

Debreceni Egyetem
Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és
Környezetgazdálkodási Kar
Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet
Intézetvezető: Prof. Dr. habil Tamás János

A MAGAS SÓTARTALMÚ VIZEKKEL TÖRTÉNŐ ÖNTÖZÉS HATÁSA A TALAJRA ÉS A CIROKRA

Készítette:

Tóth Judit

Környezetgazdálkodási Agrármérnök
Szak

Konzulens:

Dr. habil. Zsembeli József

tudományos főmunkatárs

Debrecen

2013

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS	3
1. TÉMAFELVETÉS	4
1.1. Kutatómunkám háttere.....	4
1.2. Kutatómunkám előzményei	4
1.3. Kutatómunkám célkitűzései	5
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	6
2.1. Az öntözés szerepe a növények vízellátásában.....	6
2.2. A másodlagos szikesedés	7
2.3. A talaj sóforgalmának vizsgálata liziméterekkel.....	10
2.4. A cirok jelentősége és nemesítése Karcagon	17
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	19
3.1. A karcagi liziméter állomás	19
3.2. A másodlagos szikesedés vizsgálatára beállított kísérletek	20
3.2.1. Öntözéstechnikai kísérlet 2012-ben.....	21
3.2.2. A cirok sótűrésének vizsgálata 2013-ban.....	25
4. EREDMÉNYEK ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE	30
4.1. A különböző öntözővizek és öntözési módok hatása a talaj sótartalmára	30
4.2. A sóterhelés hatása a cirokra.....	31
4.2.1. A sóterhelés hatása a cirok termésére	31
4.2.2. A sóterhelés hatása a cirok magasságára	32
4.2.3. A sóterhelés hatása a cirok cukortartalmára.....	33
4.3. A kézi- és a digitális refraktométer összehasonlító vizsgálata.....	35
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	37
ÖSSZEFOGLALÁS	38
SZAKIRODALOM JEGYZÉK	39
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	43
NYILATKOZAT	44

BEVEZETÉS

Magyarországon az évi átlagos csapadékmennyiség 500-750 mm. Hazánk jelentős részére negatív klimatikus vízmérleg jellemző, azaz a potenciális evapotranszspiráció éves mértéke meghaladja a természetes csapadékmennyiség éves értékét. Évjárattól függően a klimatikus vízhiány 200-300 mm is lehet. A lehullott csapadék mennyisége elegendő lenne a hazánkban termesztett növénykultúrák számára, de az egyenlőtlen eloszlása viszont már problémát okoz. Ez öntözéssel javítható.

Az öntözés létezéséről évezredekre visszanyúlóan vannak adataink. Már időszámításunk előtti 6. évezredben létezett Mezopotámiában, Egyiptomban és Iránban. Az öntözés nem más, mint a talaj nedvességtartalmának növelése, amely hatással van a talaj kémiai, fizikai és biológiai tulajdonságaira. Nagyon fontos szerepe van az öntözővíz mennyiségének, az öntözés módjának és gyakoriságának, valamint a talajvíz felszíntől számított távolságának, annak mozgásának és kémiai összetételének.

A helytelenül végzett öntözés a talajban kedvezőtlen folyamatokat indíthat el, gondolva a talajtömörödéssre és a másodlagos szikesedésre. Az emberi tevékenység hatására bekövetkező szikesedést másodlagos szikesedésnek nevezzük.

A szikes talajok rossz vízgazdálkodásúak, gyenge termékenységűek, melynek oka, hogy bennük alkáli sók halmozódnak fel, elsősorban nátrium. A szikesedés hatással van a talaj fizikai és kémiai tulajdonságaira, és ezáltal annak termékenységére is.

STEFANOVITS et al. (1999) szerint a kicserélhető nátrium-tartalom megnövekedése a talajoldatban megjelenő sók mennyiségére és minőségére vezethető vissza. Ha a talajvízből vagy a felszíni vizekből talajoldatba jutott betöményedő sók sok nátriumot és/vagy magnéziumot tartalmaznak, szikesedést váltanak ki. Ezért kell figyelemmel kísérni, illetve lehetőség szerint elkerülni a másodlagos szikesedést eredményező, magas sótartalmú vízzel való öntözést, vagy a sós talajvíz szintjének megemelkedését.

1. TÉMAFELVETÉS

1.1. Kutatómunkám háttere

Vizsgálataim a Debreceni Egyetem AGTC KIT Karcagi Kutató Intézetében folyó kutatásokhoz kapcsolódnak. A Karcagi Kutató Intézetben folyó öntözési kutatások több évtizedre nyúlnak vissza. Jelenleg is vizsgálják az öntözés hatásait, illetve a talajok vízforgalmát. Ezek alapját a hazánkban igen különlegesnek számító liziméterek adják, melyek segítségével a talajok víz- és sóforgalma, illetve a növények vízfogyasztása, vízhasznosítása határozható meg nagy precizitással.

1.2. Kutatómunkám előzményei

A kutatómunkámat azon eredményekre alapozottan kezdtem meg, miszerint a Karcag bel- és külterületén található fúrott kutakból származó víz minősége az öntözés szempontjából nem megfelelő, valamint tekintettel a térségre jellemző talajok érzékenységre és a nyári öntözések gyakori voltára, feltételezhető a másodlagos szikesedés kialakulása. Mivel a vízpótlás a nyári időszakban mindenképp szükséges a nagy vízigényű zöldségnövények vízigényének kielégítéséhez, a megfelelő terméshozam eléréséhez, az öntözést elkerülhetetlennek feltételeztem. A másik tény a magas sótartalmú, elvileg az öntözésre alkalmatlan kútvizek használata, mivel gyakorlatilag nem feltételezhető a kistermelőkről, háztáji gazdasággal foglalkozókról, vagy akár csak kertészkedőkről, hogy vízjogi engedélyt beszerelve, a technikai hátteret kiépítve, úgymond nagyüzemi eszközökkel és módszerekkel öntözzék kertjeiket. Az előzetes vizsgálatok már igazolták a magas sótartalmú vizekkel való öntözés másodlagos szikesedést eredményező hatását.

Kutatómunkám előzménye Szűcs Lilla korábbi kutatómunkája: eredményei alapján elmondható, hogy az általa vizsgált fúrott kutakból származó öntözővizekben minden olyan tényező, amely másodlagos szikesedést okoz, a megengedettnél jóval magasabb mennyiséget mutat, valamint a származtatott értékek is meghaladják a megengedett határértékeket. Egyik öntözővíz sem sorolható kifogástalan víz kategóriájába, hiszen egyik minta esetében sem mértek 500 mg l⁻¹-nél kevesebb sótartalmat, 2 alatti SAR értéket, és 40%-nál kevesebb nátriumot.

1.3. Kutatómunkám célkitűzései

Az eddigi eredmények alapján felvetődött a kérdés, hogy amennyiben ezeket a körülményeket adottnak vesszük, van-e lehetőség az öntözés hatására kialakuló másodlagos szikesedés veszélyének csökkentésére, a talajt kímélő öntözés megvalósítására. Két év során két kísérletet állítottam be a Karcagi Kutató Intézet liziméter állomásának 12 átfolyó vizes liziméterében. Az egyikben (2012) két megközelítést vizsgáltam:

- az öntözés hatására sóval terhelt talaj javításának lehetőségét TERRASOL komposzttal,
- az öntözéses sóterhelés csökkentésének lehetőségét korszerű, csepegtető rendszerű öntözés alkalmazásával.

A másik kísérletben (2013) pedig 4 különböző sótartalmú öntözővízzel cirok jelzőnövényt öntöztem és vizsgáltam, hogy a sóterhelés milyen hatással van a talaj sókészletére, illetve a cirok termésére, magasságára, cukortartalmára.

A munkám eredményével, illetve folytatásával olyan gyakorlati vonatkozású előrejelzéseket lehet majd adni, amelyekben számszerűsíthető, hogy az egyes kútvizek adott talajon, adott mennyiségben öntözővízként való használata esetén milyen mértékű és jellegű szikesítő hatással számolhatunk, illetve hogy milyen módon védekezhetünk a káros hatásokkal szemben.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Az öntözés szerepe a növények vízellátásában

A XIX. század végéig öntözést Magyarországon csak a gyepek, illetve a rizs termesztése esetén alkalmaztak, szinte kizárólag árasztásos módszer felhasználásával. A szántóföldi öntözéseket lényegesen később kezdték el, mint a gyepöntözéseket és a rizs öntözését. Sokan úgy vélték, hogy a jó erőben levő szántóföldeket öntözni felesleges, mivel a fő növények, vagyis a búza és a kukorica nem hálálják meg az öntözést olyan mértékben, hogy miattuk a területet öntözésre kellene berendezni. Később az alkalmazott öntözési módok között előfordultak a már hagyományos és újnak számító eljárások egyaránt, így a felületi öntözés módszerei, a permetező-, a tömlős- és az altalaj öntözés. A magyarországi öntözés történetileg több korszakra osztható fel:

- A szórvány öntözések időszaka, ez a XVIII. század közepéig volt jellemző. Az ilyen típusú öntözések házi kertekben zöldségnövényekkel, illetve szabadföldi gyepterületeken folytak.
- A korszakváltás csak később a megújuló rizstermesztéssel kezdődött el, ami egybeesik a rizs magyarországi meghonosodásával (1780-as évek).
- A harmadik korszak az Alföld intézményesített öntözésének kezdeti időszaka, a Kvassay Jenő vezette kultúrmérnöki hivatal működésének megindulásával (1879) kezdődött.
- A negyedik korszaknak az intézményes öntözésfejlesztés kezdeti korszakát lehet tekinteni. (1930-1945).
- A II. világháború befejezésével, a tetemes károkat szenvedett öntözőtelepek újraindításával megkezdődött a magyarországi öntözés történetének ötödik korszaka.

Az öntözés célját tekintve alapvetően növénytermesztési feladat, amely a növények számára szükséges optimális vízmennyiség folyamatos és rendszeres biztosítására és ezen keresztül a termés növelésére, valamint részben minőségének javítására is irányul. Az öntözés gyakorlati végrehajtása során számításba kell vegyünk, hogy a növény a nedvességet a talajon keresztül veszi fel, és ez a folyamata nagyrészt a talaj – közvetítő közeg – tulajdonságaitól függ. Közismert például, hogy ha egyes nehéz mechanikai összetételű talajoknál túl nagy öntözővíz normákat alkalmazunk, túlóntözés lép fel. Túlóntözés esetén a növény nemcsak, hogy nem képes az adagolt vizet megfelelően hasznosítani, hanem a víz – levegő arány kedvezőtlen

alakulása következtében átmeneti, vagy tartós károsodást is szenvedhet, s az öntözéssel a kívánt célt nem érjük el. Ismert az is, hogy a túlóntozás a közvetlenül keletkező károk mellett, ha tartós és rendszeres túlbő nedvességgel jár együtt, közvetve is kedvezőtlen irányban hathat a talaj termékenységére, s előidézhethet olyan kedvezőtlen talajtani folyamatokat, mint a másodlagos láposodás, másodlagos szikesedés és végső soron a talaj szerkezetének leromlása. Az öntözővíz és a talaj kölcsönhatása sokrétű és bonyolult (DARAB és FERENCZ, 1969).

A magyar Alföld talajtani és hidrológiai viszonya, geomorfológiája, medence jellegű geológiai felépítése, de geológiai és földtani múltja, illetve története is különösen indokoltá teszi, hogy állandóan felszínen tartsuk a táj talajainak fejlődésére veszélyes és nehezen visszafordítható jelenségeket. Az itt elhelyezkedő talajok termékenysége két olyan történelmileg és gazdaságilag jól meghatározható, ismert folyamat révén szenvedett és szenved döntő változásokat, amelyek kezdete a korábbi évszázadokba nyúlik vissza, azonban napjainkban is számolnunk kell részben magukkal a folyamatokkal, részben ezek hatásaival. Az egyik ilyen folyamat a mind kiterjedtebb öntözés (SZABOLCS, 1961).

2.2. A másodlagos szikesedés

A kedvező tulajdonságok mellett kedvezőtlenek is kialakulnak a talajképződés során, amelyek talajpusztulást idéznek elő. A FAO értelmezése szerint a talajdegradáció felosztható a szélerózió, a vízerózió, a kémiai degradáció valamint a fizikai degradáció csoportjaira.

SZABOLCS (1985) közlése szerint a FAO és az UNESCO felmérése alapján, a világon az öntözött területek mintegy fele (összesen kb. 250 millió ha) komolyan veszélyeztetett a szikesedés és a túlzott vízterhelés miatt. A szikesedés folyamata az adszorpciós viszonyok olyan változását jelenti, melyben a talajkolloidok felületén kötött kationok között megnő a nátriumionok mennyisége és aránya. Ha ez a mennyiség eléri az S-érték 15%-át, akkor megjelennek, illetve fokozódnak a kedvezőtlen talajfizikai tulajdonságok, mint például a rossz vízáteresztés, a nagy holtvíztartalom, az erős duzzadóképeség és az elfolyósodás, a peptizáció. A nátriumionokon kívül, ezeket a kedvezőtlen hatásokat váltja ki a magnéziumion is, azonban ebben az esetben a határérték az S-érték 30%-a. Ha a talajvízből vagy a felszíni vizekből talajoldatba jutott betöményedő sók sok nátriumot illetve magnéziumot tartalmaznak, szikesedést váltanak ki, ezért rendkívül fontos figyelemmel kísérni az öntözővíz minőségét, és a sós talajvíz szintemelkedését.

A sóhatás, mint talajdegradációs jelenség, az egyik legnagyobb fenyegetettséget okozza az öntözött talajok esetében, különös tekintettel a fenntartható növénytermesztés szempontjából. Ez a probléma világméretűnek is nevezhető, hiszen például Afrika szemiárid éghajlatú területein a rizstermesztés igen kiterjedt és jellemző a nagy sótartalmú öntözővizek használata. VAN ASTEN et al. (2003) vizsgálták a rizs árasztásos termesztése esetében a talaj sótartalmát, és megállapították, hogy igen jelentős mennyiségű só halmozódott fel a felszín közeli talajrétegekben.

Az öntözés talajra gyakorolt hatása függ a konkrét helyi feltételektől, éghajlati és talajviszonyoktól és nem utolsósorban az öntözéses gazdálkodás módjától. Az öntözés mind közvetlenül, mind pedig közvetve jelentős befolyást gyakorol a talajra és annak termékenységre. Közvetlen hatása főként abban jut kifejezésre, hogy a talaj termékenységének egyik legjelentősebb tényezőjét – a vizet – rendszeresen és elegendő mennyiségben bocsátja a növények rendelkezésére. Közvetett hatásának az a lényege, hogy a megváltozott vízgazdálkodás kihat a talaj kémiai, fizikai és biológiai sajátosságaira, s ezáltal a talajképződési folyamatokra, s mint mindennek eredőjére, a talaj termékenységre (SZABOLCS, 1961).

Az köztudott, hogy az öntözés talajra gyakorolt hatása lehet kedvező, de lehet kedvezőtlen is. A kedvező hatások általában jobban ismertek, hiszen a növények vízellátásával megfelelő tápanyagellátottság mellett a növények termése jelentősen növelhető. Emellett azonban figyelmet kell fordítanunk az öntözés a talajtermékenység csökkenésére gyakorolt hatásaira is. Ezek közül a hatások közül legismertebb a másodlagos szikesedés, valamint a másodlagos láposodás is, kevésbé ismertek a talaj fizikai tulajdonságában beálló kedvezőtlen folyamatok és változások. Mivel az Alföld talajainak jelentős mértékű a duzzadókéességük, amely miatt is igen kedvezőtlen a vízáteresztő és vízelnyelő képességük, ez öntözési vonatkozásban azt jelenti, hogy e táj jelentős részét uraló kötött talajok hajlamosak a „túlöntözésre”. Az öntözés következtében könnyen áll be a talajban ún. kétfázisú levegőtlen állapot, valamint a talaj felszínén gyakori a pangóvíz-képződés, illetve a felső talajréteg szerkezetének leromlása a napjainkban is tapasztalt „elporosodott” talajállapot, amely mind súlyosabbá váló talajmozgási, deflációs folyamatot indított meg.

Nemzetközi tapasztalatok bizonyítják, hogy a helytelen öntözések hatására a talaj degradációs folyamatok igen gyorsan és rövid idő alatt olyan mértékűek lehetnek, amelyek már a talaj

termékenysége csökkenését vonhatják maguk után. Ezzel szemben áll az a tény, hogy a vegetációs időszak évi mintegy 150 – 200 mm nedvesség hiánya miatt a növénytermesztés biztonsága csak öntözéssel teremthető meg. Jogosan vetődik fel az igény a táj mezőgazdasági hasznosításának fejlesztése érdekében nagy beruházással megépített Tisza II. (Tisza-tó) Víz tározó mezőgazdasági hasznosítására, előrejelzések alapján a területen mindinkább minimumba kerülő víz mesterséges úton történő pótlására.

A világon igen nagy területek vannak, amelyek csak öntözéssel hasznosíthatók, de mivel számítani kell arra, hogy az öntözés alkalmazása sok helyütt szikesedést és eróziós folyamatokat, valamint a talaj fizikai tulajdonságának leromlását okozhatja, ezért sok országban fokozzák az öntözés kérdéseinek talaj – növény rendszerben történő tudományos vizsgálatát, amelyet a nemzetközi szervezetek (FAO, UNESCO, Világbank, stb.) is közösen támogatnak (BARDAJI, 1974).

SZABOLCS (1961) megállapításai szerint az öntözés kiterjesztése megnöveli a talajok másodlagos elszikesedésének veszélyét. Ez a folyamat, amely az egész öntözéses mezőgazdaságot végigkíséri, több millió hektár termőföldet tett a világon terméketlenné, és jelenleg is veszélyezteteti a termékeny talajainkat, vizeinket, a növényeket, állatokat és az ember egészségét. A fő probléma szerint nem az ismeretek hiánya, hanem azoknak a módszereknek a nem megfelelő alkalmazása, amelyekkel ez a folyamat megállítható. A jövő feladata az ebben rejlő veszélyek tudatosítása, és olyan korszerű módszerek elterjesztése, amelyekkel ez a káros folyamat megállítható.

RADAELLI et al. (1981) különböző sótartalmú vízzel történő öntözések hatására a talajszerkezet stabilitásának gyengülését mutatták ki. Hasonló kísérleteket végzett PAPADOPOULOS (1985) és AHMEDOV et al. (1978), valamint CHANG és OOSTERVELO (1980) megállapították, hogy még kis sótartalmú vizekkel történő öntözés esetén is igen gyorsan bekövetkezik a legfelső rendszeresen művelt réteg kémiai és fizikai tulajdonságának leromlása, és csak jó vízáteresztő talajokon számíthatunk a talajban felhalmozódott sók kimosódására.

SZABOLCS et al. (1969.a,b) az öntözés szikesítő hatását két okra vezetik vissza: sófelhalmozódás rossz minőségű öntözővízből, talajvízszint emelkedés, mely utóbbi úgy

jelentkezik, hogy talajvíz sótartalma növeli a talajvíztől befolyásolt rétegek sótartalmát, vagy az emelkedő talajvíz magasabbra szállítja a mélyebb rétegek sótartalmát.

Az öntözés szikesítő hatásáról több mint ötezer éves feljegyzések vannak. Az ókori Mezopotámia hanyatlásának legfőbb természeti oka a Tigris és az Eufrátesz völgyében levő öntözött talajok elszikesedése volt (HADAS, 1965). Arid és szemiárid körülmények között ma is az öntözés szikesítő hatása jelenti az egyik legnagyobb talajdegradációs kockázatot. A másodlagos szikesedés a világ nagy részén ma is az intenzíven öntözött területeket érinti (LETEY, 1984; MANTEL et al. 1985; RHOADES és LOVEDAY, 1990).

A sós öntözővíz vagy a felemelkedő sós talajvíz hatására másodlagos sófelhalmozódás és szikesedés jöhet létre, ami szintén jelentősen lerontja a talaj szerkezetét. Hazánkban az első átfogó a másodlagos szikesedés lehetőségét feltáró vizsgálat a tiszalöki vízlépcső hatásterületén folyt (DARAB, 1958; SZABOLCS et al., 1968; 1969a,b, SZABOLCS és VÁRALLYAY, 1980; VÁRALLYAY, 1974). Hazánkban a másodlagos szikesedés által érintett terület csaknem 200.000 ha-ra tehető, amelynek fele éppen a tiszalöki öntözőrendszer által érintett területen helyezkedik el.

BLASKÓ (2005) sóforgalmi vizsgálatai öntözött területeken több helyen sótartalom növekedést mutattak. Az 1980-as és 1990-es évek fordulóján az öntözés sótartalom növelő hatása Jász- Nagykun- Szolnok megye öntözött talajainak mintegy 30%-án volt kimutatható, főleg ott, ahol feltételeken öntözhető, mélyben sós talajokat öntöztek. A pozitív só-mérleget mutató monitoring pontok többsége az emelkedő talajvízszintű területen volt. A nátrium felhalmozódás nehéz mechanikai összetételű talajokon különösen veszélyes, mert a nátriummal telítődő talaj kedvezőtlen fizikai tulajdonságai rendkívül megnehezítik a nátrium-sók kimosódását (BLASKÓ, 2005).

2.3. A talaj sóforgalmának vizsgálata liziméterekkel

Bár a lizimetria története a XVII. századik nyúlik vissza, jelentős és gyors fejlődésnek csak századunk második felében indult, köszönhetően az elektronika, a mérnöki tudományok, az öntözési technikák, a talajfizika és a meteorológia fejlődésének. Ez a fejlődési folyamat újabb lökést adott a vízgazdálkodás és az evapotranszpiráció tanulmányozása területén folyó kutatásoknak.

A liziméter fogalmát számos szerző meghatározta. McILROY és ANGUS (1963) szerint a liziméter olyan növényi vegetációval borított talajoszlop, amely egy megfelelő tartályban természetes környezetbe helyezve lehetővé teszi a vízháztartási egyenlet bármely tagjának meghatározását, ha a többi már ismert.

TANNER (1967) azokat a környező talajtól hidrológiailag izolált, talajt (növényi borítással vagy a nélkül) tartalmazó tartályokat tekinti lizimétereknek, amelyek a vízmérleg különböző komponenseinek meghatározására alkalmasak.

A WMO (1968) az „*evapotranszpirométer*”, illetve „*talaj evaporiméter*” terminusokat használja olyan talajt és növényt tartalmazó tartályokra, amelyek segítségével a vízvesztés mennyisége meghatározható az összes a talaj felszínén keresztül bejutó és a tartály alján kifolyó vízmennyiség mérésével.

HILLEL et. al. (1969) olyan talajjal töltött nagyméretű tartályként határozták meg a lizimétert, amelyben a talaj-víz-növény kapcsolatrendszer elemei a természetes talajszelvényhez képest egyszerűbben szabályozhatóak szabadföldi körülmények között is. A fentiekben felvázolt különböző meghatározások közös pontjainak, átfedéseinek figyelembe vételével a lizimétereket olyan berendezésekként definiálhatjuk, amelyek talajt tartalmaznak, természetes csapadék vagy öntözés formájában a talajfelszínen a vizet felfogják és a gravitációs víz összegyűjtésére és annak mennyiségének mérésére alkalmas eszközzel rendelkeznek (ABOUKHALED et. al., 1982).

A liziméterek alapvetően két típusba sorolhatóak: 1. térfogati (volumetrikus) vagy más néven kiegyenlítési (kompenzációs) liziméterek, 2. súlyliziméterek. Vízellátásuk a természetes csapadékból, öntözésből, mesterségesen szinten tartott talajvízből (ez utóbbiak az ún. állandó talajvízszintű liziméterek), illetve ezek kombinációjából származik.

Az egyes liziméter típusok áttekintésében KOHNKE et. al. (1940) több mint 150 liziméteres berendezés leírását közölték. A későbbiekben MAKKINK (1959), PELTON (1961), TANNER (1967), HARROLD (1968), BLACK et. al. (1968) összegezték és tekintették át a liziméteres kutatások fejlődését.

Az első liziméteres kísérletek egyikét *De la Hire*, XIV. Lajos matematikusa és meteorológusa állította be 1688-ban, Franciaországban. Kezdetleges vizsgálatainak eredményeként megállapította, hogy a fűvel bevetett talajú edényekből több víz párolgott el, mint a növényborítás nélküliekből. Az első bolygatatlan mintavétellel készült lizimétert (monolit) *Laws* és *Gilbert* konstruálták 1870-ben az angliai Rothamstedben. 1888-ban a Missuori Mezőgazdasági Kísérleti Állomása Sanborn 40,5 m²-es lizimétereket készített, amelyekbe 1,2 m mélységben dréncsöveket épített be a gravitációs vizek elvezetésére. Az első súlylizimétert von Seelhorst készítette Németországban 1906-ban. Az USA-ban az ohioi Coshoctonban 1937-ben készültek el az első olyan liziméterek, amelyek már automatikusan működő adatrögzítőkkel voltak ellátva (ABOUKHALED et. al., 1982).

A legnagyobb és legpontosabb súlyliziméterek egyikét a kaliforniai Davisben, 1958-ban építették meg (PRUITT és ANGUS, 1960), 1969-ben pedig a kanadai Torontóban készült el egy másik (MUKAMMAL et. al., 1971).

Kezdetben a lizimétereket csak a talajoszlopon átfolyó víz mennyiségének mérésére használták, később az átfolyó víz kémiai összetételét is meghatározták, de csak a XX. században kezdték a párolgás tanulmányozására alkalmazni azokat. Manapság a liziméterek világszerte elterjedtek, számos új típusuk alakult ki, amelyek különböző technikai megoldásokat vonultatnak fel a párolgás meghatározásának fejlesztése céljából.

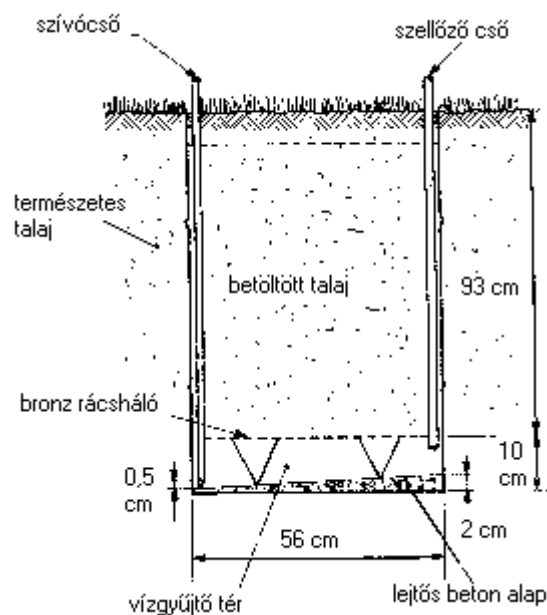
Hazánkban a talaj vízforgalmának liziméterekkel történő vizsgálata szűk körben alkalmazott módszer, de vannak olyan országok, ahol sokkal inkább elterjedtek. KRETZSCHMAR (1999) adatai szerint Németországban több mint 2000 lizimétert működtetnek, elsősorban olyan piacvezető nagyvállalatok, amelyek az újonnan kifejlesztett kemikáliák talajra, illetve talajvízre gyakorolt hatását tesztelik azok piacra kerülése előtt. Gyakran a lizimétereket, helytelenül, a párolgás mérésére szolgáló berendezésként aposztrofálják, talán másik elnevezésük, az *evaporiméter* név alapján. A párolgás meghatározása a vízháztartási vizsgálatok egyik, vagy talán mondhatjuk, a legproblematisabb része. A párolgás mérésére számos eszközt (Vild-műszer, Pich-féle párolgásmérő, porózus agyagtesttel működő párolgásmérők) próbáltak kifejleszteni, de mindegyiket sok, jogos bírálat ért (BACSÓ, 1973).

Az eddigi kutatások bizonyították, hogy a liziméterek hatékony eszközök a jelenlegi és a jövőben perspektivikusan alkalmazandó talajhasználati módok víz- és anyagforgalmi hatásainak vizsgálatához (MEISSNER et. al., 2000).

a. Átfolyó vizes liziméterek talajvízszint nélkül

Működési elv: A liziméter tartály alján, a talajszelvényen átfolyó gravitációs víz mennyisége az elvezetésére és összegyűjtésére alkalmas eszköz segítségével határozható meg. A csapadék és öntözővíz mennyiségének mérése külön történik. Az ajánlott legkisebb felszín mérete 2 m².

E típus hátránya, hogy az evapotranszpiráció értéke csak hosszabb időszakokra (hetenként, havonként) számítható. Ilyen típusú lizimétereket alkalmazott SLATYER és McILROY (1961), ezek felépítési vázlatát az 1. ábrán mutatom be, illetve KRISTENSEN és ASLYNG (1971), továbbá HARROLD és DREIBLEBIS (1967).



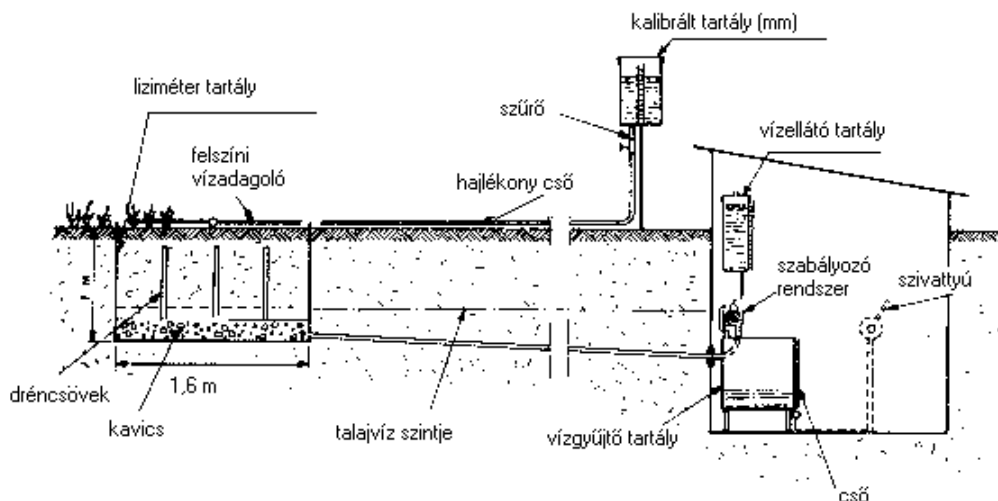
1. ábra: Egy egyszerű átfolyó vizes liziméter keresztmetszete

b. Kompenzációs liziméterek állandó szinten tartott talajvízszinttel

Működési elv: A liziméter mélyebb rétegeiben a talajvízszint állandó. A párolgás eredményeként a kapilláris vízemelés által a talajnedvesség a gyökérszónába felfelé mozog. Az eltávozott (elpárolgott) vízmennyiséget egy automatikusan működő úszós kompenzáció rendszer pótolja, a kompenzációhoz szükséges vízmennyiség volumetrikusan (köbözéssel) határozható meg.

Ez a típus a viszonylag alacsony bekerülési költségeknek és az egyszerű működtetésnek köszönhetően talán a legelterjedtebb a világon. Elsősorban olyan területek reprezentálására alkalmas, ahol a talajvízszint magas. Általában 7-12 napos időszakokra vonatkozó vízmérlegek számítására alkalmazzák, de napi párolgás értéke is kalkulálható segítségükkel. Hátrányukként említhető, hogy magas evapotranszpirációs ráta esetén a valóságosnál alacsonyabb párolgási értéket kapunk a kapilláris vízemelés befolyásoló hatása miatt. Olyan térségekre javasolható alkalmazásuk, ahol a talajvíz szintje magas.

Állandó talajvízszintű kompenzációs liziméterekkel számos kutató foglalkozott, illetve foglalkozik, mint például ROBELIN (1962), GRISOLLE (1965), ABOUKHALED et. al. (1969), PUECH és HERNANDEZ (1973), MONNIER (1971), HILER et. al. (1971), FEDDES (1971). A Puech és Hernandez által leírt lizimétert mint az állandó talajvízszintű kompenzációs liziméterek tipikus példáját a 2. ábrán mutatom be.



2. ábra: Egy állandó talajvízszintű kompenzációs liziméter keresztmetszete

c. Kompenzációs liziméterek állandó felszíni vízzsinttel

Működési elv: Rendszeres vízadagolással, vagy úszós szabályozó berendezéssel a talaj felszínén állandó vízszintet tartanak fenn. A párolgás mértéke a vízszint fenntartásához szükséges kompenzációs víz mennyiségével egyenlő. A típus hátránya, hogy csak árasztással öntözött növények párologtatásának, illetve a felszíni vízborítás hatásainak tanulmányozására korlátozódik alkalmazásának lehetősége.

E liziméter típus részletes leírása az UNDP/WMO (1974) programjelentésében, illetve DASTANE et. al. (1966) közleményében található meg.

d. Speciális átfolyó vizes liziméterek

Ebbe a csoportba soroljuk azokat az átfolyó vizes lizimétereket, amelyek valamilyen speciális jellegzetességgel bírnak, úgymint az oldalfal, a fenéklemez, esetleg mindkettő hiánya, vagy a különlegesen nagy méret. Ezzel a liziméter típussal is többen végeztek kísérleteket: *Ebermayer* már a múlt század végén mérte a talajoszlopon átfolyó gravitációs víz mennyiségét úgy, hogy azt egy tölcser segítségével összegyűjtötte és elvezette. A liziméterek ezen kezdetleges típusa az oldalfal hiányában nincs izolálva a környező talajtól, így pontos kvantitatív adatokat nem szolgáltat, mivel vízmozgásban részt vevő talajfelület nem ismert.

Hollandiában 25x25 m területű lizimétereket töltöttek meg a homokdűnék talajával. MAKKINK (1959) megállapítja, hogy az ilyen nagyméretű liziméterek, a tömegváltozás rendszeres mérése lehetőségének hiányában csak az éves vízmérleg meghatározására alkalmasak.

A Dél-Afrikai köztársaságban egy 405 m² területű, műanyag falú lizimétert konstruáltak a cukornád evapotranszpirációjának meghatározására (THOMPSON és BOYCE, 1971). Bár az ilyen nagyméretű liziméterek lehetővé teszik a nagy növényállományok vizsgálatát, a konstrukciós és fenntartási munkák és költségek is számottevőek.

NAKSHABANDI és ISMAIL (1972) Irakban 100x100 méteres parcellákon a talajcsövezés hatását vizsgálták a búza és az árpa evapotranszpirációjára az input (öntözés) és output (kifolyás a dréncsővön) vízmennyiségek mérésével. Tunéziában szintén egy talajcsövezett területen mérték a bekerülő és kifolyó víz mennyiségét, a lizimetria elveinek megfelelően. Ilyen esetekben az egész drénezett parcellát tekintették egy nagy liziméternek (UNESCO, 1970).

KITCHING és BRIDGE (1974) két, egyenként 100 m²-es bolygatatlan talajmonolitot impermeábilis membránnal vettek körül. A liziméterekben a természetes állapotnak megfelelő talajvízszintet úgy állították be, hogy mind a liziméterekbe, mind a környező terület talajába nedvességérzékelőket építettek be és szivattyúk segítségével a liziméterek altalajába annyi vizet juttattak be, hogy a két talajvízszint egyenlő legyen.

Magyarországon jelenleg is találhatók liziméter állomások, ahol kompenzációs rendszerű liziméterekkel folytatnak kísérleteket.

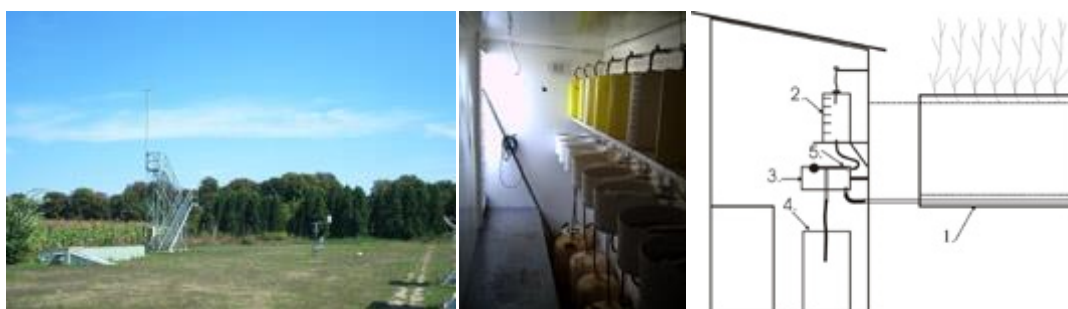
Hazánkban egészen a múlt évezred végéig három liziméter állomás működött (Karcag, Szarvas, Keszthely). Szarvason (SZALÓKI, 1968) és Karcagon térfogati és súlyliziméterek is működtek (KARUCZKA, 1989; KARUCZKA és ZSEMBELI, 1999). A szarvasi liziméter állomáson (3. ábra) nagyszámú (320) kompenzációs rendszerű lizimétert használtak a talajban történő tápanyagmozgás és kimosódás vizsgálatára, de tudomásunk szerint ezt az állomást bezárták, illetve a működtetést korlátozták. Jelenleg nem érhető el publikációk a szarvasi liziméter állomáson elért eredményekről.



3 ábra: A szarvasi liziméter állomás látképe

(Forrás: European Lysimeter platform
http://www.lysimeter.at/HP_EuLP/index.html)

Keszthelyen 12 kompenzációs rendszerű lizimétert működtetnek (4. ábra), amelyeket evapotranszpirációs mérésekhez használnak (BOLDIZSÁR, 2007).



4. ábra: A keszthelyi liziméter állomás látképe, szervízpincéje és rendszerének sematikus felépítése

(Forrás: European Lysimeter platform
http://www.lysimeter.at/HP_EuLP/index.html)

2.4. A cirok jelentősége és nemesítése Karcagon

CHRAPPÁN et al. (1997) szerint a silócirokhoz azok a nagy zöldtömeget adó takarmánycirok fajták tartoznak, amelyeket szilázs készítésére használnak fel. Ésszerű a silócirok-silókukorica együttvetése. A kezdeti fejlődés idején a kukorica védi a vontatottabban fejlődő cirkot, a cirok pedig nagyobb életteret biztosít a kukoricának. A betakarítás idején a kukorica javítja a cirok állóképességét. Az arid klimatikus viszonyok között nagyobb termést adó cirok növeli az együttvetésben a terméshozamot. A szilázsban a kukorica javítja a cirok energiaértékét, a zölden betakarított cirok pedig a száraz kukorica minőségét (klorofil, karotin, vitaminok).

Napjainkban a cirok hazai vetésterülete 20000-30000 hektár, ennek legnagyobb részét az állattenyésztés hasznosítja silózott takarmány formájában. A cukorcirok az egyik legnagyobb hozamú szántóföldi növényünk, hektáronként 80-120 tonna zöldtermés és 20-30 tonna szárazanyag termés elérésére képes egy évben (GRABNER, 1942; JÓZSA, 1976; BARABÁS és FARAGÓ, 1980; SZABÓ, 1983; GYURICZA, 2008).

A silócirok növényben a virágzást követő első három hét alatt gyors szárazanyag-tartalom növekedést (60%) mértek, és ez az érték az érésig folyamatosan nőtt. A fehérjetartalom csökkent a virágzás és a tejesérés ideje között, ezt követően a tejesérés és teljesérés ideje között nem változott. A tejesérés idejéig mért fehérjetartalom-csökkenés azonban lényegesen kisebb, mint az ugyanakkor mért szárazanyag-tartalom növekedés. A teljesérés idejére már kismértékben csökken a cirok szilázs takarmányértéke, a nyersrost-, a N-mentes kivonat- és a fehérje emészthetőségének csökkenése miatt. Az ideális betakarítási idő a szemtermés viaszérése idején van, ilyenkor a teljes növény szárazanyagtartalma 30% körüli (CHRAPPÁN et al. 1997).

JÓVÉR et al. (2013) szerint silócirok egy perspektivikus növénye lehet a bioenergetikának, amely a hazai bioetanol-előállítás alapja is lehet a jövőben. A cukorcirok egy C4-es életformájú növény, magas fotoszintetikus aktivitással és biomassza hozammal, kiváló aszály- és sótűréssel, továbbá magasabb hektáronkénti cukortartalommal és nagyobb egységnyi területre vetített bioetanol hozammal, mint a cukorrépa (BARBANTI et al., 2006; DOLCIOTTI et al., 1998; ZHAO et al., 2009; BILLA et al., 1997; BRYAN, 1990; KOVÁCS et al., 2011). A cukorcirokból préselt lé cukortartalma elérheti a 16-20%-ot is, amelyet leginkább glükóz, fruktóz és szacharóz alkot (KOVÁCS et al. 2011; GOSHADROU et al.,

2011). Az egységnyi területről kinyerhető bioetanol hozam meghatározásában a cukortartalom mellett, igen fontos tényező a növény nedvességtartalma is. Az egyes hibridek eltérő időszakban érik el az etanol szolgáltató képességük maximumát (JÓVÉR et al., 2013).

KOVÁCS et al. szerint a cukorcirok nemcsak bioetanol előállítására alkalmas, a hidrogén alapanyaga is lehet. 1 tonna cukorcirokszár n-butil-acetátos fermentálása során 30 m³ hidrogén, 114 kg butanol és 40 kg aceton keletkezik (PANTSKHAVA és POZHARNOV, 2006). A hidrogén üzemanyagcellákban való felhasználásával olcsó környezetbarát villamos energia állítható elő (LAY et al. 1999).

A cukorcirok szárazságtűrését nagy kiterjedésű gyökérrendszerének, nagyszámú hajszálgyökereinek, szár- és levélzete felépítésének köszönheti, amelyek közül az utóbbiak jelentősen csökkentik a transzspirációt. A gyökerek vízfelvevő aktivitása kétszerese a kukoricáénak, az ehhez tartozó levélfelület pedig lényegesen kisebb. A cirok nem csak jobb vízmegkötő-képességgel, hanem hatékony párologtatás szabályozással is rendelkezik (SZABÓ, 1983). Hosszabb aszályos periódus után, amikor az időjárás újra csapadékosabbra fordul a cirok regenerálódni képes, szárazság alatt az anyagcsere folyamatait le tudja állítani (ANTAL, 2000).

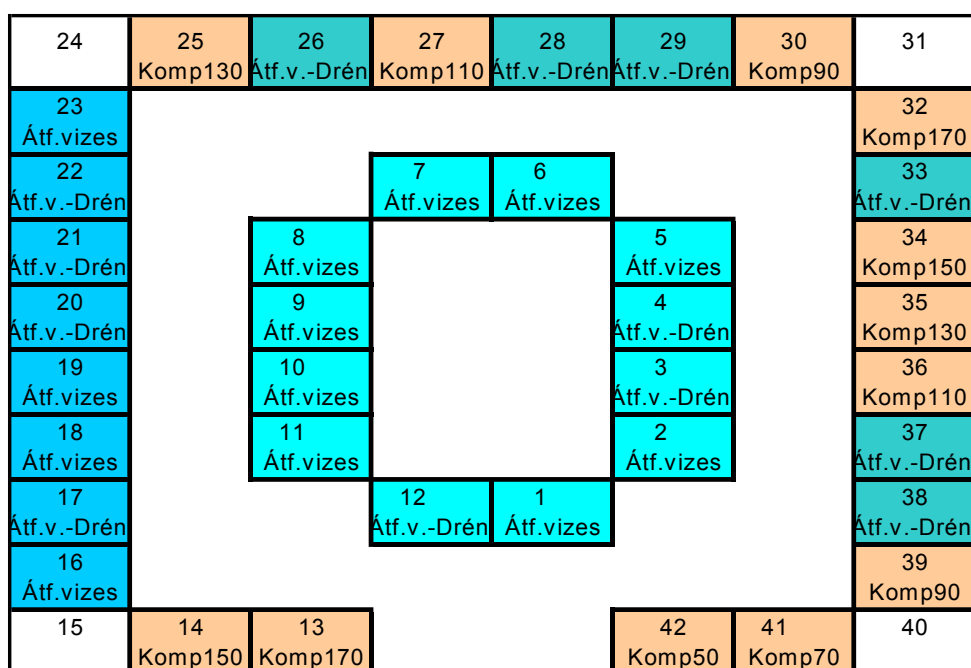
A cirok forró égövi származásának köszönhetően kiváló aszálytűréssel rendelkezik. A cirokfélék három csoportjára vonatkozóan folyik nemesítés a Karcagi Kutató Intézetben: szemescirok, silócirok, szudánifű (JÓVÉR et al., 2013). Az Intézet kínálatában két szemescirok hibrid szerepel (*Zádor, Albíta*), amelyek kiválóan illeszkednek a Közép-Tisza-vidék agroökológiai jellemzőihez. A silócirkot hazánkban a silókukoricához hasonló sortávval és 150-200 ezer hektáronkénti tőszámmal termesztik, ami hozzávetőlegesen 5-8 kg vetőmagot jelent fajtától vagy hibridtől függően. Jellemzően 40-60 t/ha zöldtermést és 12-18 t/ha szárazanyagtermést produkálnak. A silócirkok jellemzője a magas cukortartalmú lé a szárban, ami igen komoly potenciált rejt a hasznosítás vonatkozásában. A Nemzeti Fajtajegyzéken jelenleg nyolc siló- és egy ipari cirok hibrid szerepel, amelyek közül a Karcagi Kutató Intézet hibridje a *Berény*. A középérésű hibrid növénymagassága átlagosan 180-220 cm, szára közepesen vastag, lédús, 16-18% refrakciós cukrot tartalmaz, ezért bioetanol-előállítására is felhasználható. A buga:szár:levél arány 25:53:22, ami igen kedvező. A Kutató Intézetben két szudánifű hibrid és egy szabadvirágzású fajta vetőmag-szaporítás folyik. Ezek a *Bovital* hibrid, a *Gardavan* és a *KST1001* fajta (JÓVÉR et al., 2013).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A karcagi liziméter állomás

A Debreceni Egyetem AGTC KIT Karcagi Kutatóintézetében 1983-ban alakítottak ki egy liziméter állomást, mely kezdetben 42 kompenzációs rendszerű liziméterrel működött, majd 1992-ben ez az állomás egy méretében és mérés érzékenységében hazánkban egyedülálló, számítógéppel működtetett, hat egységes, súlyliziméter rendszerrel bővült. Az eddigi kutatások bizonyították, hogy a liziméterek hatékony eszközök a jelenlegi és a jövőben perspektivikusan alkalmazandó talajhasználati módok víz- és anyagforgalmi hatásainak vizsgálatához.

A liziméteres egységek mérési rendszerének átalakításához egy terv készült, a teljes rekonstrukció utánra tervezett állapotot az 5. ábrán mutatom be.



5. ábra: A karcagi liziméter állomás felépítési vázlata a rekonstrukció után

Elrendezés, méretek

12 db műanyag falú talajba süllyesztett kompenzációs liziméter egység, mélység 200 cm, felszín 0,73 m²

30 db műanyag falú talajba süllyesztett átfolyó vizes liziméter egység, mélység 200 cm, felszín 0,73 m²

6 db műanyag falú talajba süllyesztett súlyliziméter egység, mélység 100 cm, felszín 2 m².

A kísérletekben szereplő talajtípusok

- kompenzációs és átfolyó vizes liziméterek: - mélyben sós réti
- mélyben sós öntés réti
- súlyliziméterek: - réti csernozjom

Működtetés

A kísérletek alapkezelései (a további kezelések az adott évben beállított kísérletnek megfelelően változnak)

Kompenzációs liziméterek:

- különböző mechanikai összetételű talajok
- különböző talajvízszintek (50, 70, 90, 110, 130, 150, 170 cm)

Átfolyó vizes liziméterek

- 170 cm-es mélységű drénezés
- 90 és 170 cm-es mélységű drénezés

Súlyliziméterek:

- különböző agrotechnikai eljárások szimulációjával kialakított felszíninformációk (magágy, rögzös, mulch, takarás, kéreglazítás, stb.)
- különböző szántóföldi növények (kukorica, szudánifű, köles, napraforgó, gyep)

Mért és vizsgált paraméterek, a mérések gyakorisága

Mindhárom típushoz:

- meteorológiai jellemzők (folyamatos)
- vízfelszín párolgása (naponta)
- talajmintavétel (3 évenként)

Kompenzációs liziméterek:

- input, output víz (2-3 naponként)
- input, output anyag - makroelemek, tápanyagok, nehézfémek (2-3 hetente)

Súlyliziméterek:

- tömegváltozás (óránként)
 - érzékenység $\pm 0,1$ kg
 - méréstartomány ± 300 kg
- output víz, anyag (hetente)
- talajnedvesség tartalom és hőmérséklet a 10, 20, 30, 40 cm-es rétegekben (6 óránként)

3.2. A másodlagos szikesedés vizsgálatára beállított kísérletek

Vizsgálataim során két kísérletet állítottam be a Karcagi Kutató Intézet liziméter állomásának 12 átfolyó vizes liziméterében (1-12 sorszámúak, lásd 5. ábra). A lizimétereket 2009-ben felújították, majd a technikai rekonstrukciós munkálatok sikeres elvégzése után került sor 2010-ben az első kísérlet beállítására, amely már a másodlagos szikesedés vizsgálatára irányult. Az átfolyóvizes liziméterekkel a talajoszlopon átfolyó vízzel kimosódott sókat

egyszerű kimutatni és mennyiségüket meghatározni, illetve jó lehetőséget biztosítanak az egzakt talajmintavételre is.

3.2.1. Öntözéstechnikai kísérlet 2012-ben

2012-ben a Karcagi Kutató Intézet liziméter állomásának 12 átfolyó vizes liziméterében egy elsősorban öntözéstechnikai célú kísérletet állítottam be (6. ábra), amelyben vizsgáltam: az öntözés hatására sóval terhelt talaj javításának lehetőségét TERRASOL komposzttal, illetve az öntözéses sóterhelés csökkentésének lehetőségét korszerű, csepegtető rendszerű öntözés alkalmazásával. A 2012. évi kísérlet kezeléseit és azok jelöléseit a 1. táblázatban közlöm.



6 ábra: Öntözéses kísérlet paprika jelzőnövényrel a liziméterekben 2012-ben

1. táblázat: A liziméterekben 2012-ben beállított öntözéses kísérlet kezelése

Liziméter sorszáma	Ismétlés	Öntözés mód	Öntözővíz	TERRASOL
1.	1	esőszerű	ioncserélt víz	-
2.	2	esőszerű	ioncserélt víz	-
3.	3	esőszerű	ioncserélt víz	-
4.	1	esőszerű	kútvíz	-
5.	2	esőszerű	kútvíz	-
6.	3	esőszerű	kútvíz	-
7.	1	csepegtető	kútvíz	-
8.	2	csepegtető	kútvíz	-
9.	3	csepegtető	kútvíz	-
10.	1	esőszerű	kútvíz	+
11.	2	esőszerű	kútvíz	+
12.	3	esőszerű	kútvíz	+

A talaj kímélésének, sóterheléssel szembeni védelmének egyik hatásos eszköze lehet az öntözés hatékonyabbá tétele, az öntözővíz mennyiségének csökkentése. Erre véleményem szerint a legjobb megoldás a mikroöntözés alkalmazása. A mikróöntözés lényege, hogy egy arra alkalmas berendezés kis nyomáson ($<2,5 \text{ bar}$), kis intenzitással ($<500 \text{ l/h}$) juttatja az öntözővizet a növény közelébe. Előnyei közé tartozik többek között, hogy kicsi a vízveszteség ($\sim 95 \%$ -os hasznosulás) és rossz vízgazdálkodású talajokon is alkalmazható.

Mivel mikroöntözés, pl. csepegtető öntözés alkalmazása során jóval kisebb vízmennyiséget jutattunk ki az esőszerű, barázdás vagy árasztó öntözéshez képest, kevesebb sóval terheljük a talajt is. Ezért, véleményem szerint, ez is megoldás lehet a karcagi kiskerttulajdonosok számára, hogy talajt kímélő módon öntözzék zöldségnövényeiket. A hobbikertekben járva, igaz csak elvétve, de már találkozhatunk is ilyen megoldásokkal (7. ábra).



7. ábra: Mikroöntözés egy sorkertben

Három liziméterben állítottam be mikroöntözést (8. ábra). Az öntözéshez a kiskereskedelmi forgalomban is kapható ECODROP típusú $\frac{1}{2}$ coll átmérőjű, egyenként 2 m hosszú porózus csöveket használtam (I1).



8. ábra: A mikroöntözés beállítása a liziméterekben

A csepegtetett öntözővíz mennyiségét igyekeztem úgy beállítani, hogy a hagyományos, esőszerű öntözéssel kijuttatott vízmennyiségnél kevesebb, mintegy kétharmada legyen. Ehhez egy műanyag táliban elhelyezett negyedik porózus csövet használtam, amelynek segítségével megmértem az időegység alatt kijuttatott öntözővíz mennyiségét, ami azonban nem volt egyenletes, mivel a hidroforból érkező víz nyomása nem volt állandó. Éppen ezért minden egyes öntözés alkalmával megmértem (köbözéssel meghatároztam) a csepegtetve kijuttatott öntözővíz mennyiségét. A 2012-es öntözési szezonban csepegtetve és esőszerűen kijuttatott öntözővizek mennyiségét a 2. táblázatban közlöm.

Az öntözési szezon végeztével, 2012. szeptember 10-én a liziméterek talajából mintát vettem (9 ábra) 50 cm-es mélységig, 10-cm-es rétegenként. A mintákat a DE AGTC KIT Karcagi Kutató Intézetének akkreditált laboratóriumában analizálták. A következő paraméterek kerültek meghatározásra: pH, összes oldott sótartalom, humusztartalom, P_2O_5 , K_2O , Ca, Mg, Na, NO_3-N tartalom.

2. táblázat: A 2012-ben a liziméterekbe kijuttatott öntözővíz mennyiségek

Dátum	CSEPEGTETŐ		ESŐSZERŰ	
	liter	mm	liter	mm
2012.04.24	3,28	4,21	0	0,00
2012.05.03	4	5,13	4	5,13
2012.05.04	4,56	5,85	4	5,13
2012.05.06	3	3,85	4	5,13
2012.05.07	1	1,28	4	5,13
2012.05.11	2,6	3,33	4	5,13
2012.05.21	1,6	2,05	4	5,13
2012.05.22	1,65	2,12	4	5,13
2012.05.30	3,2	4,10	4	5,13
2012.06.08	14,1	18,08	8	10,26
2012.06.18	0	0,00	4	5,13
2012.06.19	6,1	7,82	4	5,13
2012.06.20	9,6	12,31	8	10,26
2012.06.21	5	6,41	4	5,13
2012.06.22	3,1	3,97	4	5,13
2012.06.24	3	3,85	4	5,13
2012.06.28	3,4	4,36	4	5,13
2012.06.29	3,8	4,87	4	5,13
2012.07.02	3,8	4,87	4	5,13
2012.07.03	3	3,85	4	5,13
2012.07.04	3,9	5,00	4	5,13
2012.07.05	3,9	5,00	4	5,13
2012.07.06	3,3	4,23	4	5,13
2012.07.09	7,55	9,68	8	10,26
2012.07.10	3,8	4,87	4	5,13
2012.07.11	3,46	4,44	4	5,13
2012.07.16	2,3	2,95	4	5,13
2012.07.17	4	5,13	4	5,13
2012.07.18	2,38	3,05	4	5,13
2012.07.19	2,68	3,44	4	5,13
2012.07.20	3,67	4,71	4	5,13
2012.07.23	2,8	3,59	4	5,13
2012.07.31	1,95	2,50	4	5,13
2012.08.01	4,1	5,26	4	5,13
2012.08.02	2,44	3,13	4	5,13
2012.08.03	0,81	1,04	4	5,13
2012.08.06	1,41	1,81	4	5,13
2012.08.07	1,33	1,71	4	5,13
2012.08.08	1,34	1,72	4	5,13
2012.08.09	2	2,56	4	5,13
2012.08.10	3,5	4,49	4	5,13

2012.08.14	3,05	3,91	4	5,13
2012.08.15	3,15	4,04	4	5,13
2012.08.16	1,75	2,24	4	5,13
2012.08.17	1,83	2,35	4	5,13
2012.08.21	1,46	1,87	4	5,13
2012.08.22	2,79	3,58	4	5,13
2012.08.23	1,62	2,08	4	5,13
2012.08.24	2,72	3,49	4	5,13
Összesen	160,8	206,2	204	261,6



9. ábra: Mintavétel a liziméterek talajából

3.2.2. A cirok sótűrésének vizsgálata 2013-ban

2013-ban a Karcagi Kutató Intézet liziméter állomásának 12 átfolyó vizes liziméterében egy öntözési kísérletet állítottam be, amelyben 4 különböző sótartalmú öntözővízzel cirok jelzőnövényt öntöztem és vizsgáltam, hogy a sóterhelés milyen hatással van a talaj sókészletére, illetve a cirok termésére, magasságára, cukortartalmára. A 2013. évi kísérlet kezeléseit és azok jelöléseit a 3. táblázatban közlöm.

3. táblázat: A liziméterekben 2013-ban beállított öntözési kísérlet kezelése

Liziméter sorszáma	Kezelés jelzése	Öntözővíz sótartalma (mg/l)	PRP-SOL	Komposzt	Fermentlé
1.	Ö ₀ -PRP	0	+	-	-
2.	Ö ₆₅₃ -PRP	653	+	-	-
3.	Ö ₁₃₀₅ -PRP	1305	+	-	-
4.	Ö ₁₉₇₈ -PRP	1978	+	-	-
5.	Ö ₁₉₇₈ -PRP-Komp	1978	+	+	-
6.	Ö ₁₉₇₈ -PRP-Ferm	1978	+	-	+
7.	Ö ₁₉₇₈ -Ferm	1978	-	-	+
8.	Ö ₁₉₇₈ -Komp	1978	-	+	-
9.	Ö ₁₉₇₈	1978	-	-	-
10.	Ö ₁₃₀₅	1305	-	-	-
11.	Ö ₆₅₃	653	-	-	-
12.	Ö ₀	0	-	-	-

A négy különböző sótartalmú öntözővíz koncentrációját hígítással állítottam be. A két szélsőérték az ioncserélt víz elméletileg 0 sótartalma, illetve a liziméter állomáshoz közeli ásott kút vizének 1978 mg/l sótartalma voltak. Ezt a kútvizet használtam fel a hígításokhoz, egyharmad, illetve kétharmad mennyiségű ioncserélt vizet hozzáadva, így 1305 és 653 mg/l sótartalmú öntözővizeket kaptam. Meg kell jegyezni, hogy az ásott kút vize a környékre jellemző fúrott kutak vizénél magasabb sótartalmú, azoknak mintegy két-, háromszorosa. Éppen ezért választottam az egyharmados, illetve kétharmados hígítást. Egy-egy öntözés alkalmával 3 liter vizet jutattam ki a 3. táblázat adatainak megfelelően.

A cirok termésének nagyságát az október 1-jén történt betakarításkor határoztam meg. Liziméterenként arattam le a cirok növényeket, csupán 2-3 cm-es tarlót hagyva. Ezután külön-külön zsákokba helyeztem az összegyűjtött növényeket, majd szétválogattam azokat levél, szár és buga szerint, a növényi részek tömegének meghatározáshoz (10. ábra).



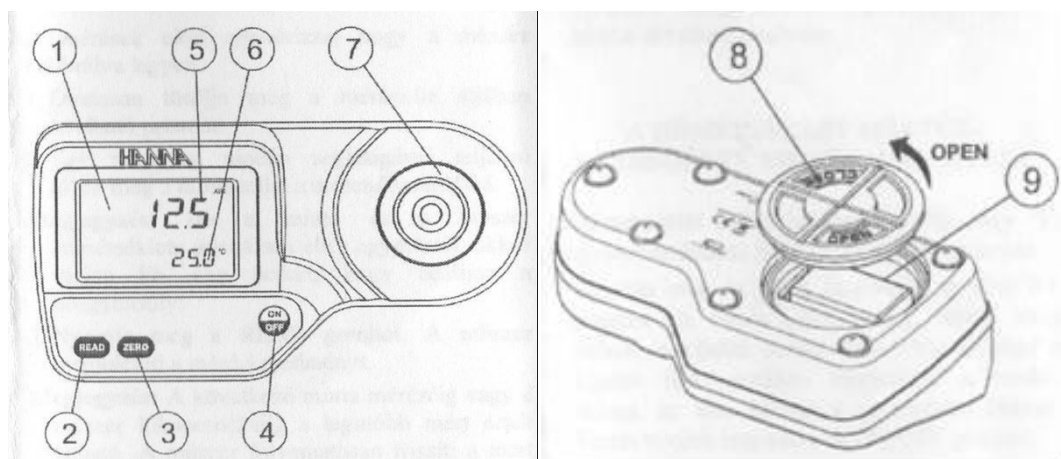
10. ábra: A cirok jelzőnövény betakarítása és mérlegelése

A cirok növények magasságát mérőléccel segítségével határoztam meg (11. ábra). Minden liziméterben megbecsültem az állomány átlagmagasságát. Az átlagmagasság mellett feljegyeztem még a liziméterenkénti legmagasabb cirok magasságát is.



11. ábra: A cirok jelzőnövény magasságának mérése

A cirok cukortartalmának meghatározásához a HI 96803 típusú refraktométert használtam (12 ábra). Ez a digitális refraktométer a törésmutató mérésével határozza meg a vizes oldatok szőlőcukor-tartalmát, segítségével kiküszöbölhető a mechanikus refraktométerek pontatlansága. A mérési technika és a hőmérséklet-kompenzálás módja az ICUMSA metódusokon alapul. A kijelzőn a minta hőmérséklete is látható.



- | | |
|---|--|
| 1. Kijelző (LCD) | 5. A kétsoros kijelző felső sora. |
| 2. READ gomb a mérés elvégzéséhez. | 6. A kétsoros kijelző alsó sora. |
| 3. ZERO gomb a kalibráláshoz. | 7. Rozsdamentes acél mintacella és prizma. |
| 4. ON/OFF gomb a műszer be- és kikapcsolásához. | 8. Az elemet fedő burkolat. |
| | 9. Az elem rekesze. |

12. ábra: A HI 96803 típusú refraktométer részei

A készülék műszaki adatait a 4. táblázatban közlöm.

4. táblázat: A HI 96803 típusú refraktométer műszaki adatai

Mérési tartomány:	0-85 %; 0-80 °C
Felbontás:	±0,1 %; ± 0,1 °C
Pontosság:	±0,2 %; ±0,3 °C
Hőmérséklet-kompenzálás:	Automatikus 10 és 40 °C között
A mérés ideje:	Kb. 1,5 másodperc
A minta minimális mennyisége:	100 µl
Fényforrás:	Sárga LED
Mintacella:	Rozsdamentes acél gyűrű és kvarcüveg prizma
A burkolat anyaga:	ABS
A burkolat besorolása:	IP65
Áramellátás:	1 db 9 voltos elem (5000 mérésre elegendő)
Automatikus kikapcsolás:	Használaton kívül három perc után
Méretek és súly:	192 x 102 x 66 mm; 420 g

A mérések menete

A mérések előtt ellenőriztem, hogy a műszer kalibrálva legyen.

1. Óvatosan megtöröltem a mérőcella aljában található prizmat.
2. Egy műanyag pipetta segítségével teljesen megtöltöttem a mintacellát a mérendő mintával.

Megjegyzés: Ha a minta és a műszer hőmérséklete jelentősen eltért egymástól, akkor várnom kellett kb. egy percet, hogy beálljon a hőegyensúly.

3. Megnyomtam a READ gombot. A műszer megjelenítette a mérési eredményt.

Megjegyzés: A következő minta méréséig vagy a műszer kikapcsolásáig a legutóbb mért érték volt látható. A műszer folyamatosan frissítette a mért hőmérséklet értékét.

Megjegyzés: Az „ATC” jelzés villogott, ha ki volt kapcsolva az automatikus hőmérséklet-kompenzálás vagy a mért hőmérséklet a 10-40 °C közötti tartományon kívül volt.

4. Puha anyag segítségével eltávolítottam a mintát a mintacellából.
5. Egy műanyag pipetta segítségével kiöblítettem a mintacellát ioncserélt vízzel. Óvatosan szárazra töröltem a prizmat. A műszer ezt követően készen állt a következő mérésre.

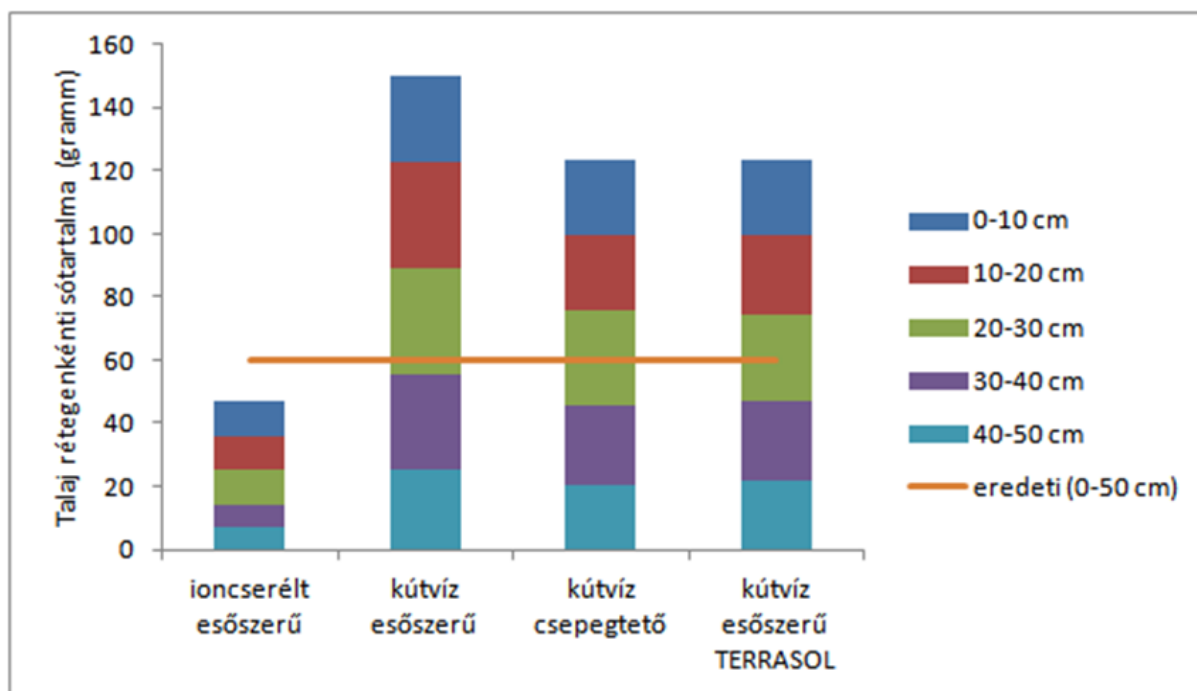


13. ábra: A cirok cukortartalmának mérése

4. EREDMÉNYEK ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE

4.1. A különböző öntözővizek és öntözési módok hatása a talaj sótartalmára

A talajvizsgálatok eredményeiként kapott sótartalmi adatokat a talajban való rétegenkénti eloszlásban mutatom be (14. ábra). A talaj térfogattömegének és a tömegszázalékban kifejezett sótartalmi értékek ismeretében kiszámítottam az adott 10 cm-es talajrétegben található só mennyiségét, a szemléletesebb ábrázolás érdekében.



14. ábra: A talaj rétegenkénti sótartalma a 2012. évi öntözési kísérletben

A talaj felső 50 cm-es rétegében mért sótartalom az ioncserélt vízzel öntözött liziméterben mutatta a legalacsonyabb értéket, összesen 46,8 grammot, ami az eredeti, 60 grammos értéknél is kevesebb, ez kilúgzásra utal. A kútvízzel öntözött liziméterekben az összesített sótartalom jóval meghaladja az eredeti értéket. A fúrott kútból származó vízzel öntözött liziméterben 150 gramm volt a talaj sótartalma, ami több mint duplája az eredeti 60 grammos sótartalmi mennyiségnek. A csepegtető öntözéssel kisebb dózisban kijuttatott víz hatására, illetve a komposztal kezelt liziméterekben hasonló sótartalmi értékeket kaptam, amelyek alacsonyabbak. (123,6 gramm) az esőszerűen öntözött, komposzt nélküli liziméterekben. Mindhárom kútvízzel öntözött kezelés esetében tehát sófelhalmozódás volt megfigyelhető. Eredményeim felhívják a figyelmet arra, hogy a magas sótartalmú vízzel történő öntözés

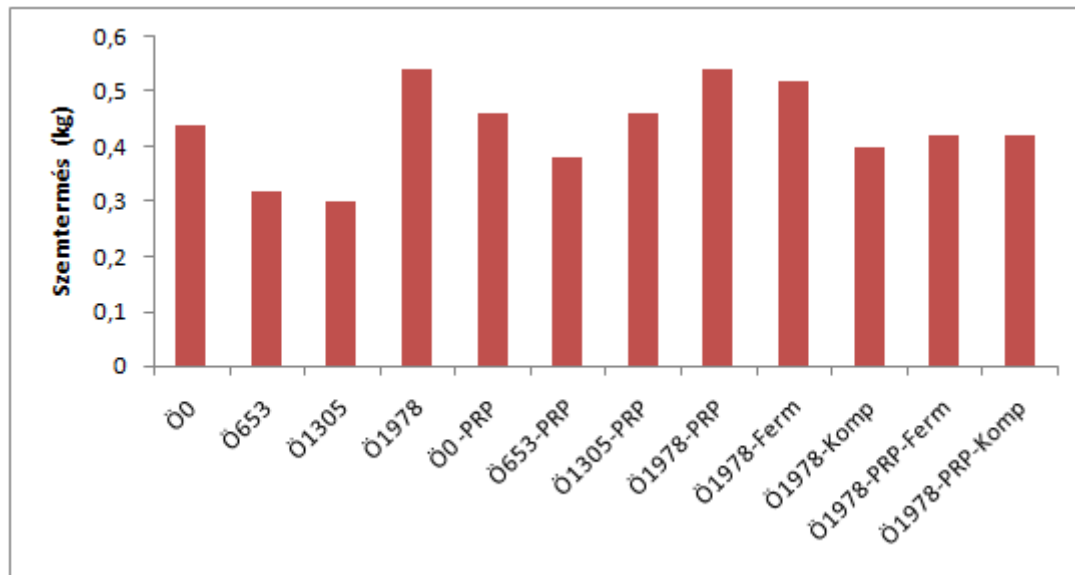
egyértelműen másodlagos szikeseést eredményez, azonban ennek mértéke csökkenthető a kisebb vízdózisú mikroöntözés, illetve talajjavító szer, komposzt alkalmazásával. Méréseim folytatásával tovább számszerűsíthető a magas sótartalmú vizekkel való öntözés másodlagos szikesítő hatása különböző évjáratokban.

4.2. A sóterhelés hatása a cirokra

A liziméteres kísérletben a különböző sótartalmú vizekkel történő öntözésnek a cirok növényre gyakorolt hatását, a termés nagyságának, a cirokállomány magasságának és a növény cukortartalmának meghatározásával állapítottam meg.

4.2.1. A sóterhelés hatása a cirok termésére

A cirok termésének nagyságát a 2013. október 1-én történt betakarítást követően mértem meg. Liziméterenként (kezelésenként) meglehetősen különböző értékeket kaptam, amit a 15. ábra is jól mutat. A terméseredmények 1 hektárra vetítve 3,6 és 6,5 tonna között mozogtak.



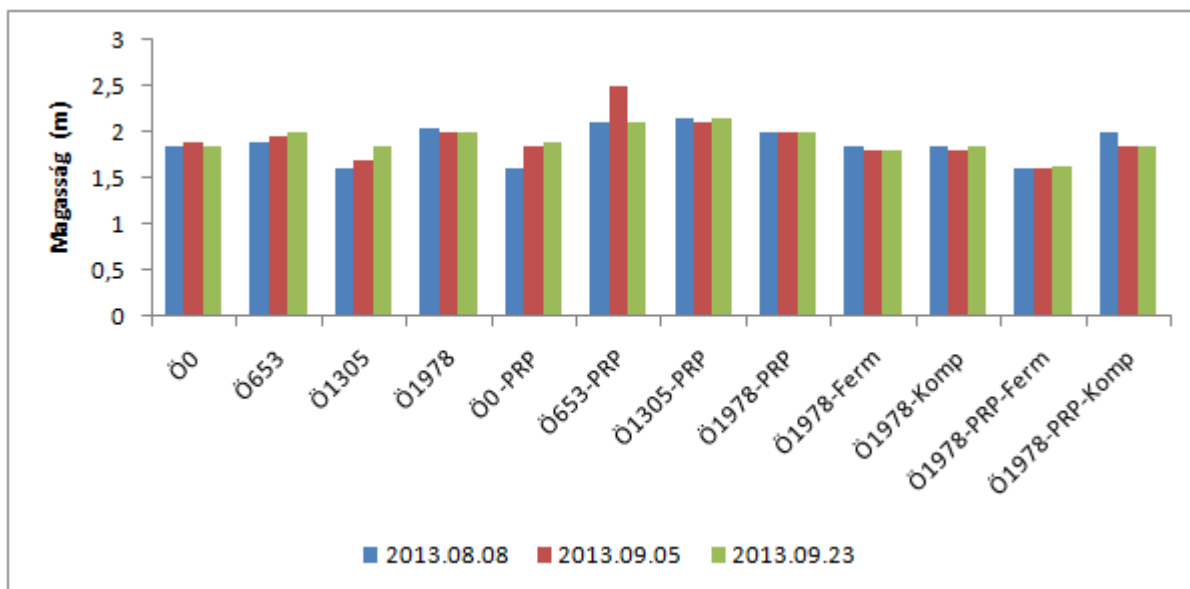
15. ábra: A cirok termése különböző sóterhelések esetén

Elmondható, hogy jelentős különbségeket nem tapasztaltam, azonban az Ö₆₅₃ és az Ö₁₃₀₅ kezelések esetében feltűnően alacsony terméseredményeket kaptam. Ez azzal magyarázható, hogy ezen kezelések lizimétereiben a cirok nem megfelelően fejlődött a kezdeti fázisban, ezért után kellett vetni azokat. A kapott eredmények alapján nem tudtam igazolható

összefüggést kimutatni a cirokállomány és a sóterhelés mértéke között. Érdekes, hogy a legmagasabb terméseket éppen a legnagyobb sótartalmú öntözővizekkel kezelt liziméterekben mértem, azonban meggyőződésem, hogy nem a nagyobb sótartalom eredményezte a nagyobb termést. Eredményeim rámutatnak, hogy feltétlenül további vizsgálatok szükségesek a sóterhelés cirok termésére gyakorolt hatásának pontosításához.

4.2.2. A sóterhelés hatása a cirok magasságára

A cirok magasságát három időpontban, 2013.08.08-án, 09.05-én és 09.23-án mértem meg. A magassági értékeket a 16. ábrán mutatom be.



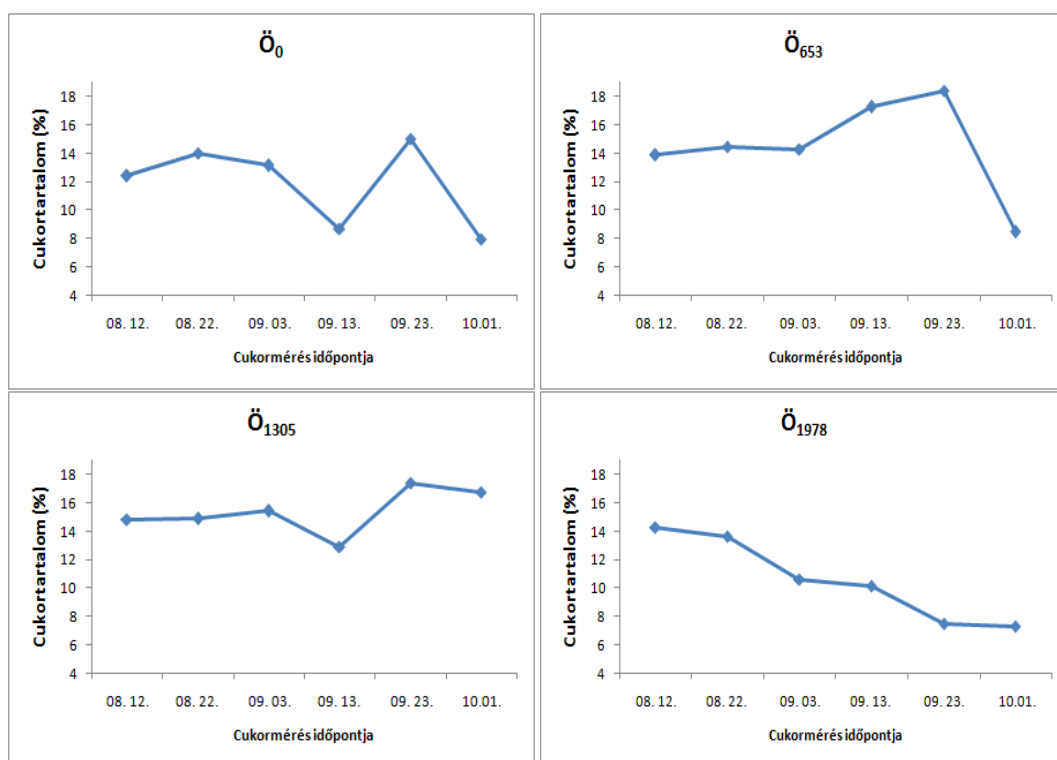
16. ábra: A cirokállomány magasságának változása különböző sóterhelések esetén a talajkondicionáló nélküli kezelésekben

Az első és az utolsó mérés között majdnem két hónap telt el. A liziméterek legtöbbjében már az első alkalommal maximális magasságot mértem, az összes egyed meghaladta a 1,5 m-es magasságot. Jelentősebb változás csak ott volt megfigyelhető, ahol a kezdeti mérésnél még fejlődésben volt a cirok növény. Az öntözővíztől függetlenül azonban minden cirok elérte a maximális magasságát, ami liziméterenként eltérő volt, 1,62 m és 2,15 m között mozgott. Mivel a magasságméréssel párhuzamosan a növény cukortartalmát is vizsgáltam, amely egy cirok állományból történő eltávolításával járt, ezért előfordulhatott, hogy éppen a legmagasabb egyedek kerültek megmintázásra. Ezzel magyarázható a néhány esetben megfigyelhető magasságcsökkenés.

4.2.3. A sóterhelés hatása a cirok cukortartalmára

A cirok növény összes átlagos cukortartalma

A cirok beltartalmi értékeinek vizsgálatánál a cukortartalmat helyeztem előtérbe. A kapott eredményeket próbáltam összefüggésbe hozni az öntözéssel bejuttatott só mennyiségével. Liziméterenként átlagoltam a cirok növények összes internódiumában mért cukortartalmát, majd ennek a dinamikáját ábrázoltam a cukortartalom és a mérési időpontok függvényében. 5 alkalommal végeztem mérést. A cirok cukortartalmának alakulására vonatkozó eredményeimet a 17. ábrán mutatom be.

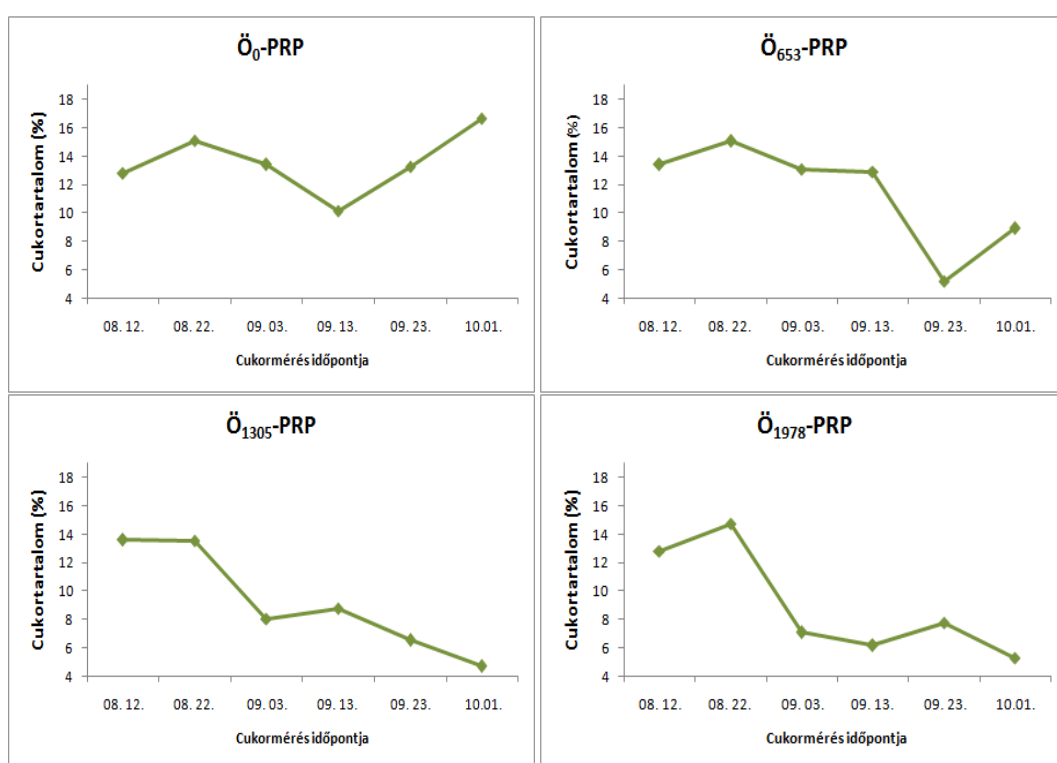


17. ábra: A cirok cukortartalmának változása különböző sóterhelések esetén a talajkondicionáló nélküli kezelésekben

Megfigyelhető, hogy a talajkondicionáló szer nélküli liziméterekben a cukortartalmi értékek a 6-18% tartományba estek és időbeli dinamikát is mutattak (17. ábra). A dinamikáról általában elmondható, hogy az idő előrehaladtával a cirok cukortartalma csökkent minden kezelés esetében, és megállapítható, hogy már az augusztus második felében végzett mérésakor elérték a cirok növények a maximális cukortartalmat. Az egyes kezeléseket összehasonlítva megállapítottam, hogy a „sómentes” ioncserélt vízzel öntözött liziméterhez képest, érdekes módon, a viszonylag magas sótartalmú (653 és 1305 mg/l) vizekkel öntözött liziméterekben

magasabb cukortartalmakat detektáltam. Viszont a legmagasabb sóterhelésű vízzel (1978 mg/l) kezelt liziméterben tapasztaltam a legalacsonyabb cukortartalmat.

A cukortartalmat a talajkondicionálóval kezelt liziméterekben is megvizsgáltam, amit a 18. ábra mutat be. Itt elmondható, hogy a sóterhelés növekedésével a cukortartalom egyértelműen csökkent. A maximális értékeket ebben az esetben is a második mérésnél kaptam, azaz augusztus második felében. Mérési adataim alapján nem tudtam egyértelmű hatást kimutatni a PRP talajkondicionáló szernek a cirok cukortartalmára gyakorolt hatását illetően.

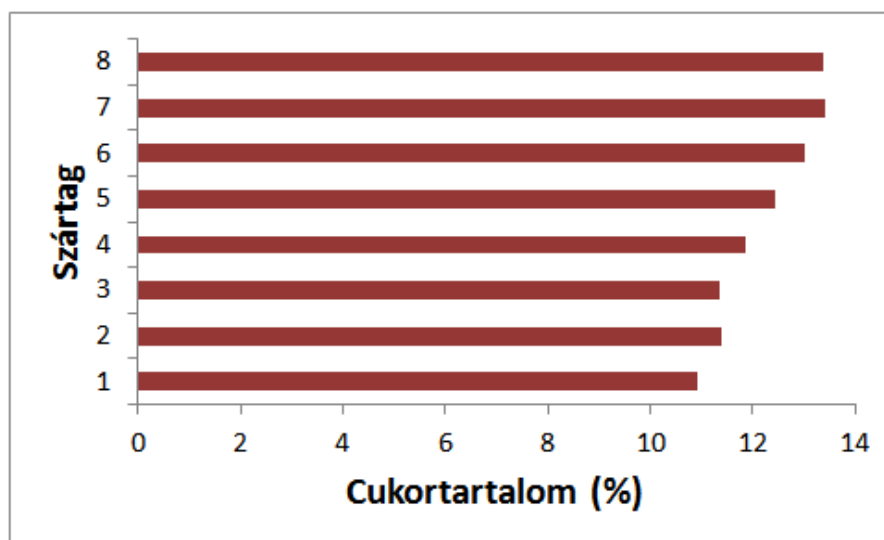


18. ábra: A cirok cukortartalmának változása különböző sóterhelések esetén a talajkondicionált kezelésekben

Mindezek alapján messzemenő következtetést természetesen még nem tudok levonni az öntözővíz sóterhelése (sóterhelés) és a cirok cukortartalma közötti összefüggés tekintetében, de eredményeim arra engednek következtetni, hogy a tartós sóterhelés mindenképpen hatással van a növény beltartalmi mutatóira. Ez kutatómunkám folytatására ösztönöz.

A cukortartalom eloszlása a cirok növényben

Minden cukormérés alkalmával, esettanulmány jelleggel, megmértem az egyes internódiumok cukortartalmát is. Ezt követően az egyes liziméterekből származó ciroknövények alsó nyolc szártagjának cukortartalmát átlagoltam. Az így a kapott értékek nem kezelésenként, hanem szártagonként adnak képet a cukor eloszlásáról a különböző nóduszok között (19. ábra).

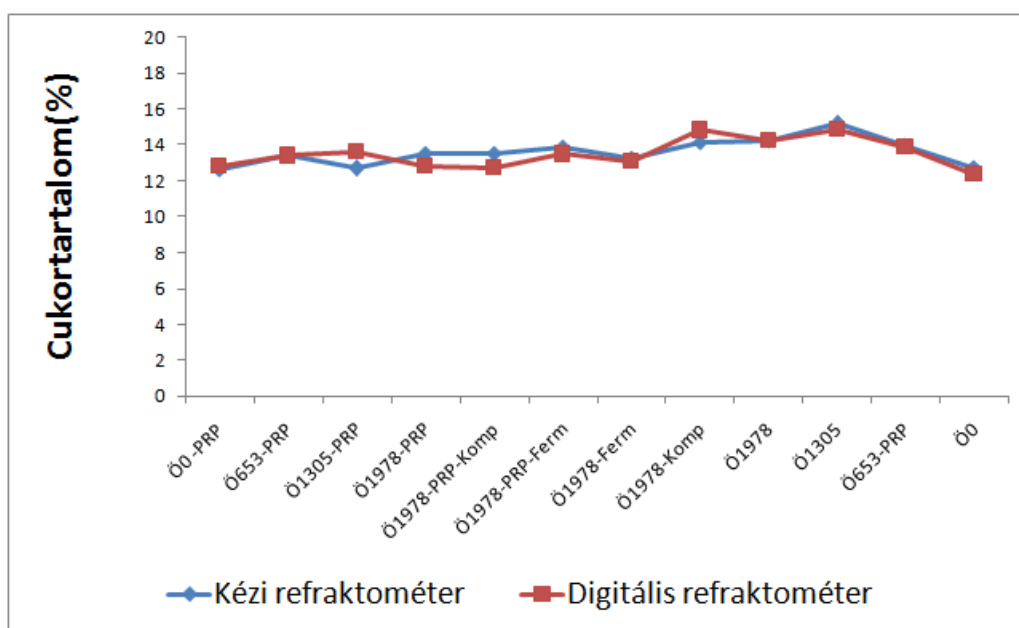


19. ábra: A cirok egyes szártagjaiban mért cukortartalom értékek a kezelések átlagában

Az első internódium átlagos cukortartalma volt a legalacsonyabb, 10,92 %-os volt. A második és a harmadik szártagnál majdnem azonos értéket kaptam, szám szerint 11,40 és 11,37%-ot. A harmadik szártag felett folyamatos növekedés figyelhető meg, a következő értékekkel: 11,8%, 12,45%, 13,03%, 13,41%, 13,38%. Adataim alapján egyértelműsíthető, hogy a cukortartalom növényen belüli eloszlása nem egyenletes, a vizsgált ciroknövényekben a cukortartalom a talajtól a buga irányába haladva növekszik.

4.3. A kézi- és a digitális refraktométer összehasonlító vizsgálata

Szintén esettanulmány jelleggel elvégeztem az általam használt kézi- és digitális refraktométer összehasonlító vizsgálatát. Kíváncsi voltam arra, hogy a klasszikus, régi technika vajon mennyire ad megbízható adatokat a korszerű, digitális kijelzővel ellátott műszerhez képest. Az első cukortartalom meghatározás során ezért mindkét rendelkezésemre álló, a 3.2.2. fejezetben ismertetett műszerrel végigmértem az indikátor növények cukortartalmát. Erre vonatkozó eredményeimet a 20. ábrán mutatom be.



20. ábra: A kézi és a digitális refraktométerrel mért cukortartalmak összehasonlítása

A 20. ábrán jól megfigyelhető, hogy a két eszköz közel azonos értékeket adott, ami megbízhatóságukat tükrözi. Mindazonáltal különbséget tapasztaltam a két eszköz között a mérés kivitelezése szempontjából. Véleményem szerint a kézi refraktométerrel történő cukormérés körülményesebb, ugyanis ügyelni kell az azonos fényviszonyokra, amely terepi körülmények között nehezen megoldható. A cirok növény szárából megfelelő mennyiségű levét kell kiperéselni a beépített prizma, majd a tetőt rázárva vízszintesen kell tartani, mert különben a folyadék könnyen kifolyhat. A digitális refraktométer használata ezzel szemben egyszerűbb, hiszen a készülékbe kell helyezni a ciroklevet. Előnyei közé tartozik még, hogy ezzel az eszközzel gyorsabb a mérés, és a digitális kijelzőn tizedes pontossággal mutatja a mért értékeket, ezzel is csökkentve a leolvasási hiba lehetőségét.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Magyarország, azon belül a Nagykunság éves csapadékeloszlása igen egyenetlen. A talaj nedvességtartalmának pótlását, illetve szabályozását mesterséges úton, öntözéssel tudjuk biztosítani. A megfelelő mennyiségű és minőségű víz biztosítása és ésszerű hasznosítása a mezőgazdasági kutatás kiemelkedő feladata.

A Karcag bel- és külterületén található fúrott kutakból származó víz minősége öntözés szempontjából nem megfelelő, minden másodlagos szikesedést befolyásoló tényező - leginkább azonban a sótartalom - a megengedettnél magasabb mennyiséget mutat; és a származtatott értékek is jelentős mértékben túllépik a megengedett határértékeket.

A Debreceni Egyetem AGTC KIT Karcagi Kutató Intézetében, 12 db átfolyó vizes liziméterben végzett kutatásaim eredményei azt mutatják, hogy a magas sótartalmú vizekkel történő öntözés másodlagos szikesedést okoz, mivel sófelhalmozódás volt megfigyelhető.

A sóterhelés ciroknövényre gyakorolt hatásáról megállapítottam, hogy a cirok jelzőnövény termésmennyiségére és magasságára nincs közvetlen hatással, azonban a sótartalom növelésével a cukortartalom egyértelműen csökkent.

A növényen belüli cukoreloszlásra vonatkozó vizsgálataim azt igazolták, hogy a cukortartalom szártagonként a buga irányába növekszik.

Esettanulmányi jelleggel összehasonlítottam a kézi és digitális refraktométert is. Arra a következtetésre jutottam, hogy a két eszköz közel azonos értékeket adott, ami megbízhatóságukat tükrözi. Véleményem szerint a kézi refraktométerrel történő cukormérés körülményesebb, ugyanis ügyelni kell az azonos fényviszonyokra, amely terepi körülmények között nehezen megoldható. A digitális refraktométer használata ezzel szemben egyszerűbb, gyorsabb, a leolvasási hiba lehetősége is kisebb.

A másodlagos szikesedés mértékének csökkentésére javaslom a kisebb vízdózisú mikroöntözést, valamint talajjavító szerek, komposzt alkalmazását.

ÖSSZEFOGLALÁS

A helytelenül végzett öntözés a talajban kedvezőtlen folyamatokat indíthat el. A Karcag bel- és külterületén található fúrott kutakból származó víz minősége az öntözés szempontjából nem megfelelő. A nagy vízigényű zöldségnövények számára a nyári időszakban mindenképp szükség az öntözés, a megfelelő termés hozam eléréséhez. Nagy problémát okoz, hogy a magas sótartalmú, öntözésre alkalmatlan kútvizek nem válthatóak ki a jó minőségű, Tiszából származó öntözővízzel.

Két év során két kísérletet állítottam be a DE AGTC Karcagi Kutató Intézetének liziméter állomásán. 2012-ben azt vizsgáltam, hogy az adott körülményeket alapul véve, van-e lehetőség az öntözés hatására kialakuló másodlagos szikesedés veszélyének csökkentésére, valamint a talajkímélő öntözés megvalósítására. Vizsgálataim során 12 db átfolyó vizes lizimétert használtam. A 2012-ben beállított kísérlet elsősorban öntözéstechnikai célú volt, ahol korszerű, csepegtető rendszerű öntözést alkalmaztam.

2013-ban az öntözővíz által a talajt érő sóterhelés hatását vizsgáltam a talajra, és annak sókészletére, valamint, hogy milyen hatással van a cirok termésére, magasságára és cukortartalmára. A cirok cukortartalmának vizsgálatánál digitális refraktométert alkalmaztam.

2012-ben a kútvízzel öntözött kezelés esetében sófelhalmozódás volt megfigyelhető. A cirok növényenél nem tapasztaltam jelentős különbséget a termésmennyiségek, és a magasságkülönbségek között a különböző kezelések esetén. Az idő előrehaladtával azonban a cirok cukortartalma csökkent, ami minden kezelésnél megfigyelhető volt. A növényen belüli cukortartalom eltérő értékeket adott. A cukortartalmat első alkalommal digitális és kézi refraktométerrel is megmértem, így esettanulmány jelleggel összehasonlítást végeztem.

A 2013-ban végzett vizsgálataim alapján messzemenő következtetést még nem tudtam levonni az öntözővíz sótartalma (sóterhelés) és a cirok cukortartalma közötti összefüggés tekintetében, de eredményeim arra engednek következtetni, hogy a tartós sóterhelés mindenképpen hatással van a növény beltartalmi mutatóira. Ez kutatómunkám folytatására ösztönöz.

IRODALOMJEGYZÉK

- ABOUKHALED, A.- ALFARO, A. – SMITH, M.: 1982. Lysimeters. FAO Irrigation and Drainage Paper. Rome.
- ABOUKHALED, A. - SARAF, S. – VINK, N.: 1969. Evapotranspiration in the Central Bekaa with reference to the irrigation of potatoes and onions. Magon Série Sci. No. 26. IRA, Liban. 28.
- AHMEDOV, H. - MIRZAEV, SZ.- RANIBAEV, F.: 1978. Az öntözés hatása a talajvízre. (Vlijánije orosenija na gruntovüje vodü). Gidroteh. i. Melior., Moszkva, 5. sz. 121. p.
- ANTAL J.: 2000. Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 107-338.p.
- van ASTEN, P. - BARBIERO, L. - WOPEREIS, M. - MAEGHT, J. - van der ZEE, S.: 2003. Agricultural Water Management 60: 13-32.p.
- BACSÓ N.: 1973. Bevezetés az agrometeorológiába. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- BARABÁS Z. – FARAGÓ L.: 1980. A hibrid szemescirok. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- BARBANTI L. – GRANDI S. – VECCHI A. – VENTURI G.: 2006. Sweet and fibre sorghum (*Sorghum bicolor*(L.) Moench) energy crops in the frame of environmental protection from excessive nitrogen loads. Eur J. Agron.25.(1),30-39.p.
- BARDAJI, J.: 1974. Öntözött talajok. (Los Suelos de regadio), Agricultura., Madrid, 43. k. 504. sz. 227-231 p.
- BILLA E. – KOULLAS DP. – MONTIES B.: 1997. Structure and composition of sweet sorghum stalk components Ind Crops Prod; 6;297-302.p.
- BLACK, T.A. – THURTHELL, G.W. – TANNER, C.B.: 1968. Hydraulic load cell lysimeter, construction calibration and tests. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 32:623-629.p.
- BLASKÓ L.: 2005. Talajromlási folyamatok és mérséklési lehetőségeik a Tiszántúl kötött talajain. MTA doktori értekezés
- BOLDIZSÁR A.: 2007. Párolgás és mikroklíma vizsgálatok balatoni nádállományokban. Doktori (Ph.D.) értékezés. Keszthely.
- BRYAN WL.: 1990. Solid state fermentation of sugar in sweet sorghum. Enzyme Microb Technol; 12:437-42.p.
- CHANG, C. - OOSTERVELD, M.: 1980. A hosszú időtartamú öntözés hatása a talaj sótartalmára. (Long-term irrigation: Effect on soil salinity in Southern Alberta). Research Highlights, 1979. Lethbridge III. sz. 12-14. p.
- DARAB K. - FERENCZ K.: 1969. Öntözött területek talajtérképezése. Országos Mezőgazdasági Minőségvizsgáló Intézet, Tánácsics Könyvkiadó, Budapest.
- DARAB K.: 1958. A tiszántúli öntözött réti talajok másodlagos szikesedése. Agrokémia és Talajtan. 7. 1-4. 53-64. p.
- DASTANE, N.G. – VAMADEVAN, V.K. – SARAF, C.S.: 1966. Review of techniques employed in determination of water requirements of rice in India. Proc. Intern. Rice Comm. Mtg, Louisiana.
- DOLCIOTTI I. – MAMBELLI S. – GRANDI S. – VENTURI G.: 1998. Comparison of two sorghum genotypes for sugar and fibre production. Ind.Crops Prod 7(2-3) 265-272.p.
- CHRAPPÁN GY. - FAZEKAS M. – LAZÁNYI J. – SIKLÓ SINÉ RAJKI E.: 1997. Silócirok In: Amit a cirok- és madáreleség-félékről tudni kell (szerk. FAZEKAS M.). AGROINFORM Kiadó és Nyomda Kft. Budapest. 29-35.p.
- FEDDES, R.A.: 1971. Water, heat and crop growth. Mededelingen Landbouwhogeschool, Wageningen.
- GOSHADROU A. – KARIMI K. – TAHERZADEH MJ.: 2011. Bioethanol from sweet sorghum bagasse by *Mucor hiermailis*. Ind Crops Prod 34;1219-1225.p.

- GRÁBNER E.: 1942. Szántóföldi növénytermesztés (Cukor és fenyércirok). Pátria Irodalmi vállalat és Nyomdai Részvénytársaság. 908-910.p.
- GRISOLLE, J.P.: 1965. Mesures des besoins en eau des cultures, application a la conduite des arrosages. L'Irrigant 12-79.p.
- GYURICZA CS.: 2008. Cukorcirok termesztése energetikai hasznosításra. Agronapló. 12. 4:75-76.p.
- HADAS M.: 1965. Imperial Rome. Time, New York. 38-39.
- HARROLD, L.L. – DREIBLEBIS, J.R.: 1967. Evaluation of agricultural hydrology by monolith lysimeters 1956-62. USDA Tech. Bull. 1376. 123.
- HARROLD, L.L.: 1968. Measuring evapotranspiration by lysimetry. ASAE. 28-33.
- HILER, E.A. – CLARK, R.N. – GLASS, L.G.: 1971. Effects of water table height on soil aeration and crop response. Trans. ASAE 14(5):879-882.
- HILLEL, D. – GAIRON, S. – FALKENFLUG, V. – RAWITZ, E.: 1969. New design of low-cost hydraulic lysimeter system for field measurement of evapotranspiration. Israel J. Agric. Res. 19(2):57-63.
- HILLEL, D. – GAIRON, S. – FALKENFLUG, V. – RAWITZ, E.: 1969. New design of low-cost hydraulic lysimeter system for field measurement of evapotranspiration. Israel J. Agric. Res. 19(2):57-63.
- JÓVÉR J. – ÁBRAHÁM É. B. – BLASKÓ L.: 2013. Különböző silócirok hibridek energetikai szempontú értékelése. Agrártudományi Közlemények. 51.sz 107-111.p.
- JÓVÉR J. - CZIRÁK L. - BOSNYÁK I.: 2013. Karcagi fajták a köztermesztésben. Cirokfélék. Agrofórum. 24. évfolyam 6. szám, 18-19.p.
- JÓZSA L.: 1976. A takarmánycirok termesztése és felhasználása. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- KARUCZKA A. – ZSEMBELI J.: 1999. Examination of Water and Nutrient Transport in Compensation Lysimeters. Einldung zur 8. Gumpensteiner Lysimetertagung. Austria. 111-113.
- KARUCZKA A.: 1989. A nehéz mechanikai összetételű mélyben sós talajok nedvességszabályozásához kapcsolódó liziméteres vízháztartás-vizsgálatok módszertani tapasztalatai és eredményei. Magyar Hidrológiai Társaság, VIII. Országos Vándorgyűlés, V. Kötet.. 55-62.
- KITCHING, R. – BRIDGE, L.R.: 1974. Lysimeter installations in sandstone at Styrrup, Nottinghamshire. J. Hydrol. 23:219-232.
- KOHNKE, H. – DREIBELBIS, F.R. – DAVIDSON, J.M.: 1940. A survey and discussion of lysimeters and a bibliography on their construction and performance. USDA Misc. Publ. No. 374, Washington DC. May. 68.
- KOVÁCS G. P. – MIKÓ P. – NAGY L. – GYURICZA CS.: 2011. Talajművelési eljárások hatása a cukorcirok (*Sorghum bicolor* L. Moench) beltartalmi paramétereire. Növénytermelés. 60.kötet, 1.szám, 64-65.p.
- KRETZSCHMAR, R.: 1999. Lysimetermessungen – Erfassung von Stoff-, Wasser und Wärmehaushaltsgrößen unter weitgehend natürlichen Bedingungen. Dr. R. Kretzschmar, Ewerhof 5, 24245 Kirchbarkau, Germany.
- KRISTENSEN, K.J. – ASLYNG, H.C.: 1971. Lysimeters with rainfall and soil water control. Nordic Hydrology II:79-92.
- LAY, J. J. – LEE, Y. J. – NOIKE, T.: 1999. Feasibility of biological hydrogen production from organic fraction og municipal solid waste. Water Research. 33. 11: 2579-2586.p.
- LETEY, J.: 1984. Impact of salinity on the development of soil science. p. 1-9. In. I. Shainberg and J. Shalhevet (ed.) Soil salinity under irrigation. Processes and management. Ecological Studies 51. Springer-Verlag, New York.

- MAKKINK, G.F.: 1959. Limitations and perspectives of lysimeter research. Int. Assoc. Hydrol. Symp. Hann-Munden, Germany. Publ. 49. 13-25.
- MANTELL, A. – FRENKEL, H. – MEIRI, A.: 1985. Drip irrigation of cotton with saline sodic water. Irrig. Sci. 6. 95-106.
- McILROY, I.C. - ANGUS.: 1963. The Aspendale multiple weighed lysimeter installation. Div Meteorol. Physics Paper No. 14, CSIRO, Australia. 27.
- MEISSNER, R. – RUPP, H. – SCHUBERT, M.: 2000. Novel lysimeter techniques – a basis for the improved investigation of water, gas and solute transport in soils. J. Plant Nutr. Soil Sci. 163. 603-608.
- MONNIER, G.: 1971. Lysimetric investigation on relationships between depth of soil and crop yields. Ann. Agron. 22(2):183-195.
- MUKAMMAL, E.I. – McKAY, G.A. – TURNER, V.R.: 1971. Mechanical balance electrical readout weighing lysimeter. Boundary Layer Meteorol. 2:207-217.
- NAKSHABANDI, G.A. – ISMAIL, H.N.: 1972. The use of neutron moisture meter and other methods for the determination of maize ET. Proc. Symp. On Use of Isotope in Hydrology. CNRS, Beirut, December 1970. 53-65.
- PANTSKHAVA, E. S. – POZHARNOV, V. A.: 2006. Biofuel and power engineering. Russia's Capabilities. Thermal Engineering. 53. 3:231-239.p.
- PAPADOPULOS, I.: 1985. A talaj szikesedésének változása nagy szulfát tartalmú víz hatására. (Soil salinity as effected by highsulfate water). Soil Sci., Baltimore, Md., 140. k. 5. sz. 376-381.p.
- PELTON, W.L.: 1961. The use of lysimetric methods to measure evapotranspiration. Proc. Canadian Hydrol. Symp. 1-2 March. Toronto, Canada.
- PRUITT, W.O. - ANGUS.: 1960. Large weighing lysimeter for measuring evapotranspiration. Trans. ASAE 3:13-18.
- PUECH, J. – HERNANDEZ, M.: 1973. Différentes cultures et étude de quelques facteurs influencant les rythmes de consommations. Ann. Agron. 24(4):437-455.
- RADAELLI, L.-D'ARRIGO, C.M.- SAMBUCCO, G.- IOPOLLO, A.: 1981. Sótartalmú vízzel történő öntözés hatása a természetes és kondicionáló szerekkel stabilizált talajok szerkezetére. (Influenza della irrigazione con aque saline sulla struttura di terreni naturali e stabilizzati con condizionatori.) Agrochimica, Pisa, 25. k. 2. sz. 115-122. p.
- RHOADES, J.D. - LOVEDAY J.: 1990. Salinity in irrigated agriculture. P. 1089-1142. In B. A. Steward and D. R. Nielsen (ed.) Irrigation of agricultural crops. Agron. Monogr. 30. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- ROBELIN: 1962. Evaporation réelle des différents couverts végétaux bien alimentés en eau et ETP Détermination expérimentale. Ann. Agron. 13(b):493-522.
- SLATYER, R.O. – McILROY, I.C.: 1961. Practical micro-climatology. Unesco Publ. prepared by CSIRO, Australia. November.
- STEFANOVITS P. – FILEP GY. – FÜLEKY GY.: 1999. Talajtan. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 237.p.
- SZABOLCS I. – DARAB K. – VÁRALLYAY GY.: 1968. A tiszai öntözőrendszerek és a Magyar Alföld talajainak termékenysége. I. Az öntözés talajtani lehetőségei és feltételei Szolnok, Hajdú-Bihar, Békés és Csongrád megyék területén. Agrokémia és Talajtan. 17. 4. 453-464.p.
- SZABOLCS I. – DARAB K. - VÁRALLYAY GY.: 1969.a A tiszai öntözőrendszerek és a Magyar Alföld talajainak termékenysége. II. A talajvíz „kritikus” mélysége a kiskörei öntözőrendszer által érintett területen. Agrokémia és Talajtan. 18. 211-220.p.
- SZABOLCS I. – DARAB K. - VÁRALLYAY GY.: 1969.b A tiszai öntözőrendszerek és a Magyar Alföld talajainak termékenysége III. Az öntözés lehetőségeit és feltételei

- ábrázoló 1:25000 léptékű térképek készítésének módszerei. *Agrokémia és Talajtan*. 18. 221-234.p.
- SZABOLCS I. – VÁRALLYAY GY.: 1980. Problems of soil salinity in watersheds. *Acta Agronomica*. 30. 249-266.p.
- SZABOLCS I.: 1961. A vízrendezések és öntözések hatása a tiszántúli talajképződési folyamatokra. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- SZABOLCS I.: 1985. Salt affected soils, as world problem. p. 30-47. In *The reclamation of salt affected soils*. Proc. Int. Symp. Jinan, China. 13-21 May. Beijing Agric. Univ., Beijing, China.
- SZABÓ L.: 1983. Melegövi növénytermesztéstani ismeretek 2. Egyetemi jegyzet. Gödöllő. 59-67..p.
- SZALÓKI S.: 1968. The effect of ground water depth on water economy and development of the lucerne stand. Szarvas, Hungary. *Öntözéses Gazdálkodás* VI(1):73.p.
- TANNER, C.B.: 1967. Measurement of evapotranspiration. In: *Irrigation of Agricultural Lands*. Amer. Soc. Agron. 11:534-574.
- THOMPSON, G.D. – BOYCE, J.B.: 1971. Comparison of measured ET of sugar cane from large and small lysimeters. *Proc. South African Sugar Tech. Assoc.* 169-177.
- UNDP/WMO: 1974. Hydrometeorological survey of the catchments of Lakes Victoria, Kyoja and Albert. Project RAF 66/025 (4 vols). 498-509.
- UNESCO: 1970. Tunisia, research and training on irrigation with saline water. 1962-1969. Tech. Report Unesco/UNDP Tunisia 5. 256.
- VÁRALLYAY GY.: 1974. Hydrophysical aspects of salinization from the groundwater. *Agrokémia és Talajtan*. 23. Suppl. 29-44.
- WMO: 1968. Measurement and estimation of evaporation and evapotranspiration. Tech. Note No. 83. Geneva. 121.
- ZHAO Y. – DOLAT A. – STEINBERGER Y. – WANGE X. – OSMANA A. – XIE G.H.: 2009. Boimass yoiled and changes in chemical composition of sweet sorghum cultivars grown for biofuel. *Field Crops Res* 11 (1-2), 55-64.

Internetes hivatkozások

I1: <http://honosweb.it/en/irrigation/883-porous-pipe-irrigation-ecodrop-055037.html>
(2013.10.17.)

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék köszönetet mondani **Dr. habil. Zsembeli József** konzulensemnek a szakdolgozat során adott hasznos ötleteiért, jó tanácsaiért, valamint odafigyeléséért és támogatásáért.

Szeretném még megköszönni a DE AGTC KIT Karcagi Kutató Intézet munkatársainak, valamint Kovács Eszternek, Varga Lillának és Szűcs Lillának a segítségét.

NYILATKOZAT

Alulírott Tóth Judit büntetőjogi és fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem és aláírással igazolom, hogy a diplomadolgozat saját munkám eredménye. A felhasznált irodalmat korrekt módon kezeltem, a diplomadolgozatra vonatkozó jogszabályokat betartottam.

Debrecen, 2013. október 17.

.....
aláírás

Születési idő: 1989.11.02.