékben feldúsulhat és onnan a talaj közvetítésével könnyen bekerülhet a termesztett növényekbe (GYÖRI, 1984).

A 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelete alapján a cink szennyezettségi határértéke 200 mg/kg szárazanyag földtani közeg esetén. Amennyiben a toxikus elemtartalom megközelíti a szennyezettségi határértéket célszerű növényvizsgálattal ellenőrizni a növények toxikus elemtartalmát, mivel szigorú szabályozás van érvényben az élelmiszerek (9/2003. (III. 13.) ESZCSM rendelet és a takarmányok (44/2003. (IV. 26) FVM rendelet) megengedhető toxikus elemtartalmára vonatkozóan.

2.3.2 A cink szerepe a növény táplálásban

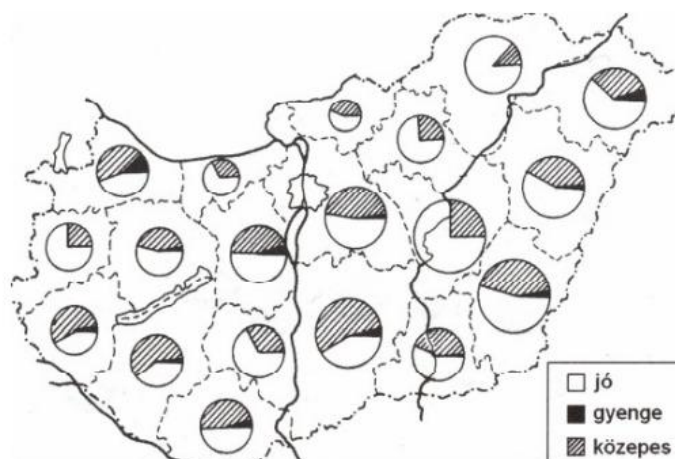
A cink a növények számára nélkülözhetetlen mikroelem. A sejtekben fontos a stabil metalloenzim komplexek kialakításában és számos enzim (pl. dehidrogenázok, peptidázok) aktivátora. Aktívan részt vesz a fehérje-anyagcserében és az auxintermelés serkentése révén a növények növekedésszabályozásában.

A növények a cinket Zn^{2+} ion, illetve kelatizált formában veszik fel a talajból. Az oldható cink sók és cink-komplexek a levélen keresztül szintén bekerülhetnek a növénybe.

A normál koncentráció tartománya 25 és 150 ppm között van, a hiánytünetek általában 20 ppm alatt, míg toxikus tünetek akkor fordulnak elő, ha a levelekben a Zn 400 ppm felett van szárazanyagban (SÁRDI, 2003).

Cinkhiány esetén a felső levelek érközi klorózisa, majd a levéllemez teljes kifehéredése tapasztalható, a levelek aprók maradnak és a fellépő auxinhiány miatt rozettásodás, torzulás, valamint törpe szártagúság figyelhető meg. A vegetatív szervek károsodása mellett, amennyiben nem sikerült a hiányt pótolni, a generatív szervek fejlődési rendellenességeit is megfigyelhetjük. Krónikus cinkhiány esetén a virágképződés késik, sőt sok esetben el is marad. A virág- és termésképzési zavarok következtében erős hiány esetén akár 80 %-kal is csökkenhet a hektáronkénti termés mennyisége. A cinkhiány a kezdeti tünetek megjelenésekor még orvosolható, azonban gyakorlati szempontból legnagyobb jelentősége a talajvizsgálatokon alapuló megelőzésnek van.

A cinktöbblet is káros lehet a növények számára. Tünetei hasonlóak a vas-, illetve a mangánhiányhoz, de nem csupán a fiatalabb leveleken lép fel. A növények a



3. ábra: Hazánk talajainak cinkellátottsága (<http1>)

növekedésben visszamaradnak, majd elhalnak. Hazánk talajainak nemzetközi összehasonlításban is gyenge a cinkellátottsága. Talajaink közel 50 %-a közepes, vagy ennél gyengébb Zn ellátottságot mutat (4. ábra), (KALOCSAI et al, 2004).

Számos kísérleti eredmény szolgál bizonyítékkal, hogy a növényekben a cink és a foszfor közt antagonista kölcsönhatás van. A magas vagy túlzott P-ellátottság Zn hiányt képest létrehozni, különösen meszes talajokon. Egyes szerzők vizsgálati eredményei arra utalnak, hogy a foszfát befolyásolja a növényi szövetekben a Zn fiziológiai aktivitását, eltérően a korábbi feltételezésektől miszerint a Zn azért válik inaktívvá az anyagcserében, mert Zn-foszfátként kicsapódik (SÁRDI, 2003).

2.4 Tenyészedény kísérletezés módszere

A tenyészedény kísérletekben a körülmények részben szabályozhatók, de a természetes (szántóföldi) körülményektől eltérőek, például nincs meg a talaj természetes rétegződése. A tenyészedény-kísérleti módszerének alkalmazásakor az agrokémiai kutatásokban a növény táplálkozásának, a talajok és trágyák tulajdonságainak, kölcsönhatásának megismerése a cél.

Tisztában kell lenni azonban azzal, hogy a tenyészedény kísérletben kapott eredmények a gyakorlat számára közvetlenül nem alkalmazhatóak, a szabadföldi viszonyok közt elvégzendő kísérletekhez szolgálhatnak alapul.

A kísérlet célkitűzésének megfelelően a tenyészedény kísérlet közege talaj volt. Ez az agrokémiai kutatásokban a legáltalánosabban alkalmazott kísérleti módszer. Ennél a növényeket talajjal megtöltött, műanyag edényekben neveljük fel. Ez a módszer alkalmas a talaj-növény kölcsönhatás tanulmányozására (SÁRDI, 2003).

2.5 A kukorica fejlődése

A kukorica fejlődésében alapvetően 11 szakaszt különböztetünk meg: csírázás, kelés, 3-4 leveles állapot, szárbamenés, 6-7 leveles állapot, címerhányás, nővirágzás, csőképzés, tejes érés, viaszérés, biológiai érés (BOCZ, 1996).

2.5.1 A duzzadás és a csírázás

A csírázás folyamata a vetőmag vízfelvételével indul meg. TOOLE (1924) szerint a csírázás három szakaszra bontható: 1. a szemek duzzadása, bőséges vízfelvétel, 2. a maglévő sejtek megnyúlása, 3. a merisztematikus sejtek osztódása.

A száraz magban a vízfelvétel a duzzadással, ezzel a fizikai folyamattal kezdődik. Hidrofil csoportok, így pl. $-NH_2$, $-OH$, $-COOH$ magukhoz vonzzák a víz dipólusait és maguk körül hidrátköröt képeznek. Az ilyen hidrofil csoportokat hordozó makromolekulák, így pl. a fehérjék és a polimer szénhidrátok megduzzadnak. A duzzadás vízfelvételéhez csatlakozik a csírázással kapcsolatos vízfelvétel. Általános szabálynak tekintetű, hogy a duzzadás vízelvonással visszafordítható anélkül, hogy a csíra erősebben károsodna. Egyébként a duzzadás fizikai folyamata és a biokémiai-fiziológiai aktivitáson alapuló csírázási folyamat között nem lehet annyira éles határt vonni.

A mag duzzadása azonban nem jelenti egyértelműen a csírázás megindulását. Azok az enzimek, amelyek a sejtosztódás (növekedés, differenciálódás) szabályozzák, csak egy bizonyos hőmérsékleten s nedvességtartalomnál aktivizálódnak. Amennyiben valamely tényező hiánya - vagy többlete – lép fel a vetőmag ugyan megduzzad, de az enzimaktivitás nem éri el a küszöböt, így a csírázás nem indul meg. Kedvező körülmények mellett viszont (kellő nedvesség, megfelelő hőmérséklet és oxigén) a szemek gyorsan veszik fel a vizet, megduzzadnak. A kukorica gyököcskéjében megindul a DNS szintézis a duzzadás kezdetétől számított 45. órán belül, és 74 óra elteltével már megindul a sejtek osztódása, elkezdődik a csíra növekedése (SZABÓ, 2003).

A gyököcske és a rügyecske közötti szikközépi szár megduzzad és megjelennek az elsődleges gyökök, majd rövidesen 2-5 másodlagos csíragyökér, ezek együttesen alkotják az első gyökérrendszert. Ezeknek csak a kezdeti fejlődés idején van szerepük, és ha meg is maradnak, idővel elveszítik működőképességüket (MENYHÉRT, 1985).

A kukoricának bojtos gyökérzete van. A gyökérzet fejlettségének - a víz és tápanyag felvételén kívül - nagy szerepe van a kukorica megdőléssel szembeni ellenálló képességében is. A kukorica gyökérzetében is a 2-3 leveles korban kifejlődő koronagyököknek van a legnagyobb jelentőségük. A gyökérzet oldalirányú terjeszkedése és mélyre hatolása több tényezőtől függ. Ilyen tényezők: a fajta, a tenyésztési körülmények, a talaj kötöttsége, nedvesség- és tápanyagtartalma, a kukorica tenyésztési terület nagysága és sortávolsága (RADICS, 1994).

2.5.2 A kukorica tápanyagigénye

A tápelemeket legtöbbször a szerint csoportosítjuk, hogy milyen mennyiségben szükségesek a növények számára. Makro elemeknek nevezzük azokat (N, P, K), melyek nagy mennyiségben szükségesek (mennyiségük elérheti a szárazanyag 6 %-át is), létfontosságú mikroelemeknek azokat, melyek nagyságrendekkel kisebb mennyiségben szükségesek a növény számára. Ezek közül a Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, B a legfontosabbak, vagyis azok, melyeknek hiánya az intenzív növénytermesztés során hazai körülmények között is előfordulhat.

Termesztett növényeink az esszenciális elemeket biológiai tulajdonságainktól függő mennyiségben és arányban igénylik a vegetációs periódus során. (KÁDÁR, 1992). A tápanyagellátásban ismeretes, hogy egy növény korai fejlődési stádiumába bekövetkezett alul - ill. túltáplálása irreverzibilis károsodáshoz vezethet, a kiegyensúlyozatlan tápláltság következtében pedig termésminőség romlással is számolni kell (JOLÁNKAI, 1987; KÁDÁR, 1992).

SÁRDI (2000) kukoricával végzett kísérletében bizonyosságot nyert, hogy a növények már fiatal korban jól mutatják a kiegyensúlyozatlan tápelem-ellátottság hatásait. A kukorica nagy tömegű föld feletti részei kifejllesztéséhez jelentős mennyiségű tápanyagot igényel, amelyet főként műtrágyákkal elégítünk ki. (TÉRMEG, 2004). A cinkigény különösen a jó-, igen jó foszfor ellátottságú meszes talajokon jelentkezik, ahol a P-Zn antagonizmus és a lúgos kémhatás miatt a Zn felvétele gátolt (TERBE et al, 2004). Táplálkozás-élettani szempontból a talajban található elemek közül a nitrogén különleges helyet foglal el, mert a talaj természetes N készlete főként a talajban zajló biológiai folyamatok terméke. Mind szerves, mind szervetlen formában megtalálható a talajban. Lúgos pH-jú, meszes talajokon a nitrát-, anaerob talajviszonyok között az ammónium-forma van túlsúlyban (ZSOLDOS, 1988). A növény szempontjából legfontosabb forma a nitrát, mert a gyökerek könnyen felveszik, a növényben könnyen szállítódik, de hátránya, hogy gyorsan kimosódhat a talajból (FILIUS, 1994).

2.6 Levél és gyökér analízis jelentősége

Ahhoz, hogy termesztett növényeink tápanyagellátása eredményes és gazdaságos legyen, fontos megismernünk azok tápanyag-reakcióit a különböző növekedési stádiumokban (BALIKÓ, 2009).

A tápelemfelvétel - tápelem-akkumuláció a növény által talajból felvett tápelemek abszolút mennyiségét adja meg. A talajból történő tápelem-felvétel vizsgálatát teszi lehetővé, fontos

információikkal szolgál a talaj feltöltése, termékenységének fenntartása vagy fokozása céljából, a hozam növelése érdekében (FRAGERIA et al, 1995).

A növények táplálkozásának megismerése lehetővé teszi a tápanyag-ellátás, ezen keresztül a növénytermesztés hatékonyságának növelését, a termés mennyiségének és minőségének biztosítását. A tápanyagok felvétele történhet gyökéren és levélen keresztül. A gyökéren keresztüli tápanyagfelvétel biztosítja a növények számára a fő tápanyagellátást, a levélen keresztül pedig a kiegészítő tápanyag-ellátás.

Az okszerű tápanyag-visszapótlással a növény igényeit kell kielégíteni illetve a talaj és a környezet védelmét kell érvényesíteni a legköltséghatékonnyabb módon (ZSOMBIK, 2007). A tápanyag visszapótlás tervezése során lehetőleg támaszkodjunk az aktuális talaj-növényvizsgálati eredményekre.

3. Módszerek

3.1 A talajminta jellemzése

A 2. táblázat tartalmazza a vizsgálathoz használt talaj fontosabb paramétereit. A talaj Gödöllőről származó rozsdabarna erdőtalaj. Azért ezt a talajt választottam, mert a $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ értéke 5,74 és nem tartalmaz kalcium-karbonátot (CaCO_3). Ez elengedhetetlen, ugyanis a cink ion (Zn^{2+}) karbonát ionokkal (CO_3^{2-}) kis oldhatóságú vegyületet képez.

vizsgálat megnevezése	talaj
$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	5,74
pH_{KCl}	4,20
K_A	25
CaCO_3 %	0
C %	1,17
N %	0,1
C:N	12
Zn-EDTA $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	1,56
Zn- HNO_3 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	12,3

2. táblázat: A talaj fontosabb tulajdonságai

3.2 Glicerín jellemzése

A kísérlethez használt melléktermék a tanszéken futó pályázat részeként egy biodízel gyártás technológia mellékterméke. A talajhoz 1% glicerint tettünk, aminek 1%-os vizes oldatának a pH-ja 10,71, ami lúgos. Ez a hasznos melléktermék („crude glycerol”, 4. ábra) zömében glicerint tartalmaz, viszont szennyezve van a technológia során alkalmazott egyéb anyagokkal. A felhasznált glicerín kémia tulajdonságait a 3. táblázat tartalmazza.

vizsgálat megnevezése	glicerín melléktermék.
pH _{H2O}	10,71
pH _{KCl}	9,64
izzítási veszteség %	92,63
C %	53,73
N %	0,04
AL-P ₂ O ₅ mg kg ⁻¹	85,52µg/ml
össz.P (H ₂ SO ₄)	0,92mg/ml
össz.K (H ₂ SO ₄)	14,81mg/ml
Zn-EDTA mg*kg ⁻¹	28,35 µg/ml
Zn-H ₂ O mg*kg ⁻¹	1,4 µg/ml

3. táblázat: A kísérletben felhasznált glicerín kémiai tulajdonságai



4. ábra: A kísérlethez felhasznált glicerín

3.3 A kísérletek beállítása

3.3.1 Duzzadási kísérlet

20 g kukoricát mértem üvegedényekbe, majd feltöltöttem különböző koncentrációjú glicerinnel. A kísérlethez használt oldatok a következők voltak:

1. kontroll (desztillált víz)
2. 1000ml deszt. víz/5g tiszta glicerinnel $\rightarrow$ 0,5%-os oldat
3. 1000ml deszt. víz/10 g tiszta glicerinnel $\rightarrow$ 1%-os oldat
4. 1000ml deszt. víz/ 5g melléktermék glicerinnel $\rightarrow$ 0,5%-os oldat
5. 1000ml deszt. víz/10g melléktermék glicerinnel $\rightarrow$ 1%-os oldat

Ezután 6 órán keresztül minden órában kivesztetem a kukoricát az edényből, a felesleges vizet lecsepegtettem, lemértem a súlyát, majd visszatettem az oldatba (SUBA, 1992), ezt megismételttem 12, 24, 36 és 48 óra elteltével.

3.3.2 Tenyészedény kísérlet kukorica jelzőnövényekkel

A kísérlethez felhasznált talajt (gödöllői rozsdabarna erőtalaj) két hétig inkubáltam szobahőmérsékleten és különböző kísérleti beállításokat alkalmaztam. A kezelések a következők voltak:

- **Kontroll** $\rightarrow$ kezeletlen talaj
- **Glicerinnel.** $\rightarrow$ biodízelgyártás során keletkezett glicerinnel melléktermék 1%-os talajba keverése
- **Zn:** $\rightarrow$ terhelés 100mgZnkg^{-1}
- **Glicerinnel.+Zn:** $\rightarrow$ glicerinnel melléktermék 1%-os talajba keverése $+100\text{mgZnkg}^{-1}$

A kezeléseket a 4.táblázat szemlélteti.

jelölés	kezelés	talaj	glicerinnel melléktermék	Zn -oldat	deszt.víz
		g	g	cm^3	cm^3
kontroll	kontroll	200	0	0	24
G.	1%	200	2	0	22
Zn.	100mgZn/kg	200	0	2	22
G+Zn	1% gli.+100mgZn/kg	200	2	2	20

4.táblázat: A tenyészedény kísérlet kezelése

A kezelt talajok paramétereit a 1. melléklet tartalmazza. A talaj nedvességét az Arany-féle kötöttségi szám 60%-nak megfelelő desztillált vízzel állítottam be. Az érlelést követően a tenyészedényekbe 200-200 g talajt tettem, és azokba 8-8 szem kukoricát ültettem és figyeltem a kelést napra pontosan, majd a növekedés folyamán a növény magasságot (cm) és az adatokról naplót vezettem. A tenézsizidő a négy leveles stádiumig tartott. A felhasznált kukoricafaj a P9578 számú hibrid, PIONEER volt. A kísérlet 4 kezelés és 3 ismétlése beállításával végeztem.

3.3.3 Cink tartalom/felvétel vizsgálata

A vizsgálat során azt szerettem volna megtudni, hogy a glicerín melléktermék hatással van-e a növény tápelem (cink) tartalmára illetve felvételére. „Aratás” után sósavas hidrolízist végeztem és a cink tartalmat ebből a kivonatból határoztam meg Perkin-Elmer típusú AAS segítségével.

A sósavas hidrolízisnek következő a menete: A kiszárított, finomra őrölt növényi mintából (levél, gyökér) becsiszolt Erlenmeyer-lombikba bemértem közel 5g-ot, hozzáadtam 25 cm³ 2 mólos HCl-oldatot majd lezártam a becsiszolt dugóval, ezután szárítószekrénybe helyeztem. A hidrolízis időtartama 105°C-on 3 óra. A hidrolízis befejezése után a mintákhoz 25 cm³ desztillált vizet adtam, ezután szűrtem. Ez a szűrlet alkalmas Fe, Mn, Zn és Cu műszeres méréséhez. Ezután a növényminták sósavas hidrolizátumait ismert koncentrációjú standard sorhoz viszonyítva atomabszorpciós spektrofotométeren 213,9 nm hullámhosszon lemértem.

3.4 Deszorpciós vizsgálatok a forróvizes perkoláció (HWP) módszerével

Környezetvédelmi, ökológiai és élettani szempontból a talajba levő vízben oldható elem tartalom ismerete fontos a növények tápanyag felvétele valamint a környezet szennyezés szempontjából. Ezért indokoltnak tartottuk a deszorpciós vizsgálatát egy olyan módszer segítségével, mellyel az elemek vízzel könnyen oldható formáját lehet meghatározni, forróvizes talajextraháló készülékkel.

Az eljárás FÜLEKY et al „Eljárás talajok tápelem tartalmának meghatározására, valamint berendezés az eljárás foganosítására” című, 205994 lajstromszámú szabadalmán alapul. A módszer lényege, hogy a talajmintán a légkörinél nagyobb nyomáson, forrásban lévő víz áramlik át, a folyamatosan vagy egymást követő frakciókban lefolyt oldat tápelem tartalmát vizsgálni lehet. A HWP működési elvét az 5. ábra mutatják be.



5.ábra: A HWP berendezés működési elve
(FÜLEKY & CZINKOTA 1993)

Táramérlegen mintánként kimértem 30-30 gramm talajt a forró vizes extraháláshoz. A berendezés a 102-105 °C-os víz mintán való átáramoltatását teszi lehetővé 120-150 kPa nyomás mellett. Minden mintából 10-10 frakciót (100-100 ml) szedtük le főzőpoharakba, eközben folyamatosan mértük az extrakciós időt. A frakciók Zn koncentrációját atomabszorpciós spektrofotométerrel határoztuk meg. A mért pontokra az elsőrendű kinetika függvénye illeszkedett, melynek formája a következő:

$$y = A_{(d)}(1 - e^{-kt})$$

y = deszorbeálódott Zn mennyiség (mg/kg)

A = maximálisan deszorbeálódó Zn mennyisége

k = sebességi állandó

t = idő (s)

A függvények illesztéséhez dr. Tolner László által készített programot használtam.

FÜLEKY & CZINKOTA (1993) kutatásokat végeztek annak érdekében, hogy különböző talajtípusok elemtartalmát megvizsgálták a szabvány által előírt módszerekkel, majd a HWP-vel kinyerhető vízzel oldható elemtartalom vizsgálatok eredményeivel összevetették. A HWP módszerrel kapott eredmények egy lehetséges matematikai bemutatását vizsgálták. Mindegyik elemnél közeli korrelációt tapasztaltak a vizes extrakció és a hagyományos vizsgálatok tekintetében.

4. Eredmények és kiértékelésük

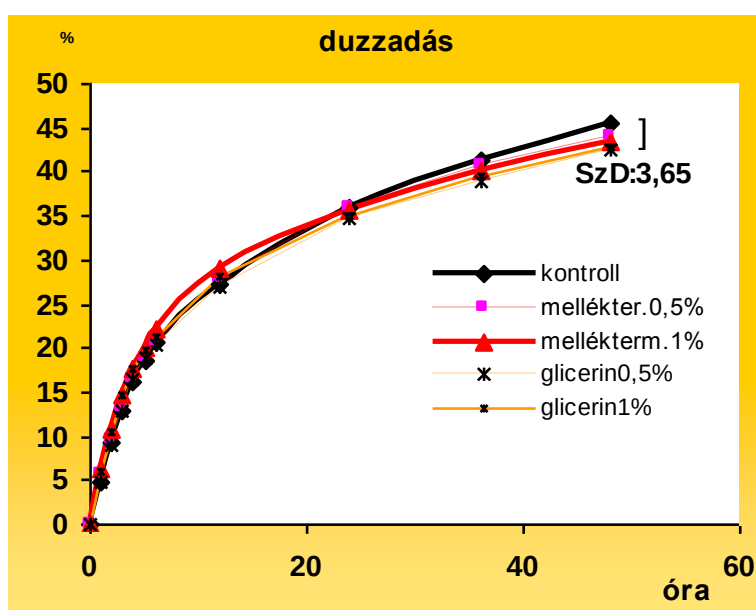
4.1 Duzzadási kísérlet eredményei

A 2. melléklet tartalmazza a duzzadási kísérlet adatait. A csírázást a vízfelvétel következtében létrejövő szem-duzzadás előzi meg. A magvak keményítőszemcséi vízburkot vonnak maguk köré, térfogatuk növekszik, és a mag duzzad.

A variancia analízisből (5. táblázat) látszik, hogy nincsen szignifikáns különbség a kezelések között. A különböző koncentrációjú szennyezett és szennyezetlen glicerinnek nincs hatása a kukoricaszem duzzadására 48 óra elteltével. Ezt a 6. ábra szemlélteti. A kukoricaszemek súlyuk több mint 40%-át vették fel a duzzadás során.

kezelések	1	2	átlag	SzD _(5%)
	ismétlés (%)			3,65
deszt.víz	43,41	47,42	45,42	
mellékterm.0,5%	43,80	44,46	44,13	
mellékterm.1%	42,71	44,09	43,40	
glicerin 0,5%	42,64	42,28	42,46	
glicerin 1%	42,99	42,35	42,67	
átlag	43,11	44,12	43,62	

5. táblázat: Kezelések hatása a kukorica duzzadó képességére (%)



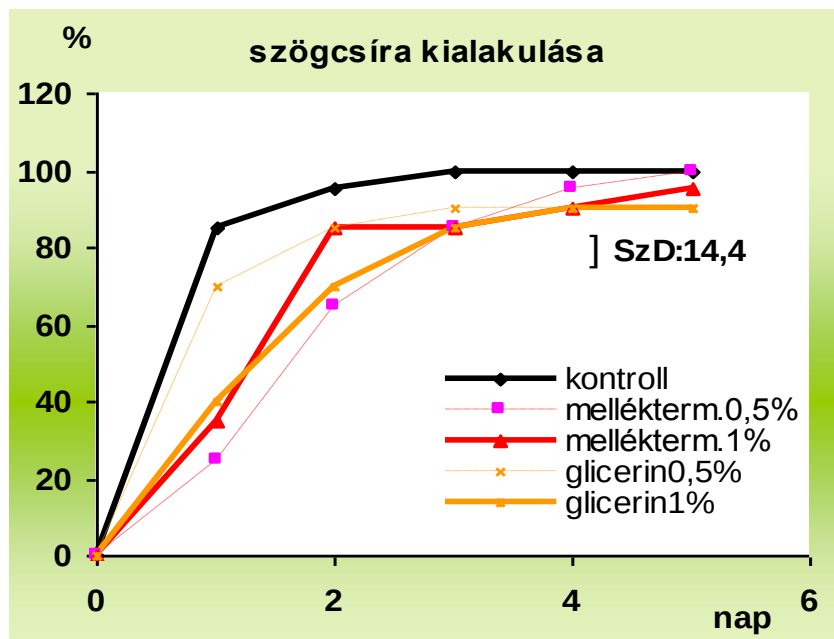
6. ábra: A kukoricaszem tömegnövekedése a duzzadás során %-ban kifejezve

4.2 A csírázás

A megduzzadt kukoricaszemeket Petri csészébe helyeztem és figyeltem, hogy a glicerinnek milyen hatása van a szögcsíra kialakulására. Azt tapasztaltam, hogy a kukoricaszemek csírájának fejlődése a glicerines kezelések hatására lassabban és később indul a kontrollhoz képest. A 6. táblázat (részletesebben a 3. mellékletben) és a 7. ábra szemlélteti a mért adatokat.

	nap					átlag	SzD _(5%)
	1	2	3	4	5		
	%						14
desz.víz	85	95	100	100	100	96	
mellékterm.0,5%	25	65	85	95	100	74	
mellékterm.1%	35	85	85	90	95	78	
glicerín 0,5%	70	85	90	90	90	85	
glicerín 1%	40	70	85	90	90	75	
átlag	51	80	89	93	95	82	

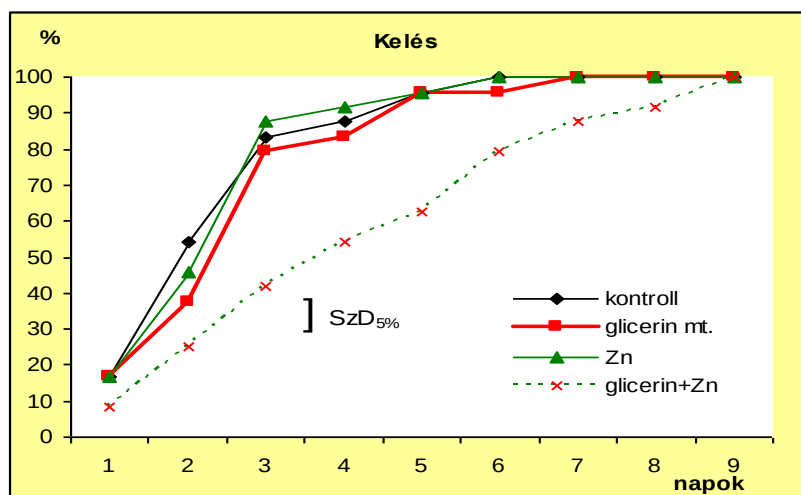
6. táblázat: A szögcsíra kialakulása (%)



7. ábra: A kukorica szögcsírázási ideje

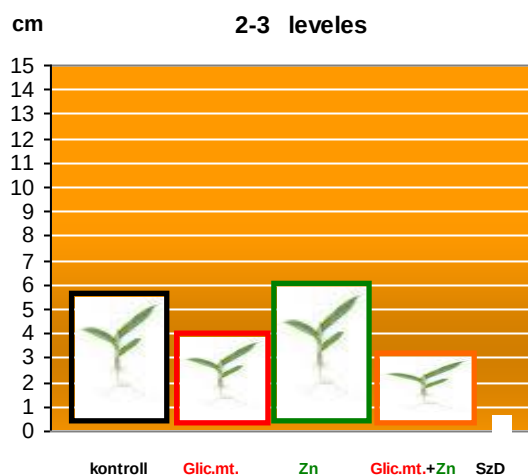
4.3 Tenyészedény kísérlet eredményei

A kukoricaszemek kelésének ütemét a 4. melléklet tartalmazza. 100%-os kelésről vagy föld feletti csírázásról akkor beszélünk, mikor mind a nyolc kukoricaszem rügyecskéje kiemelkedett a talajfelszín fölé. Megállapíthatjuk, a kukoricaszemek minden esetben kikeltek, viszont különbség tapasztalható a kelések idejében. Az ültetés követő 10. napon elkezdődött, a 19. napon az összes kukorica növény kikelt. A kontroll, a cink és a glicerines kezelés esetében már a 16. napon 100%-os keléssel számolhatunk. Ez megfigyelhető a 8. ábrán. Látható, hogy sem a glicerín sem a cink nem okozott jelentős különbséget a kontrollhoz képest a magok kelési erélyét illetően, viszont a glicerín és cink együttesen a kelési idő jelentős hosszabbodását idézte elő.

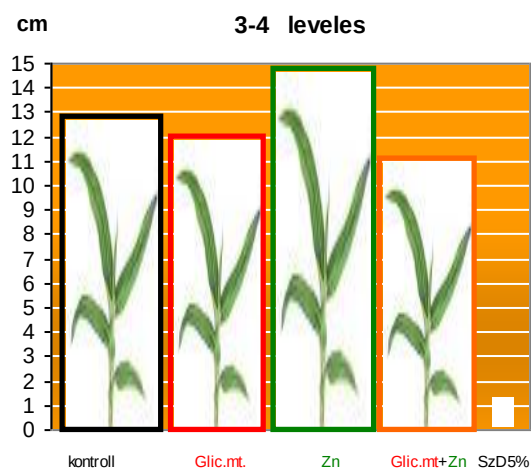


8. ábra: A kukorica növény kelési ideje

Tenyészedény kísérletben figyeltem a növények növekedését (cm) 2-3 és 3-4 leveles fenofázisban. Megfigyeltem, hogy a hajtás növekedésére a Zn kezelés pozitívan hatott. A glicerín melléktermék a növekedést gátolja a kontrollhoz képest 2-3 leveles állapotnál, a tenyészidő előre haladtával 3-4 leveles fejlődési szakaszban a kezdeti gátló hatás megszűnik (nem szignifikáns a csökkenés). A glicerín melléktermék plusz cink kezelés a növekedésre mind a két mérési pontnál kedvezőtlen hatással volt. A mért adatokat az 5. melléklet tartalmazza, de a 9. és a 10. ábrán megfigyelhetőek a különbségek.

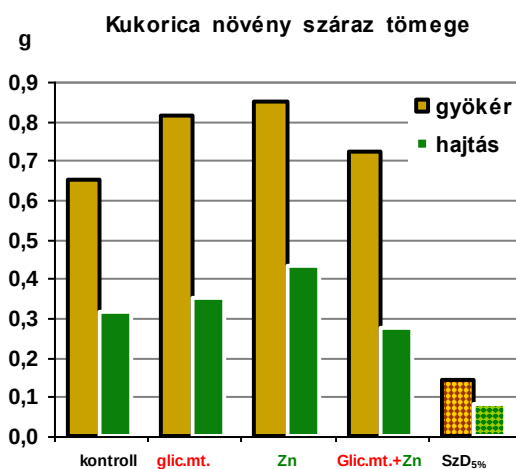


9. ábra: A hajtás növekedése 2-3 leveles állapotban

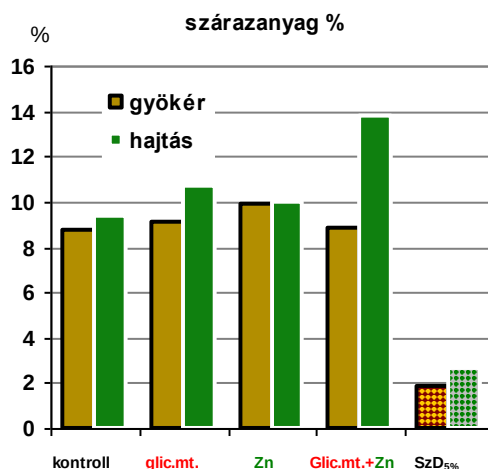


10. ábra: A hajtás növekedése 3-4 leveles állapotban

A kukorica növény (3-4 leveles) hajtás levágása után a gyökeret a talajtól elkülöníttem, lemértem a nedves és légszáraz tömegét, és kiszámoltam a szárazanyag %-ot. Az adatokat a 6. melléklet tartalmazza és a 11. és a 12. ábra ábrázolja.



11. ábra: A kukorica növény száraz tömege

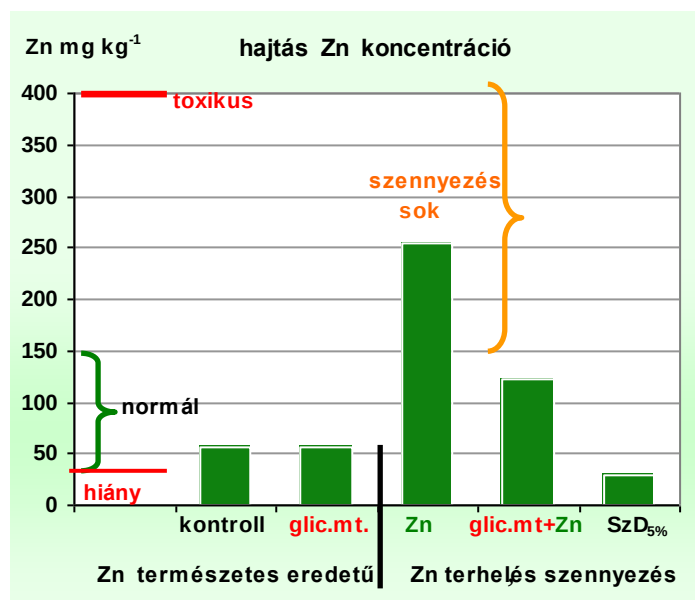


12. ábra: Gyökér és hajtás szárazanyag %

Látható, hogy a Zn kezelés a zöld tömegre és gyökér hozamra is kedvezően hat. A gyökér tömege meghaladja a föld feletti hajtás szárazanyag tömegét. A kontrollhoz képest a gyökér hozam a glicerinnél és a Zn kezelés hatására növekedést mutat. A hajtás szárazanyag %-a növekedés látható a glicerinnél+Zn kezelésnél.

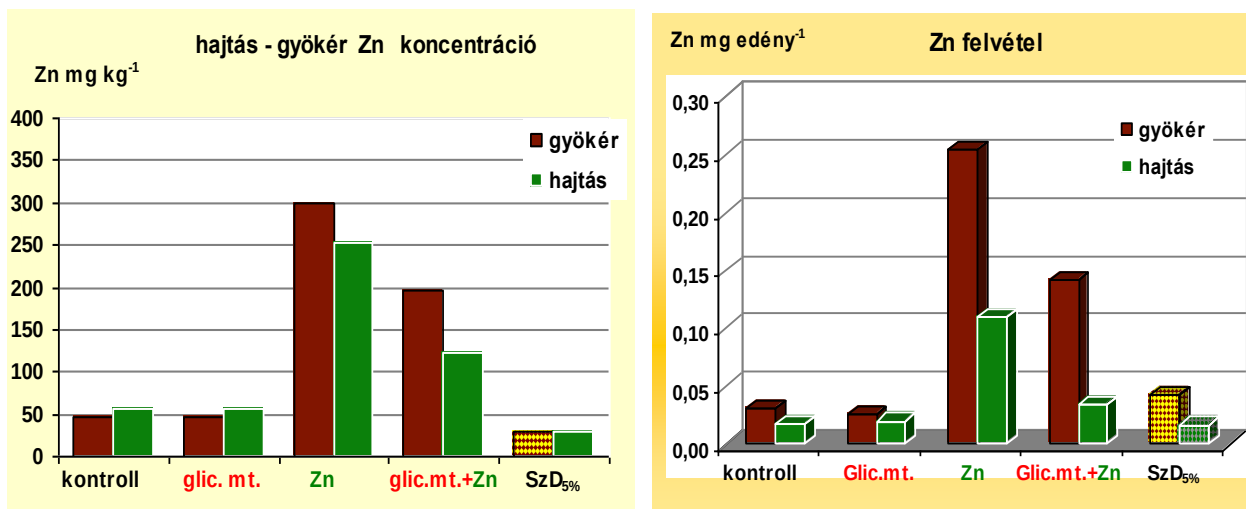
4.4 Cink tartalom/felvétel eredmények

A talajok nehézfém tartalma két forrásból ered. Egyrészt természetes nehézfém tartalomból,- ezt jelképezi kontroll és a melléktermék kezelés - másrészt az emberi tevékenység eredményeként bekövetkező talajszennyezésből - ezt modellezi Zn kezelés 100mgZnkg^{-1} és Zn terhelés glicerinnel. A gyökér és hajtás cink koncentrációját a 7. mellékletben található táblázat tartalmazza.



13. ábra: A Zn koncentrációja a hajtásban

A Zn normál koncentráció tartománya a növényben 25 és 150 mg/kg között van. A levélszövet 20 mg/kg szárazanyag alatti Zn tartalma az állomány elégtelen cinkellátottságára figyelmeztet, míg toxikus tünetek akkor fordulnak elő, ha 400mgkg^{-1} felett van szárazanyagban (SÁRDI, 2003). A 13. ábrán láthatjuk, hogy a glicerinnel kevert melléktermék talajba keverése nem okoz Zn hiányt, viszont a melléktermék Zn-vel együtt csökkentette a hajtás Zn koncentrációját. A cinket a növényi szövetek erősen megkötik, az állati fehérjéből könnyen felszívódik. A növények cink felvétele a glicerinnel kevert melléktermék talajba keverésével csökkenthető, megakadályozva, hogy a cink táplálékláncba bekerüljön.

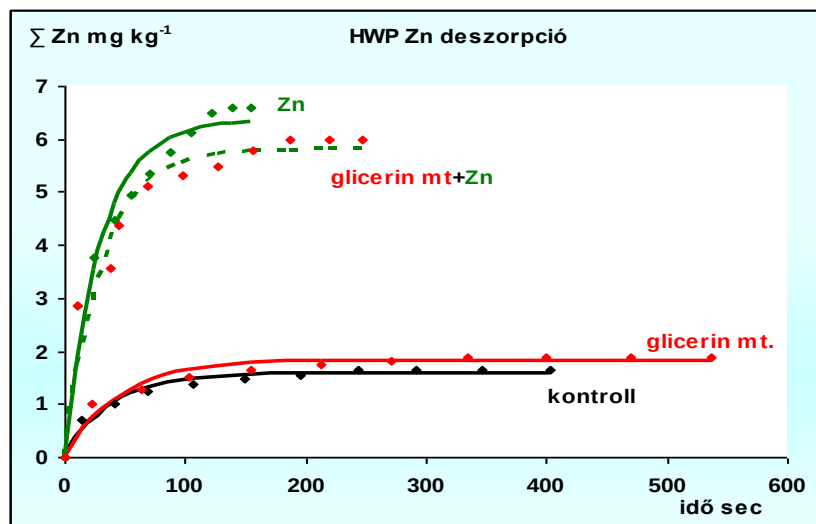


14. ábra: A kukoricánövények gyökér és hajtásrészének Zn tartalma és Zn felvétele

Az adott tenyészedényben a hajtás és gyökér szárazanyag hozama és Zn koncentrációjának szorzata adja a tápelem felvétel edényenként. A 14. ábrán látható, hogy cinkterhelés esetén a felvett cink a gyökérzetben akkumulálódik. A talaj eredeti cinktartalmánál (kontroll és glicerines kezelés) a glicerines kezelés nem volt hatással a gyökér és a hajtás cink tartalmára, viszont azon a talajon, amelyik 100mg/kg cinkkel volt terhelve, a növények cinktartalma illetve cinkfelvétele szignifikánsan megnőtt a kontrollhoz képest, továbbá a glicerinnel jelenléte a cink mellett csökkentette mind a növényi részek cinktartalmát mind pedig a növény cink felvételét. A gyökér és a hajtás által felvett cink mennyiségeket a 8. melléklet tartalmazza.

4.5 Talajvizsgálat

A deszorpciós vizsgálatokból megállapíthatjuk (15. ábra, 9. melléklet), hogy a glicerinnel melléktermékkel kezelt talaj időben elhúzódva (536 s/dm), a cinkkel kezelt talajok viszont gyorsan adják le vízzel oldható Zn tartalmat (154 s/dm³). A kontroll és a melléktermékkel kezelt talaj vízzel oldható Zn tartalma közel azonos. Tehát a glicerinnel, mint deszorpciós folyamatokat módosító tényező ebben a vizsgálatban úgy jelentkezett, hogy azok a talajok, amelyek glicerinnel voltak kezelve lassabban, időben elhúzódva adják le a cinket. A glicerinnel talajba keverésének pozitív hatása lehet, hogy befolyásolja a talaj vízáteresztő képességét.

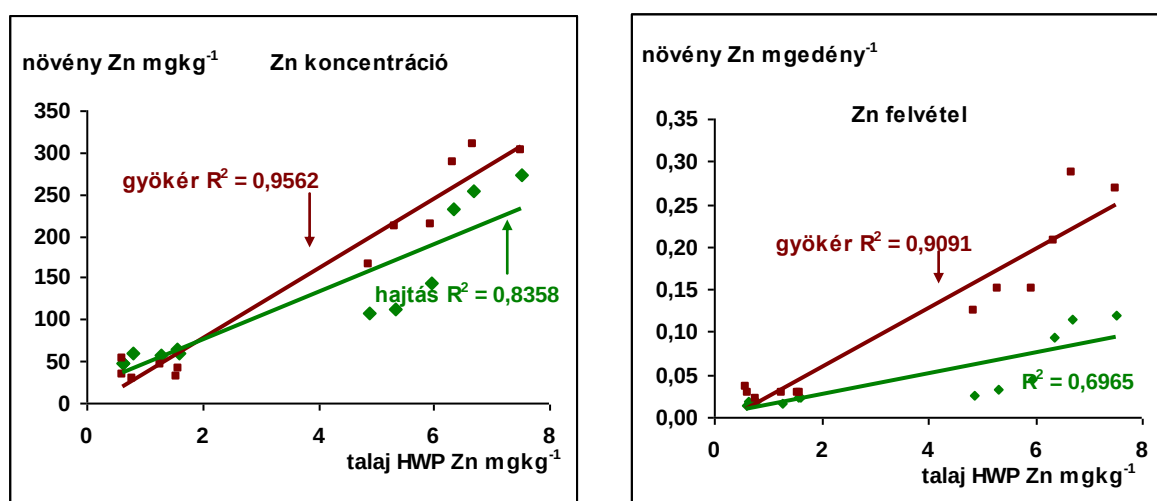


15. ábra: HWP Zn deszorpció

kezelés	talaj (HWP Zn)		hajtás	gyökér	hajtás	gyökér
	Zn mgkg ⁻¹	k	Zn mgkg ⁻¹	Zn mgkg ⁻¹	Zn felvétel mgedény ⁻¹	Zn felvétel mgedény ⁻¹
kontroll	1,59	0,0263	55,730	46,44	0,0174	0,0303
glicerín mt. 1%	1,82	0,0228	57,190	31,44	0,0200	0,0257
Zn (100mgkg ⁻¹)	6,35	0,0340	253,680	299,87	0,1094	0,2547
G.mt. 1%+Zn 100mgkg ⁻¹	5,81	0,0325	121,850	196,44	0,0345	0,1415

7. táblázat: Talaj vízzoldható cink tartalma és növény cink tartalma és felvétel

A talajba levő vízben oldható elem tartalom ismerete fontos a növények tápanyag felvétele, valamint a környezet szennyezés szempontjából. A talajok tápanyag-szolgáltató képességét meghatározó folyamatok mind vizes közegben mennek végbe.



16. ábra: A vízzoldható cink és a növény cink tartalom és felvétel korellációja

A kukorica növény által felvehető cink tartalom a forróvizes talaj extrakció mérési adataival jól jellemezhető és a talaj cink mobilitásának változása a vízzel oldható elemtartalom adataival nyomon követhető. Ezért összehasonlítottam a talaj vízzel oldható cink tartalmát és a növény cink tartalmát illetve felvételét (7. táblázat). A 16. ábrán látjuk, hogy a gyökér Zn koncentrációja és felvétele szorosabb összefüggést mutat a vízzel oldható cink tartalommal (R^2 :0,96; 0,90), mint a hajtás (R^2 : 0,83; 0,70). Azt is megfigyelhetjük, hogy jól korrelál a talajból forró vízzel kioldható Zn mennyisége azzal a cinkkel, amit a növény a 3-4 leveles fenofázisáig képes felvenni.

5. Következtetések, javaslatok

A vizsgálatokból levonható következtetések: A különböző koncentrációjú szennyezett és szennyezetlen glicerinnek nincs hatása a kukoricaszem duzzadására 48 óra elteltével. A kukoricaszemek csírájának fejlődése a glicerines kezelések hatására lassabban és később indul a kontrollhoz képest. Megállapítottam, hogy sem a glicerin sem a cink nem okozott jelentős különbséget a kontrollhoz képest a magok kelési erélyét illetően, viszont a glicerin és cink együttesen a kelési idő jelentős hosszabbodását idézte elő. A kukorica növény Zn koncentrációját a melléktermék 1%-os talajba keverése nem befolyásolta. A melléktermék Zn-vel együtt viszont csökkentette a hajtás Zn koncentrációját, tehát a glicerin melléktermék 1%-os talajba keverésével a cink felvétel csökkenthető a cinkkel terhelt talajok esetén. Megállapítottam továbbá, hogy a talaj HWP oldható cink és a növény cink koncentrációjának és felvételének korrelációja szoros összefüggést mutat.

Glicerin melléktermék talajba keverésének lehetősége további sokoldalú vizsgálatokat igényel. Fontos a megfelelő technológia kidolgozása az inkubációs idő és a talajba keverés arányának pontos meghatározása. 1% glicerin talajba keverése 29 t/ha melléktermék felhasználást jelent. Mivel szén juttatunk a talajba a glicerinnel fontos, hogy a szén lebomlásához szükséges nitrogén megfelelően mennyiségben álljon rendelkezésre.

Javaslatok:

- Szántóföldi körülmények között vizsgálni tenyésztés végéig a talaj-növény rendszert.
- Fontos a táplálék lánc minden elemét (talaj-növény- állat-ember) vizsgálni.
- Alaptrágya és melléktermék kombinációjának vizsgálata.
- Bekeverési arány csökkentése (0,5% vagy 0,1%).
- Az inkubációs idő meghosszabbítása.

6. Összefoglalás

Az EU által támogatott környezetbarát technológiák közé tartozik a biodízelgyártás. Biodízelt főleg repceből, napraforgóból és fűzfa magból, ill. zsírokból állítanak elő. A technológia lényege, hogy növényi magvakból az olajat kinyerik és átészterezés útján biodízelt állítanak elő és melléktermékként szennyezett glicerint keletkezik. Ennek glicerintartalma közel 50 % emellett jelentős mennyiségben tartalmaz még a növények számára értékes makro és mikroelemeket, illetve növények szempontjából károsnak mondható metanolt és kálium-hidroxidot (KOH). Megfelelő tisztítási eljárás után mezőgazdaságban is felhasználják (komposztokban, hígtrágyához keverve, takarmánnyként) ezt a nagy mennyiségben (15000 t/év) keletkező mellékterméket, azonban talajba történő közvetlen keverését ez idáig kevesen vizsgálták.

Vizsgálataim során arra szerettem volna választ kapni, hogy a glicerint, mint szennyezett melléktermék milyen hatással van a növényekre tápelem felvétel szempontjából, illetve a növény fejlődési szakaszában okoz-e rendellenességet.

A tenyészedény kísérletet savanyú gödöllői erdőtalajon végeztem kukorica jelzőnövényekkel. A kísérlet során 2 hétig tartó talajinkubációt végeztem glicerinnel illetve ismert mennyiségű cinkkel. Kezeléseim (3 ismétlésben) a következők voltak:

- I. kontroll,
- II. 1% glicerint melléktermék,
- III. Zn terhelés 100mg/kg,
- IV. 1% glicerint melléktermék+ Zn terhelés 100 mg/kg.

A vizsgálatokat több fejlődési szakaszokban hajtottam végre: duzzadás, csírázás, kelés, 2-3 és 3-4 leveles állapot. Vizsgálódásaim célpontja pedig: szárazanyag hozam, szárazanyag %, növény (hajtás, gyökér) analízis - Zn koncentráció és felvétel.

A vizsgálatokból levonható következtetések: a kukorica növény egyedfejlődésének kezdetén (szögcsíra kialakulása, kelés) a glicerint melléktermék kismértékű gátló hatását tapasztaltam, de ez a hatás az idő előre haladtával eltompult és a 3-4 leveles állapotban már nem mutatkozott szignifikáns különbség a kontroll és a melléktermékkel kezelt növények között. A kukorica növény Zn felvételét a melléktermék talajba keverése nem gátolja, azonban a cinkkel és melléktermékkel egy időben kezelt minta cink felvétele szignifikánsan kisebb volt, mint a cinket igen, de glicerint mellékterméket nem kapott növény. Továbbá a glicerinnel kezelt talajok időben elhúzódva, lassan adják le a cinket.

Glicerín melléktermék talajba keverésének lehetősége további sokoldalú vizsgálatokat igényel. Elengedhetetlen a megfelelő technológia kidolgozása, így az inkubációs idő és a talajba keverés arányának pontos meghatározása.

Az Európai Bizottságnak az a határozata, hogy 2010-re a tagországokban a felhasznált üzemanyag 5,75%-át bioüzemanyaggal kell helyettesíteni, mind a bioalkohol, mind pedig a biodízel előállítás jelentős mértékű növelését tette szükségessé hazánkban is. Jelenlegi kb. 3,7 % alternatív energiahordozó termelést rövid időn belül (2020) 10%-ra kell emelni. Ez azzal jár, hogy a bioüzemanyag előállítás során keletkező melléktermékek mennyisége nagymértékben meg fog növekedni.

Kutató munkámat a TECH-09-A4-2009-0133, BDREVAM2 „Fenntartható biodízel technológia és hozzáadott értékű melléktermékek” című pályázat keretén belül végeztem.

7. Irodalomjegyzék

1. ALLOWAY, B.J. (1990): Heavy metals in soils. Blakie and Son Ltd. Glasgow-London. 339 p.
2. BALIKÓ K.(2009): A borsó és szója tápláltsági állapotának jellemzése, Doktori értekezés Keszthely 3. p.
3. BOCZ E. (1996): Kukorica – Származása, morfológiája, biológiai jellemzői In: Bocz E., Késmárki J., Kováts A., Ruzsányi L., Szabó H. (szerk.), Szántóföldi növénytermesztés, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 365-369. p.
4. CSATHÓ P.(1994): A környezet nehézfém szennyezettsége és az agrártermelés (Tematikus szakirodalmi szemle). Budapest: A Környezet- és Területfejlesztési Minisztérium MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete kiadványa, 176 p.
5. DOPPENBERG J,- VAN DER AER, P.J. (2007): Applications of rapeseed meal or- expeller and glycerine in diets for non ruminants, in : Doppenberg J,Van der Aer, P.(szerk.), Biofuels implications for the feed industry. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands.
6. F. DIÁNEZ, M. SANTOS, M. DE CARA AND J.C. TELLO, (2007): Evaluation of Crude Glycerol from Biodiesel Production as a plant pathogen control agent. In: Current research topics in applied microbiology and microbial biotechnology, Proceedings of the II International Conference on Environmental, Industrial and Applied Microbiology. 33-38 p.
7. FISCHER, W. R. 1997: Das Verhalten von Spurenelementen im Boden. – Naturwissenschaften, 74. 2. pp. 63-70. In: Műszaki Inf. Környezetvédelem, 50-54.p.
8. FRAGERIA, N. A.- BALIGAR, CH JONES (1995): Soybean. In : Growth and Mineral nutrition of Field Crops. (Ed. Bowker, RR) Marcel Dekker Inc. USA. Chapter 1, 1-11. p.
9. FRIEDLAND, A.J.(1989): The movement of metals through soils and ecosystems. In: Shaw, A.J. (ed): Heavy metal tolerance in plants: evolutionary aspects. CRC Press, Inc., Boca Raton, 7-20 p.
10. FÜLEKY GY. – CZINKOTA I. (1993): Hot Water Percolation (HWP): - A New Rapid Soil Extraction Method. 131-135 p.
11. GERPEN J (2005): Biodiesel processing and production. Fuel Process Technology, 86. p., 1097-1107 p.
12. GYŐRI D. (1984): A talaj termékenység, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
13. HAJDÚ J. (2009) : Bioüzemanyagok előállítása és felhasználása OBEKK Tudományos szakmai kiadványok. (12/12) Gödöllő
14. HANZÉLY GY. (1993): Energia repceből. Magyar Mezőgazdaság. 48évf. 1sz. 10-11. p.

15. HETÉNYI K.- NÉMETH Á.- SEVELLA B., (2008): Fehérbiotechnológiai kutatások Magyar Kémiai Folyóirat-Összefoglalói közlemények 114 évfolyam. 3 szám
16. HORVÁTH A. (2004): Talajszennyezés, Talajszennyező források egészségkárosító hatása. In: Környezetegészségtani jegyzetek (Szerk.: DURA GY.) Budapest: Fodor József Országos Közegészségügyi Központ Országos Környezetegészségügyi Intézete kiadványa, 81-83. p.
17. JOLÁNKAI M. (1987): A tápanyag és a vízellátottság szerepe, Magyar Mezőgazdaság, 42(20): 9
18. KÁDÁR I. (1992) A Növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet. Budapest. 54-100. p., 334-370. p.
19. KÁDÁR I. (1995): A talaj-növény-állat-ember tápláléklánc szennyeződése kémiai elemekkel Magyarországon, Akaprint, KMT, MTA TAKI, Budapest
20. KALOCSAI R.- SCHMIDT R.- SZAKÁL P. (2004) Agro Napló VIII. évf. Lehetőségek a trágyázás hatékonyságának növelésére környezetbarát módon a főbb szántóföldi kultúráknál 4.p.
21. KOVÁCS A.- CZINKOTA I.- KOVÁCS A.- TOLNER L. (2011): Biodízel melléktermék alkalmazása a talajvédelemben, Erdei Ferenc: IV. Tudományos konferencia III. kötet 2011. aug. 26-26 Kecskemét, ISBN: 978-615-5192-01-2, 375-380. p.
22. KOVÁCS P. (2010): A biodízel gyártás során keletkező glicerín takarmányozási célú felhasználása a hízósertéseknél, Doktori értekezés Nyugat-magyarországi Egyetem, Mosonmagyaróvár
23. MENYHÉRT Z. (szerk.) (1985): A kukoricatermesztés kézikönyve. Budapest, Mezőgazdasági Kiadó
24. NELSON, W. O.–CAMPBELL, P. G. C. 1992: The effects of acidification on the geochemistry of Al, Cd, Pb and Hg in freshwater environments: literature review. – Environmental Pollution,. In: Műszaki Inf. Környezetvédelem, 7-28. p.
25. NEUMULLER O. (1983): Römpps Vegyészet Lexikon 3.(Römpps Chemie-Lexikon Főszerk: Polinszky Károly) Műszaki Kiadó, Budapest, 851. p.
26. PAPP S. ÉS KÜMMEL, R.(1992) Környezeti kémia, Tankönyvkiadó, Budapest. 359. p.
27. RADICS L.,(1994): Szántóföldi növénytermesztés, Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem Kertészeti Kar, Budapest. 79. p.
28. ROE, O. (1982): Species differences in methanol poisoning, CRC Critical Reviews in Toxicology, 275-286. p.
29. SÁRDI K. (2000): Tápanyagellátottság hatásának tanulmányozása fiatal növényekben. XIV. Országos Környezetvédelmi Konferencia, Siófok. Kiadvány. 238-241. p.
30. SÁRDI K. (2003): Agrokémia, A növénytáplálás alapjai, Kari jegyzet, Keszthely, 16. p., 17. p., 27. p., 68. p.

31. SINÓRUS SZ. B.- MEGYES, A – SÜLYÖK, D – RÁTONYI, T. (2007) : A biodízel termelés mint kitörési pont a növénytermesztésben. Agrárunió 8, 27-30. p.
32. SKRZYDELEWSKA, E. (2003): Toxicological and metabolic consequences of methanol poisoning, Toxicology Mechanisms and Methods,
33. SUBA J. (1992): Növénytani gyakorlatok, II. kötet, Kézirat, Eger, 106. p.
34. SÜDEKUM, K-H. (2002) : Glycerine in der Tierernahrung. UFOP-Schriften Heft 17, Bonn Germany, 37-67. p.
35. SÜDEKUM, K-H. (2007): By-products from biodiesel production: glycerine and rapeseed products in rations for farm animals. in: Doppenberg, J. Van der Aar, P. (szerk), Biofuels: implications for the feed industry. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, 61-72. p.
36. SZABÓ Z. (2004): A talaj és a talajvíz szennyezések kármentesítése, a kármentesítési program, határértékek. In: Környezetegészségügyi jegyzetek (Szerk.: Dura Gy.) Budapest: Fodor József Országos Közegészségügyi Központ Országos Környezetegészségügyi Intézete kiadványa, 84-85. p.
37. TERBE I.- CSATHÓ P.- ÁRENDÁS T.- FODOR N.- KAPPEL N.- SLEZÁK K.- MARTH P.- CSERNI I.- TAKÁCSNÉ HÁJOS M.- KAPITÁNY J.- KRUPPA J.- BARNÓCZKI A.- VARGA I. (2004): A szükséges tápanyagmennyiség meghatározása. In: Terbe I., Csathó P. (szerk) Környezetkímélő tápanyag-gazdálkodás a szabadföldi zöldségtermesztésben. Budapest, Budapesti Corvinus Egyetem Kertész tudományi Kar, Zöldség- és Gombatermesztési Tanszék-MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet. 25-41 p.
38. TÉRMEG J. (2004): Csemegekukorica tápanyag utánpótlási technológia. Kemira Grow How, 4 (5) 2. p.
39. TOLNER L.- ZÓDI M.- KOVÁCS A. – KERTÉSZ B. (2010): Biodízelgyártás melléktermékeként keletkező glicerinnel hatása a talaj ásványi nitrogén tartalmára. (The effect of glycerine, a byproduct of biodiesel production, on the mineral nitrogen content of soil). Zöldenergia, földhő és napenergia hasznosítása a hőtermelésben Konferencia, Gyöngyös, 2010.05.20. Konferenciakiadvány ISBN:978-963-9941-12-0, 110-114. p.
40. TOOLE, R., (1924): The transformations and course of development of germinating maize. American Journal of Botany, 11. p, 325-350. p.
41. VARGA M. (2007): Mikrotápanyagok: A cink
42. VEDY, J. - ROBERT, C.(1998): Le sol, un lieu stratégique le controle de la pollution environnementale. 16th Congress Mondial de Science du Sol, Montpellier. Résumés Vol.II, 467. p.
43. VERMES L. (1994): A talajszennyezés néhány kérdése. Talajvédelem, 86-93. p.

Rendeletek, jogszabályok

1. Magyarország megújuló energia hasznosítási cselekvési terve 2010-2020 pp. 26
2. Nemzeti Fejlesztési Minisztérium (NFM) A 2020-ig terjedő megújuló energiahordozó felhasználás alakulásáról.
3. 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet : A földtani közeg és a felszín alatti víz szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről
4. 9/2003. (III.13) ESZCSM rendelet az élelmiszer vegyi szennyezettségének megengedhető mértékéről szóló 17/1999. (VI. 16.) EüM rendelet módosításáról
5. 44/2003. (IV. 26.) FVM rendelet a Magyar Takarmánykódex kötelező előírásairól

Internet hivatkozások

(http1): <http://www.uis.hu/download/A%20Ca%20es%20a%20Zn.pdf> (2012.05.)

Szabó Sz. (2003): Vetésidő ajánlás a DEKALB kukorica hibridekhez:

<http://www.agroinform.com/aktualis/Agroinform-Hirszolgalat-Vetesido-ajanlas-a-DEKALB-kukorica-hibridekhez/20120330-19179/> (2012.10.)

Zsombik L. (2007): A tápanyagellátás helyzete, fontosabb szempontja

<http://www.pointernet.pds.hu/ujsagok/agrazagazat/2007/12/20071224160345244000000823.html>
(2012.10.)

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném megköszönni Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Talajtani és Agrokémiai Tanszékének, hogy lehetővé tette a vizsgálatok elvégzését.

Szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Rétháti Gabriellának, aki koordinálta a laboratóriumi munkámat és szakmai segítséget nyújtott.

Továbbá köszönetet mondok a Talajtani és Agrokémiai Tanszék agrokémiai labor dolgozóinak, elsősorban Vejzer Tibornének, hogy segítették munkámat.

Mellékletek

1.melléklet: A kezelt talajok paraméterei

vizsgálat megnevezése	talaj kontroll	talaj+ 1%glicerín mt.	talaj+ 100mgZn/kg	talaj+ 1%G+100mgZn/kg	glicerín mellékt.
Száranyag %					64
pH _{H2O}	5,74	5,68	5,58	5,53	10,71
pH _{KCl}	4,20	4,84	4,41	4,73	9,64
K _A	25	25	25	25	
CaCO ₃ %	0	0	0	0	
izzítási veszteség%	2,08	2,57	2,08	2,54	92,63
C %	1,17	1,44	1,14	1,41	53,73
N %	0,09	0,09	0,09	0,09	0,04
C:N	13	16	13	16	
AL-P ₂ O ₅ mg kg ⁻¹	22,40	40,00	20,20	38	85,52µgml ⁻¹
AL-K ₂ O mg kg ⁻¹	177,00	324,60	185,50	312,00	
össz.P (H ₂ SO ₄)	760	900	800	960	0,92mgml ⁻¹
össz.K (H ₂ SO ₄)	4429	5092	4400	5010	14,81mgml ⁻¹
Zn-EDTA mg kg ⁻¹	1,56	2,02	136,84	118,60	28,35 µgml ⁻¹
Zn-H ₂ O mg kg ⁻¹	1,32	0,99	2,77	1,81	1,4 µgml ⁻¹

2.melléklet: duzzadás, vízfelvétel %

óra	deszt.víz/1	deszt.víz/2	átlag
0	0	0	0
1	4,83	4,61	4,72
2	9,77	8,78	9,27
3	13,8	12,15	12,98
4	16,65	15,72	16,19
5	17,24	20,09	18,66
6	18,94	22,47	20,71
12	26,17	28,57	27,37
24	34,34	37,80	36,07
36	39,53	43,15	41,34
48	43,41	47,42	45,42

óra	Mellék.tm.0,5%/1	Mellék.tm.0,5%/2	átlag	Mellék.tm.1%/1	Mellék.tm.1%/2	átlag
0	0	0	0	0	0	0
1	5,70	5,89	5,80	5,77	6,91	6,34
2	9,55	9,89	9,72	10,65	11,03	10,84
3	13,20	13,29	13,24	14,19	15,06	14,62
4	16,25	16,58	16,42	17,27	18,34	17,81
5	18,70	19,18	18,94	19,56	20,73	20,14
6	20,45	20,78	20,61	21,50	22,61	22,06
12	28,05	27,57	27,81	28,90	29,17	29,00
24	35,90	35,66	35,78	34,44	37,03	35,74
36	40,90	40,81	40,85	39,07	41,25	40,16
48	43,80	44,46	44,13	42,71	44,09	43,40

óra	glicerín.0,5%/1	glicerín.0,5%/2	átlag	glicerín.1%1	glicerín.1%1	átlag
0	0	0	0	0	0	0
1	5,22	4,23	4,73	7,33	4,63	5,98
2	9,20	8,86	9,03	12,37	8,72	10,54
3	12,79	13,10	12,94	16,56	12,95	14,76
4	16,12	16,98	16,55	19,60	15,70	17,65
5	18,46	19,07	18,77	21,55	17,89	19,72
6	20,50	20,37	20,43	23,19	19,48	21,34
12	26,82	27,09	26,95	29,98	26,36	28,17
24	34,28	34,91	34,59	35,66	34,68	35,17
36	39,05	38,84	38,95	40,25	39,06	39,66
48	42,64	42,28	42,46	42,99	42,35	42,67

3.melléklet: 10 szem kukorica szögcsíra kialakulása %

	1	2	3	4	5
%	nap				
<i>deszt.víz/1</i>	90	90	100	100	100
<i>deszt.víz/2</i>	80	100	100	100	100
átlag	85	95	100	100	100
<i>Mellék.tm.0,5%/1</i>	20	50	90	90	100
<i>Mellék.tm.0,5%/2</i>	30	80	80	100	100
átlag	25	65	85	95	100
<i>Mellék.tm.1%/1</i>	30	80	80	90	100
<i>Mellék.tm.0,1%/2</i>	40	90	90	90	90
átlag	35	85	85	90	95
<i>glicerín.0,5%/1</i>	60	90	100	100	100
<i>glicerín.0,5%/2</i>	80	80	80	80	80
átlag	70	85	90	90	90
<i>glicerín.1%/1</i>	40	50	70	80	80
<i>glicerín.1%/2</i>	40	90	100	100	100
átlag	40	70	85	90	90

4.melléklet: Kukoricaszem kelési idő (nap ,%)

napok	1	2	3	4	5	6	7	8	9
kezelés/ismétlés	(db) %	(db) %	(db) %	(db) %	(db) %	(db) %	(db) %	(db) %	(db) %
kontroll-1	(1) 12,5	(4) 50,0	(7) 87,5	(7) 87,5	(8) 100				
kontroll-2	(2) 25,0	(4) 50,0	(7) 87,5	(7) 87,5	(7) 87,5	(8) 100			
kontroll-3	(1) 12,5	(5) 62,5	(6) 75,0	(7) 87,5	(8)100				
átlag	16,7	54,2	83,3	87,5	95,8	100			
Glicerín mt.-1	(1) 12,5	(2) 25,0	(6) 75,0	(6) 75,0	(7) 87,5	(7) 87,5	(8) 100		
Glicerín mt.-2	(2) 25,0	(4) 50,0	(7) 87,5	(8) 100					
Glicerín mt.-3	(1) 12,5	(3) 37,5	(6) 75,0	(6) 75,0	(8) 100				
átlag	16,7	37,5	79,2	83,3	95,8	95,8	100,0		
Zn-1	(2) 25,0	(3) 37,5	(6) 75,0	(7) 87,5	(7) 87,5	(8) 100			
Zn-2	(0) 0,0	(3) 37,5	(8) 100						
Zn-3	(2) 25,0	(5) 62,5	(7) 87,5	(7) 87,5	(7) 87,5	(8) 100			
átlag	16,7	45,8	87,5	91,7	95,8	100,0			
Glic. mt.+Zn-1	(0) 0,0	(1) 12,5	(1)12,5	(2) 25,0	(3) 37,5	(4) 50,0	(5) 62,5	(7) 75,0	(8) 100
Glic. mt+Zn-2	(1) 12,5	(2) 25,0	(4) 50,0	(5) 62,5	(6) 75,0	(8) 100			
Glic. mt.+Zn-3	(1) 12,5	(3) 37,5	(5) 62,5	(6) 75,0	(6) 75,0	(7) 87,5	(8) 100		
átlag	8,3	25,0	41,7	54,2	62,5	79,2	87,5	91,7	100,0
Kezelés SzD_{5%}:-									
13,3									

5.melléklet: Tenyésztési idő mért magasság (cm)

db kukorica	1	2	3	4	5	6	7	8		1	2	3	4	5	6	7	8	
kezelés	(2-3 leveles) cm								átl.	(3-4 leveles) cm								átl.
kontroll-1	6,0	4,0	5,0	4,0	3,0	3,0	8,0	4,0	4,6	13,0	13,0	12,0	10,5	14,5	14,5	9,5	14,0	12,6
kontroll-2	4,0	6,0	5,0	6,0	4,0	5,0	6,0	6,0	5,3	13,5	10,0	14,5	14,0	15,5	12,0	14,0	14,0	13,4
kontroll-3	7,5	6,0	7,0	8,0	5,0	4,0	2,0	5,0	5,6	9,5	15,0	16,0	16,0	16,0	3,5	12,0	11,5	12,4
átlag	5,15									12,83								
Glic.mt.-1	4,0	4,5	3,0	4,0	3,0	3,0	5,0	4,0	3,8	10,0	14,0	16,0	10,0	10,5	13,5	9,5	12,5	12,0
Glic.mt.-2	5,0	4,5	5,0	5,0	2,0	4,0	3,0	4,0	4,1	14,0	12,0	13,0	12,0	13,0	11,0	12,5	12,0	12,4
Glic.mt.-3	2,5	2,5	3,0	3,0	4,0	6,0	5,0	3,0	3,6	8,0	11,5	10,0	9,0	12,0	11,5	10,0	10,5	10,3
átlag	3,83									11,58								
Zn-1	1,0	4,0	5,0	4,0	6,0	4,0	5,0	5,5	4,3	15,5	12,0	3,5	12,0	16,0	13,5	14,5	12,0	12,4
Zn-2	7,0	6,0	6,0	7,0	7,0	7,0	7,0	6,0	6,6	18,5	18,0	16,0	18,5	17,0	18,0	17,5	17,0	17,6
Zn-3	5,0	7,0	4,0	8,0	8,0	5,0	5,0	5,0	5,9	14,0	14,0	12,0	13,5	13,0	15,0	13,0	16,5	13,9
átlag	5,60									14,60								
G+Zn-1	4,0	3,0	2,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5	1,6	9,5	8,5	14,5	9,0	10,0	9,0	6,0	7,0	9,2
G+Zn-2	2,0	3,0	3,5	5,0	4,0	3,0	4,0	4,0	3,6	10,0	11,5	10,0	12,5	9,0	13,0	13,0	10,5	11,2
G+Zn-3	2,0	3,0	1,5	3,0	5,0	5,0	3,0	4,0	3,3	12,5	11,0	11,5	14,0	13,5	12,5	9,5	15,0	12,4
átlag	2,83									10,94								
SzD_{5%}	0,76									1,35								

6.melléklet: Szárazanyag tömeg és szárazanyag %

Gyökér száraz tömege g

hajtás száraz tömege g

	1	2	3	átlag	1	2	3	átlag
kezelés	ismétlés				ismétlés			
kontroll	0,66	0,60	0,70	0,65	0,29	0,28	0,37	0,31
glic. mt.	0,88	0,83	0,73	0,81	0,36	0,40	0,30	0,35
Zn	0,72	0,93	0,89	0,85	0,40	0,45	0,44	0,43
glic.+Zn	0,76	0,70	0,71	0,72	0,24	0,31	0,28	0,28
SzD_{5%}	0,14				SzD_{5%}	0,08		

gyökér szárazanyag %

hajtás szárazanyag %

	1	2	3	átlag	1	2	3	átlag
kezelés	ismétlés				ismétlés			
kontroll	8,25	10,00	8,75	9,00	9,66	9,33	9,25	9,41
glic. mt.	11,00	9,22	9,12	9,78	12,00	10,00	10,00	10,67
Zn	9,00	11,62	9,88	10,17	10,00	9,00	11,00	10,00
glic.+Zn	9,50	8,75	8,87	9,04	12,00	15,50	14,00	13,83
SzD_{5%}	1,85				SzD_{5%}	2,69		

7.melléklet: Gyökér és hajtás cink koncentrációja

gyökér Zn tartalma ppm					hajtás Zn tartalma ppm			
	1	2	3	átlag	1	2	3	átlag
kezelés(1)	ismétlés				ismétlés			
kontroll	52,16	45,4	41,76	46,44	48,24	57,84	61,12	55,73
glic. mt.	31,4	34,56	28,36	46,44	65,86	46,80	58,92	57,19
Zn	288,44	309,08	302,08	299,87	232,60	254,80	273,64	253,68
glic.+Zn	164,28	213,2	211,84	196,44	108,68	143,20	113,68	121,85
SzD_{5%}(1)	28,61				SzD_{5%}(1)	28,37		

8.melléklet: Gyökér és hajtás cink felvétele

Hajtás				Gyökér			
Kezelés	tömeg g	Zn mgkg ⁻¹	Zn mg edény ⁻¹	Kezelés	tömeg g	Zn mgkg ⁻¹	Zn mg edény ⁻¹
kontroll-1	0,29	48,24	0,0135	kontroll-1	0,66	52,16	0,0344
kontroll-2	0,28	57,84	0,0162	kontroll-2	0,60	45,4	0,0272
kontroll-3	0,37	61,12	0,0226	kontroll-3	0,70	41,76	0,0292
átlag	0,31	55,73	0,0174	átlag	0,65	46,44	0,0303
Glicerín mt.-1	0,36	65,86	0,0237	Glicerín mt.-1	0,88	31,4	0,0276
Glicerín mt.-2	0,40	46,8	0,0187	Glicerín mt.-2	0,83	34,56	0,0287
Glicerín mt.-3	0,30	58,92	0,0177	Glicerín mt.-3	0,73	28,36	0,0207
átlag	0,35	57,19	0,0200	átlag	0,81	31,44	0,0257
Zn-1	0,40	232,6	0,0930	Zn-1	0,72	288,44	0,2077
Zn-2	0,45	254,8	0,1147	Zn-2	0,93	309,08	0,2874
Zn-3	0,44	273,64	0,1204	Zn-3	0,89	302,08	0,2689
átlag	0,43	253,68	0,1094	átlag	0,85	299,87	0,2547
G+Zn-1	0,24	108,68	0,0261	G+Zn-1	0,76	164,28	0,1249
G+Zn-2	0,31	143,2	0,0444	G+Zn-2	0,70	213,2	0,1492
G+Zn-3	0,28	113,68	0,0330	G+Zn-3	0,71	211,84	0,1504
átlag	0,28	121,85	0,0345	átlag	0,72	196,44	0,1415
SzD_{5%}	0,08	28,37	0,0167	SzD_{5%}	0,14	28,61	0,0420

9.melléklet: A HWP deszorpció adatai (3 ismételés átlaga)

kontroll		glicerín mt.	
idő sec.	$\Sigma \text{ Zn mgkg}^{-1}$	idő sec.	$\Sigma \text{ Zn mgkg}^{-1}$
14	0,70	23	0,99
41	1,02	63	1,29
69	1,26	102	1,51
107	1,38	154	1,64
149	1,48	212	1,74
196	1,56	271	1,81
244	1,64	335	1,89
292	1,64	399	1,89
347	1,64	470	1,89
403	1,64	536	1,89

Zn 100mgkg ⁻¹		Zn+glicerín mt	
idő sec.	$\Sigma \text{ Zn mgkg}^{-1}$	idő sec.	$\Sigma \text{ Zn mgkg}^{-1}$
10	2,86	11	2,86
24	3,76	38	3,58
41	4,46	45	4,38
54	4,93	68	5,12
70	5,36	97	5,32
87	5,75	127	5,50
104	6,13	156	5,80
121	6,50	186	6,00
139	6,60	219	6,00
154	6,60	247	6,00

Nyilatkozat

Alulírott **Vejzer Adrienn**, a Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar **környezetmérnök**szak nappali/levelező tagozat hallgatója nyilatkozom, hogy a TDK dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy a dolgozat egyoldalas összefoglalója felkerüljön a Kar / Intézet / Szak honlapjára. A digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen az intézet dolgozói és hallgatói számára a jövőbeni munkához és dolgozat készítéséhez a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem.

Gödöllő, 2012.hó.....nap

.....
hallgató aláírása

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a dolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmak korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem.

Gödöllő, 2012.....hó.....nap

.....
témavezető aláírása