



**BUDAPESTI CORVINUS EGYETEM**

**ÖNTÖZŐVIZEK MINŐSÉGE A HAZAI VÍZKULTÚRÁS  
ZÖLDSÉGTERMESZTÉSBEN**

**Doktori (PhD) értekezés tézisei**

**Rácz Istvánné Nemes Zsuzsanna Julianna**

Témavezető:

**Dr. Terbe István, CSc**

egyetemi tanár

Budapest

2007

## 1. ELŐZMÉNYEK, KITŰZÖTT CÉLOK

A rendszerváltás óta a hajtatott zöldségek élelmezési jelentősége felértékelődött, a piaci verseny kiéleződött, az élelmiszerbiztonsági és ökológiai aspektusok erősödtek. A Dél-Alföldön a zöldséghajtatásnak több generációra visszavezethető hagyományai vannak. A monokultúras termesztés hatására leromlott állapotú, fonalféreggel fertőzött, elszikesedett hajtató talajok kiváltására egyre több termeszto választja a Nyugat-Európában már elterjedten alkalmazott, talajtól elszigetelt termesztési módok valamelyikét, leginkább a vízkultúras termesztést.

Ma nincs megbízható adatunk a terület nagyságára, de kb. 300-400 hektárra becsülhető a hazai kőzetgyapotos zöldséghajtatás, az egyéb termeszto közeges technológiák ennek a többszörösére tehetőek. A termesztés gazdasági súlya azonban ennél lényegesen nagyobb, mert egységnyi területre vonatkoztatva 300-600-szoros termelési értéket állítanak elő egy gabonanövényhez viszonyítva.

A zöldségnövények közül a régióban a paprika, a paradicsom és az uborka vízkultúras hajtatásában rejlenek reális lehetőségek.

Ebben a rendszerben a gyökérrögzítő közegnek általában csekély a tápanyag-kapacitása, ezért a tenyészidőszakban folyamatos tápanyag kijuttatást, tápoldatozást kell végezni, ezáltal a rendszer vízigénye jelentős. A termesztési gyakorlatban a kijuttatott tápoldat mennyiség szorosan összefügg a vízminőséggel, gyengébb minőségű vizek használata esetén egységnyi tápanyag kijuttatásához több vízre van szükség. A túllöntözés több túlfolyást jelent, melynek szabad elfolyásával, az ún. nyílt termeszto rendszerekben a környezeti terhelés megnő. A környezetet megkímélő, zárt tápoldatozási rendszerek – ahol az elfolyó tápoldat jelentős részét visszaforgatjuk – csak kiváló minőségű víz felhasználásával működhetnek.

Talaj nélküli hajtatásban a víz minősége azért is fontos, mert összetétele a gyökérszóna kémiai viszonyait alapvetően befolyásolja. A talaj nélküli termesztési eljárások vízkémiai oldalról többé-kevésbé egységesen kezelhetők, ugyanis a közeg és a növény között az anyagforgalom minimális, a kémiai kölcsönhatások elhanyagolhatók. Ennek következtében a vízre alapozott kultúrák sikere a helyi öntözővíz adottságoknak is függvénye.

Vízkultúras termesztésben a nagyobb intenzitás miatt a környezeti kockázat is megnő. Talajon termesztésben a fel nem vett tápanyagok nagyobb része elraktározódik, csak kisebb része mosódik ki. Ezzel szemben a nyitott rendszerű vízkultúras termesztésben már eleve mobilizált tápanyagok hagyják el a termeszto berendezést a túlfolyás által, s mindez jóval nagyobb műtrágya felhasználás mellett történik, mint a korábbiakban.

A vízkultúras termesztés nemzetközi szakirodalma kiterjedt, abban főként a termesztéstechnológiai elemek a hangsúlyosak. A vízminőségi kérdések ritkán kerülnek elő, és csak az utóbbi időben foglalkoznak a tápanyagok okozta ökológiai hatásokkal. A tápanyag veszteségeket inkább a zárt rendszerű termesztéssel igyekeznek minimalizálni.

A vízkultúras termesztéshez kapcsolódó hazai szakirodalom szegényes, sok esetben az új technológiák komolyabb adaptációs vizsgálatok nélkül kerülnek a termesztési gyakorlatba.

Öntözővíz minőség szempontjából a vízkultúras termesztéshez fennálló hazai adottságaink átfogó feldolgozására még nem került sor. A nyitott rendszerű termesztés következményeként megjelenő tápanyag veszteségekre irányadó számokkal sem rendelkezünk.

Az elmúlt évtizedben a zöldségtermesztéshez kapcsolódó tápanyag gazdálkodási és vízminőségi kérdéseket széleskörűen tanulmányoztuk. A kísérleti eredmények a Dél-Alföld vízbázisára alapozott „környezettudatos” vízkultúras termesztés lehetőségeit támasztják alá.

A feldolgozást képzettségemnek megfelelően kémiai látásmóddal, környezettudatos szemlélettel közelítettem, reményeim szerint ezzel a hazai zöldségtermesztési ágazat elméleti és gyakorlati fejlődéséhez hozzájárulhatok.

## **A kutatómunka célkitűzései:**

- a víz útjának nyomon követése a kitermelés helyétől a tápoldat készítésén és a szétosztáson át, majd a növényi interakció után az összetételbeli változások tendenciáinak keresése a túlfolyó oldatban;
- a Dél-Alföldön az öntözésre elérhető vízforrások és azok jellemző kémiai tulajdonságainak meghatározása; az egyes vízbázisok vízkémiai sajátágaiban a természetes vagy antropogén hatások keresése, a források összetételbeli állandóságának megismerése;
- néhány vízforrás vízkultúrás alkalmasságának vizsgálata, a vízminőséget javító korrekciós lehetőségek számba vétele;
- dél-alföldi rétegvizek mikroelem-tartalmának tanulmányozása;
- optimális tápoldat összetétel kialakítása 3 fő zöldségnövényre (paprika, paradicsom, uborka), kiválasztott rétegvizek (mint dél-alföldi vízkémiai modellek) alapján;
- a tápoldat-növény kölcsönhatások tanulmányozása üzemi kísérletsorozatban;
- a tápanyagok érvényesülésének vizsgálata üzemi szinten és növényfajonként;
- üzemi kísérletekben egyes vízkémiai tulajdonságok szerepének tanulmányozása a tápanyagok érvényesülésében.

## 2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A tudományos kutatómunka dél-alföldi öntözővizek vizsgálatára és üzemi kísérletek végzésére irányult.

### 2.1. A dél-alföldi öntözővizek kémiai vizsgálatai

#### A vízkémiai adottságok feltérképezése

A vízminták 3 dél-alföldi megyéből (Békés, Csongrád, Bács-Kiskun) kerültek ki. Egy-egy vízforrásra a vizsgálat időtartama alatt többször is sor került, ezért a tér- és időbeli változások is megjelennek az eredményekben. A vízminták begyűjtése és elemzése 2000-2004. között történt.

- a vízkultúrás alkalmasság elbírálásához mért kémiai paraméterek:

*pH, EC, NO<sub>3</sub>-N, P, K, Ca, Mg, Na, Cl, HCO<sub>3</sub>*

- a precíziós tápoldatozási igény és a vízelőkészítés miatt a dél-alföldi rétegvizekben mért mikroelemek:

*Fe, Cu, Zn, Mn, B, SO<sub>4</sub>-S*

### 2.2. Üzemi kísérletek

#### A vízkultúrás termesztés ökológiai értékelése

A kísérletbe a három fő hajtított zöldségművevényre (paprika, paradicsom, uborka) növényenként 3-3, összesen 9 dél-alföldi termesztő üzemet vontunk be 2004. március-2004. november között, I-IX. jelzésekkel:

*Paprika (Capsicum annuum L.) I., II. és III. jelű üzemek,*

*Paradicsom (Lycopersicon esculentum MILL.) IV., V. és VI. jelű üzemek,*

*Uborka (Cucumis sativus L.) VII., VIII. és IX. jelű üzemek.*

Valamennyi üzemben közetgyapoton, A-B és savtartályos tápoldatozó rendszerrel, kizárólag tápoldat formájában, csepegtető öntözéssel történt a növénytáplálás. A termesztő berendezések nyitott rendszerűek, vagyis a túlfolyás elhagyta a rendszert.

Az üzemi kísérletek legfontosabb termesztési adatait az *1. táblázat* mutatja.

- Az üzemi kísérletekben
  - valamennyi makro- és mezoelemet pótló műtrágya mennyisége,
  - a savfelhasználás,
  - minőségtől függetlenül a teljes termésmennyiség feljegyzésre került,
  - minden hónapban egy alkalommal, azonos időpontban, valamennyi állományban mintavétel a tápoldatból, a táblaoldatból és az elfolyó oldatból (túlfolyás, drén).

➤ A termesztéshez kapcsolódó oldatok kémiai vizsgálatai kiterjedtek:

a *pH, EC, NO<sub>3</sub>-N, P, K, Ca, Mg, Na* összetevőkre.

Az öntözővíz és oldott tápanyagokat tartalmazó minták kémiai vizsgálatához klasszikus analitikai és műszeres módszerek kerültek felhasználásra.

## 1. táblázat.

### A dél-alföldi üzemi kísérletek legfontosabb termesztési adatai 2004-ben

Üzem jelzése	Termesztő felület m <sup>2</sup>	Tőszám/ m <sup>2</sup>	Fajta	Ültetés ideje	Öntözés vezérlés*	Öntözővíz forrás	Átlagos túlfolyási arány (%)**
<b>Paprika</b>							
I.	4000	4,10	Hó F1	2003. 12. 01.	K	Rétegvíz	35-39
II.	4000	3,70	Hó F1	2004. 02. 20.	K	Rétegvíz	28-32
III.	1220	6,39	Keceli csüngő	2003. 12. 30.	K	Rétegvíz	26-30
<b>Paradicsom</b>							
IV.	5000	2,50	Pedrico és Durinta	2004. 01. 04.	I	Rétegvíz	30-34
V.	11500	2,52	Durinta	2003. 11. 03.	K	Rétegvíz	25-29
VI.	9600	2,47	Profilo	2004. 04. 23.	I	Rétegvíz	20-26
<b>Uborka</b>							
VII.	828	1,48	Suprami	2004. 02. 20.	K	Sótalanított víz	18-22
VIII.	8000	1,50	Pedroso F1	2004. 01. 15.	I	Vezetékes ivóvíz	34-38
IX.	2800	1,54	Pedroso F1	2004. 01. 20.	I	Vezetékes ivóvíz	31-35

\*K: Klímavezérelt öntözés; I: Időkapcsoló vezérelt öntözés

\*\*Átlagos üzemi körülmények között, a termesztők közlése alapján

### 3. EREDMÉNYEK

#### 3.1. Öntözővíz vizsgálatok eredményei

A felhasználás előtt megvizsgáljuk a víz eredetét, s ezzel előzetes információkhoz juthatunk a vízforrás alkalmasságáról.

##### 3.1.1. Vízkultúrák alkalmasság

A vizsgálati eredmények szerint a **felszíni vizek** összetétele igen különböző. Összességében a felszíni vizek alkalmasságát a folyóvízzel fennálló kapcsolat határozza meg. Minél élénkebb a vízcseré, annál kedvezőbb és állandóbb az összetétel. A csekély vízforgalmú vizekben jelentős a sófelhalmozódás, a tápanyag bemosódás és a szennyvíz terhelés, ami ezeknek a forrásoknak az időbeli változékonyságát okozza, így használatuk vízkultúrában nem biztonságos.

**Talajvizeknél** valamennyi kémiai tulajdonság széles tartományban változott. Az EC 0,79-4,2 mS/cm között alakult, ami közelítőleg 500-3000 mg/l sótartalomnak felel meg. A vizsgált településeken a talajvizek minőségét lényegében a túlzott műtrágya felhasználás és a kommunális szennyvizek befolyásolják. A nátrium-, a klorid- és a hidrokarbonát ionok a vízkultúrák természetében az alkalmasságot alapjaiban meghatározó alkotók. A talajvizek felhasználását gyakran egyszerre több határérték feletti mutató is korlátozza.

A vízminták eredetét illetően több olyan település szerepel a sorban, melynek különböző pontjairól hasonló időszakban (pl. Nagyszénás), vagy azonos pontjáról különböző időszakokban (pl. Orosháza) vettük a mintákat. Mindkét esetben megállapítható, hogy a talajvíz tér- és időbeli változékonysága miatt állandó összetételre nem számíthatunk, felhasználásukhoz rendszeres analízisre van szükség.

A **rétegvizeket** modellező kiválasztott településeken egységesebb vízkémiai jelleg rajzolódik ki. Az EC 0,34-0,8 mS/cm közötti tartományba esett. Az anionokat megvizsgálva, mindegyik esetben a hidrokarbonát a meghatározó. Kationokra nézve változatosabb a kép: ahogyan csökken a kalciumtartalom, úgy emelkedik a nátrium aránya, illetve ahol már nagy koncentrációban van jelen a nátrium, ott a magnézium is kisebb értékkel fordul elő, feltehetően a kicsapódás miatt. A víz kémiai jellegváltozása a felszín alatti regionális áramlási rendszerekkel értelmezhető. A felszín alatti vízmozgás során a víztartó rétegek ásványi anyagai módosítják az összetételt: ez leglátványosabban a víz folyamatos lágyulásában nyilvánul meg.

A tápanyag tartalmat vizsgálva megállapítható, hogy nitrát csak nyomokban mérhető, a foszfor- és a káliumtartalom a várakozásoknak megfelelően alacsony (P: 0-2,4 mg/l; K: 0,3-6,0 mg/l).

A keményebb vizekben csak a hidrokarbonát-tartalom korlátozó, a lágyabb vizekben a nátriumtartalom is előnytelen a vízkultúrás felhasználáshoz. Lényegében a rétegvizek hosszabb távon is jól előre jelezhető összetétellel rendelkeznek.

### **3.1.2. Vízelőkészítés tápoldatos öntözésre**

#### **Öntözővizek mikroelem tartalma**

A mikroelem vizsgálati eredmények változatosak, a dél-alföldi rétegvizek nem egységesek, tendencia nem ismerhető fel.

A mikroelemeket összességében tekintve, csak a mangán- és vastartalom zavaró. A vízminták több mint 70%-ánál eltömődésre kell számítani a tápoldat szétosztásnál; ennek nagyobb arányban a vas, kisebb részben a mangán az okozója.

#### **Minőség javítás teljes sótalanítással**

Általában a javítandó vizek rétegvizek, ritkábban talajvizek. Így a sótartalom többnyire kisebb, mint 1 mS/cm, esetleg talajvizeknél 1-2 mS/cm tartományba esik. A sótalanítás legfőbb oka minden esetben a magas nátriumtartalom. Az eredmények meggyőzőek, mert igen alacsony sótartalmú ( $EC < 0,1$  mS/cm) víz hagyja el a berendezést. Ez a vízminőség kielégíti a zárt termesztési rendszerre ajánlott vízminőségi előírásokat is.

A sótalanítás eredményes víztisztítási eljárás, de alkalmazásának további környezeti következményeivel kell számolnunk.

#### **Tápoldat készítés rétegvizekből**

A vizek aránytalan kation összetétele megmutatkozik a tápoldatok várható só- és nátriumtartalmánál. A nátriumtartalom alapján kiválóan minősített vizekből (Csólyospálos, Jászszentlászló, Kiskunfélegyháza, Zákányszék) állíthatók össze a legkisebb sótartalmú (EC) tápoldatok (paprika: 3,06-3,25 mS/cm; paradicsom: 3,82-3,98 mS/cm; uborka: 3,02-3,20 mS/cm). Minden növénynél a méhkeréki, csanyteleki és szentesi vízből készített oldatok a legnagyobb sótartalmúak, jórészt a magasabb nátrium-koncentrációnak köszönhetően.

A magasabb hidrokarbonát-tartalom kémiaiilag ugyan nem korlátozza a tápoldat összeállítást, bár általa egyértelműen magasabb sótartalmú lesz az oldat, ami a sóérzékeny növényeket kedvezőtlenül érinti.

### **3.2. Az üzemi kísérletek eredményei**

#### **3.2.1. A termesztéshez kapcsolódó oldatok vizsgálati eredményei**

A növényi kölcsönhatás következtében a primer tápoldat összetétele megváltozik, azonban ha a fontosabb minőségi mutatókra nézve találunk szabályszerűségeket, akkor a rendszert elhagyó oldat ismételt felhasználására könnyebben nyílik lehetőség, és az oldott tápanyagok okozta környezeti terhelés is csökkenthető.



A kicsöpögés után a pH, az EC és a vizsgált ionok változásának átlagos trendjét a bemenő tápoldatban mért átlagértékekhez viszonyítva a 2. táblázat összegezve mutatja be.

## 2. táblázat.

**Kicsöpögő tápoldatok összetételében bekövetkező átlagos változások iránya 9 üzemi kísérlet eredményei alapján, kőzetgyapoton (2004) (↑: emelkedés; ↓: csökkenés)**

Tulajdonság	Minta eredete	Paprika	Paradicsom	Uborka
pH	Tábla	↑	↑	↑
	Túlfolyás	↑	↑	↑
EC	Tábla	↑	↑	↑
	Túlfolyás	↑	↑	↑
N	Tábla	↑	↑	↓
	Túlfolyás	↑	↑	↓
P	Tábla	↓	↓	↓
	Túlfolyás	↓	↓	↓
K	Tábla	↓	↓	↓
	Túlfolyás	↓	↓	↓
Ca	Tábla	↑	↑	↑
	Túlfolyás	↑	↑	↑
Mg	Tábla	↑	↑	↑
	Túlfolyás	↑	↑	↑
Na	Tábla	↑	↑	↑
	Túlfolyás	↑	↑	↑

Megállapítható, hogy a foszfor és a kálium koncentrációja minden növénynél a táblában és a túlfolyásban csökkent, míg a többi kation (kalcium, magnézium és a nátrium) koncentrációja a táblaoldatban és a túlfolyásban emelkedett az eredeti, kicsöpögő tápoldat átlagos értékeihez viszonyítva (az eltérő EC-értékek miatt minden oldatot EC=3 mS/cm-re standardizáltam). A nitrogén változásáról egyértelmű tendenciát nem lehet megállapítani.

A kationok koncentrációjának emelkedésével megváltoztak az ionarányok a táblaoldatokban és a túlfolyásban. Itt nem tisztázható okok következtében a tápoldatokban a hidroxid-koncentráció bizonyosan megemelkedett, ami pH-emelkedésben is megnyilvánult.

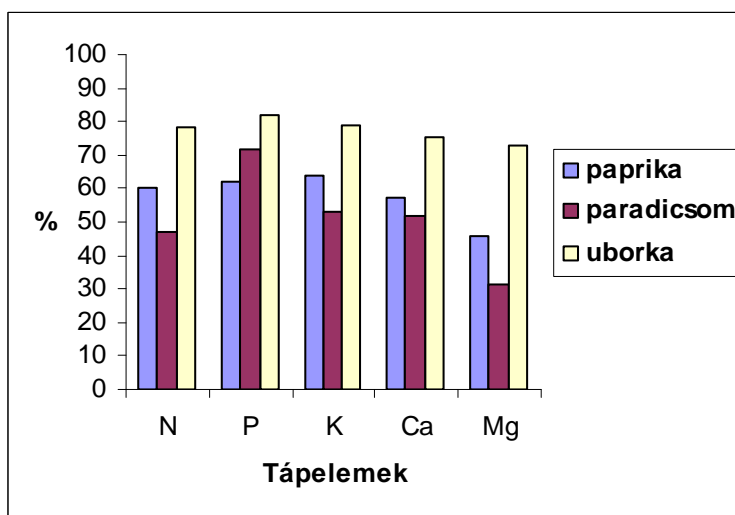
### 3.2.2. A túlfolyás ökológiai szempontú értékelése

Az üzemi kísérletekből a felhasznált, illetve távozó tápanyagok arányára csak közvetett módon nyerhetők információk, ugyanis az elfolyó drénvíz térfogatának és a növény által felvett tápanyagok mennyiségének meghatározására nem volt közvetlen lehetőség.

A teljes tápanyag bevitel, a tápoldat koncentrációk és a túlfolyási arány (1. táblázat) felhasználásával a drénvíz térfogata megbecsülhető, ezzel a benne távozó tápanyagok mennyisége meghatározható.

Összevetve a kísérleti időszak teljes tápanyag bevitelét a túlfolyással távozó mennyiségekkel, az egyes tápelemek hasznosulási arányai kiszámíthatók:

$$\text{Tápanyag hasznosulás \%} = \frac{\text{Teljes tápanyag bevitel} - \text{Túlfolyással távozó tápanyag}}{\text{Teljes tápanyag bevitel}} \cdot 100$$



**1. ábra. Tápanyagok hasznosulása növényfajonként átlagolva  
(I-IX. üzemben, 2004)**

A 9 kísérleti üzem adatainak elemzéséhez a tápanyag hasznosulási arányokat vettem alapul. A számításokat minden üzemre külön-külön, valamint növényfajonként átlagolva (1. ábra) is elvégeztem.

A vízkultúrárs nyitott rendszerű üzemi kísérletekben a főbb tápelemek hasznosulása 30-80 % között változik. A tápelemek érvényesülésére egyebek között kihat a növényi faj, és befolyásolják a termesztési körülmények is. Ez utóbbiak közül fontos tényező az öntözés, mely hatással van a túlfolyás térfogatára és annak sótartalmára is.

A vizsgált tápelemek hasznosulási arányai összefüggésben vannak a túlfolyás koncentráció változásával a tápoldathoz viszonyítva. Azok a tápelemek mutatnak jó hasznosulást, melyeknek a koncentrációja lecsökkent a túlfolyásban (foszfor, kálium). Gyengébb a hasznosulás azokra a kationokra, melyeknek a koncentrációja megemelkedett a táblában és a túlfolyásban a kicsöpögő értékhez viszonyítva (kalcium, magnézium).

A klímavezérlés a tapasztalatok szerint előnyösen hat a tápanyagok felvételére, de nem kizárólagos feltétele a jó hasznosulásnak.

### 3.2.3. Tápanyagok hasznosulása az öntözővíz függvényében

Vizsgáltam a tápanyagok hasznosulási arányát az öntözővíz egyes kritikus kémiai paramétereinek függvényében. Most csak a hazai öntözővizekben gyakran túlzott koncentrációban jelenlévő nátrium és az NPK hasznosulás összevetését emelem ki.

A kapott összefüggések azt bizonyítják, hogy a tápanyagok hasznosulásában nem az öntözővíz nátriumtartalma a domináns, hanem egyéb termesztési feltételek. Ennek ellenére a vizsgált összefüggések alapján megfogalmazhatók bizonyos irányértékek arra a vízösszetételre, mely még nem korlátozza a jó hasznosulást: kalciumból 80 ppm, magnéziumból 25 ppm, nátriumból 30 ppm alatti érték az ajánlható. Ez 7,5 mekv/l teljes kation tartalmat jelent, ami kb. 0,7 mS/cm fajlagos vezetőképességnek felel meg.

Az uborkánál ezek az értékek már túl magasak. A legjobb arányok a sóatlanított vizet használó üzemnél (VII.) voltak, ami arra utal, hogy a termesztésnek alacsonyabb sótartalmú víz mellett jobbak a feltételei.

### 3.3. Új tudományos eredmények

- A dél-alföldi vízforrások vízkultúrás alkalmasságát meghatározó körülmények.
  - ✓ Felszíni vizeknél a folyóvízzel fennálló kapcsolat. Minél gyakoribb a vízcseré, annál jobbak a vízkultúrás felhasználás feltételei.
  - ✓ Talajvizeknél az antropogén szennyezés. Mindössze 4%-a elégítette ki a „megfelelő” minőség feltételeit; kb. 1/3 arányban csak a „kevésbé alkalmas” kategóriába sorolhatók, közel 2/3 részben legalább 1 határérték fölötti paraméter kizárja a vízkultúrás alkalmazást.
  - ✓ Rétegvizeknél a hidrogeológiai viszonyok. Összetételük állandóbb, természetes vegyi jellegük alapján főként a nátrium- és a hidrokarbonát-tartalom kifogásolható. Ezek szerint a homokhátsági beszivárgási és a mélyalföldi feláramlási rétegek vizei jól elkülöníthetők.
- A fő vízkultúrás zöldségnövényekre a dél-alföldi rétegvizekből az eltervezett arányok szerint a tápoldat összeállítható. A magas hidrokarbonát-tartalom ellenére a puffer hatáshoz szükséges koncentráció beállítható. Emiatt a tápoldat sótartalma azonban megemelkedik, ezért a nagyobb sótűrésű fajtákat előnyben kell részesíteni. A rétegvizek alkalmasságát csak a nátriumtartalom korlátozza.

- A rétegvizek tápoldatos felhasználásában gondot okoz a mangán- és a vastartalom. A vizsgált vizek közel  $\frac{3}{4}$  részénél közepes eltömődési kockázattal kell számolni a víz szétosztásánál. Hosszabb távon a korlátozódó rétegvíz felhasználás miatt leginkább a talajvizek jönnek szóba, ezek azonban víztisztítást igényelnek.
- A kicsöpögő tápoldat összetételében a legnagyobb változás a növényi interakció által a táblában következik be. A kísérletek szerint a túlfolyó oldatban a kalcium-, a magnézium- és a nátriumtartalom nő, ez előidézi a túlfolyás EC-emelkedését. A foszfor- és a káliumtartalom csökken a tápoldat és a táblaoldat koncentrációjához viszonyítva. A túlfolyásban a pH emelkedik, a foszfortartalom a pH-alakulásával fordítottan változik. A nitrogénre egyértelmű trend nem adható meg.
- A tápelemek érvényesülése függ a növényi fajtól, valamint befolyásolják a termesztési körülmények. Az üzemi kísérletekben a makro- és mezoelemekre az átlagos hasznosulás 30-80%; legkisebb a magnéziumnál (23-75%), legnagyobb a foszfornál (54-91%) és a káliumnál (51-88%). Az öntözés befolyásolja a túlfolyás térfogatát és annak sótartalmát, ezért lényegesen kihat a tápanyagok hasznosulási arányára. A vizsgált tápelemek hasznosulási arányai összefüggésbe hozhatók a túlfolyás koncentráció változásával: azok a tápionok, melyeknek a koncentrációja a túlfolyásban magasabb, alacsonyabb hasznosulási arányt adnak.

A besugárzáshoz igazított, klímavezérelt öntözés előnyös a tápanyagok felvételére, de nem kizárólagos feltétele a jó hasznosulásnak

- A tápanyagok hasznosulásában a technológiai elemek szerepe nagyobb, mint a vízkémiai adottságoké. Meghatározható egy nyitott rendszerekre ajánlott vízösszetétel, mely még nem korlátozza a jobb hasznosulást: a nátriumtartalom kisebb, mint 1,5 mmol/l és a SAR-érték kisebb, mint 1. Ezek a határértékek szigorúbbak, mint a „korlátlanul felhasználható” öntözővizekre közölt szakirodalmi adatok. Ezeket a feltételeket csak az alföldi beszivárgási területek rétegvizei elégítik ki. A víztisztító beiktatása nyitott rendszereknél elősegíti a tápanyagok jobb hasznosulását, egyúttal megteremti a zárt rendszerű termesztés vízkémiai feltételeit is.

## 4. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A Dél-Alföldön a vízkultúrás termesztéshez elegendő víz áll rendelkezésre, de az alkalmazhatóságot befolyásolja a víz eredete és kémiai összetétele.

### 4.1. Öntözővizek

A *felszíni vizek* felhasználását akadályozza a korlátozott elérhetőség, a téli problémás vízkitermelés és a nyári vízhiány. A kisebb vízforgalmú vizek a jelentős tápanyag- és kommunális szennyvíz okozta terhelés miatt kémiai oldalról csak bizonytalan összetételű forrásként jöhetnek szóba.

A *talajvizek* mindenhol jól elérhetőek, de szinte minden vizsgált esetben kimutatható az antropogén eredetű szennyezés. Ezek közül is a túlzottan magas nátrium- és kloridtartalom a leginkább kifogásolható. Ráadásul felhasználásukat az is korlátozza, hogy azonos településen belül és időszakosan is változó összetételűek.

Negyedidőszaki *rétegvizekkel* az Alföld szinte mindenhol jól ellátott, a készletek mintegy fele 50 m-nél sekélyebben helyezkedik el. A klímaváltozás lehetséges következményei miatt a rétegvizek stratégiai jelentőségűek, ezért ezeknek a mennyiségi és minőségi megóvása elsődleges szempont. Bár jelenleg igen sok illegális vízkivételi mű üzemel, emellett több ezer engedélyezett kút is működik, hosszú távon a környezetvédelmi prioritások miatt a rétegvizekre nem számíthatunk. A rétegvizek kitüntetett védelme szakmailag teljesen indokolt, ennél a vízforrásnál még nem mutatkoznak a felszíni szennyezés nyomai.

Napjainkban még rétegvizekre épült legális kutakat felhasználnak hajtásban öntözésre, ezeknek az összetétele viszonylag stabil, az adott településre jellemző, prognosztizálható. Az alkalmazhatóságot lényegesen befolyásolja, hogy az alföldi regionális áramlási rendszerben a beszivárgási vagy a feláramlási zónában helyezkedik el a kút. Ezek többnyire kedvezően alacsony sótartalmú hidrokarbonátos vizek, de a felszín alatti áramlás során (főleg ionkicserélődés által) nátriumtartalmuk megemelkedik, a kalcium- és magnéziumtartalom csökken, mindeközben a pH nő.

### 4.2. A tápoldatozás előkészítése

A tápoldat összeállítás során az öntözővizekben az optimális hidrokarbonát-tartalmat jóval meghaladó koncentráció szervesen savas kezeléssel minden esetben korrigálhatónak bizonyult, de ezzel rendszerint megemelkedett a tápoldat sótartalma is. A főbb hajtott zöldségnövények közepesen sötűrőek, a nagyobb tápoldat EC segíti a közeg sófelhalmozását, ami termés csökkenést indukálhat. Ezért nagyon fontos a jó fajtaválasztás illetve a nemesítés során a sötűrés javítása.

A vízminőség nemcsak a növényi kölcsönhatás, hanem a vízszétoztás szempontjából is fontos tényező. A felszín alatti vizeknél a mikroelemek közül elsőként a vas-, másodlagosan a mangántartalom okoz problémákat, ezért öntözés előtt a vízelőkészítésre gondot kell fordítani. Az üzemi technológiában tekintetbe kell venni azt a jól beilleszthető elemet (levegőztetésre alapozva), melyben a vastalanítás megtörténik.

#### **4.3. A túlfolyás kezelése nyitott rendszereknél**

A vízkultúras hajtásnál nem hagyható figyelmen kívül a túlfolyás. Lényeges szempont a kisebb környezeti terhelés érdekében a nyitott rendszerű természetű berendezéseket elhagyó oldatok másodlagos hasznosítása, ill. áttérés a zárt rendszerű természetűre.

A nyitott rendszereket elhagyó vizek vizsgálati eredményeiből levonható az a következtetés, hogy a besugárzás és az öntözés lényegesen befolyásolja a drénavíz összetételét. A hazai viszonyokra kidolgozott számítógépes modell sokat segíthetne az összetétel prognosztizálásában, ezzel az igényesebb hajtási felhasználás is szóba jöhetne, pl. talajon természetben.

Amíg a tápelem viszonyokat nem tudjuk kontrollálni, addig csak kevésbé érzékeny állományokban célszerű felhasználni az oldatokat (közterületi dísnövények, fűfélék trágyázása). Az oldatoknak a tápanyag tartalma nem elhanyagolható, a vízfolyásokba jutása mindenképpen káros lenne, csak a talajon elhelyezés jöhet szóba.

Amíg a hazai üzemek döntően nyitott rendszerűek, addig is a tápanyagok jobb hasznosulását kell szorgalmazni. Az üzemi kísérletekből körvonalazható optimális vízösszetétel nem mindenhol adottság, így a kedvezőtlen vízminőség hatékonyságot rontó további tényező. A vízkultúras célú vízminősítésben a sótartalom mellett a nátriumtartalom a kritikus tényező, de leginkább az alacsony abszolút koncentráció a döntő, kevésbé a relatív arány. Míg egyes szerzők a SAR<2 értéket javasolják, addig a SAR<1 előnyösebbnek bizonyult.

A vízminőségen túlmenően a technológiában még többféle lehetőség rejlik, amivel a jobb tápanyag érvényesülés elérhető. Erre bizonyítékot szolgáltatnak az üzemi kísérletek eltérő hasznosulási eredményei. Kulcsfontosságúnak találok az öntözés lehetőség szerinti optimalizálását, mert ez lényeges körülmény a túlfolyás térfogatának és koncentráció viszonyainak kialakításában.

Ezen kívül szükségesnek tartom a tápoldat összeállításokat hazai viszonyokra adaptálni, mert a gyökérközeg ideális tápanyag állapota a jó tápanyag érvényesülést segíti.

#### 4.4. Zárt rendszerű termesztés

Hazai viszonyok között jelenleg még csak elvétve találunk példát a zárt rendszerű termesztésre. A környezetvédelmi előírások szerint egyre inkább elvárás a zárt tápanyag rendszerű termesztés, ahol csak bizonyos kedvezőtlen tápelem viszonyok kialakulása esetén juttathatnak ki tápoldatot a rendszerből. A kérdés megoldása magában hordozza a kedvező termesztő közegek kiválasztását is. A zárt rendszer megteremtése nemcsak környezetvédelmi, hanem gazdasági okok miatt is fontos, mivel az üzemi kísérletek tanúsága szerint a tápoldattal kiadott tápanyagok 20-70%-a eltávozik.

A zárt rendszerű termesztés egyik rizikó tényezője a fertőtlenítés. Erre jól illeszkedő és lehetőleg kémiaiilag indifferens módszert kell alkalmazni. Jó lehetőségnek kínálkozik az ózonos vagy UV-sugaras fertőtlenítés.

A tápanyag felhasználást még inkább lehetne optimalizálni elektronikus, szelektív ion-érzékeny szondák alkalmazásával (legalább nitrogénre és káliumra); ezek a termesztési gyakorlatban még nem terjedtek el, de elméletileg megalapozottak.

A zárt rendszer másik kritikus pontja a sófelhalmozódás. Ennek elsődlegesen az öntözővíz ballasztanyaga a forrása. Ha elfogadjuk azt, hogy a rétegvizek a jövőben nem lesznek elérhető öntözésre, akkor csak a felszíni és talajvizek maradnak lehetőségnek. A felszíni vizekhez kötődő problémák miatt a talajvizek felhasználása valószínűsíthető, ez csak teljes sótalanítással lehetséges. A sótalanított víz igen jól illik a zárt technológiába, de a beruházási költségek emelkedésével is számolni kell.

A technológiai részfolyamatokat aszerint kell vizsgálni, hogy nyitott vagy zárt rendszerű a termesztés. Ennek figyelembe vételével a fenti kérdések tisztázása fontos fejlesztési irány a közeli jövőre.

## AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT KÖZLEMÉNYEK

### *Idegen nyelven megjelent, lektorált közlemények*

- Rácz I-né** – Szóriné Z.A. (2005): Utilisation of nutrients by cucumber plants on rockwool substrate. *International Journal of Horticultural Science*, 11 (2), 117-121.
- Rácz I-né** (2006): Subsurface waters for hydroponic production in the Southern Great plain. *TSF Tudományos Közlemények*, 6 (1) 49-56.
- Rácz I-né** (2007): Study on nutrient conditions in soilless vegetable production. *Cereal Research Communications*, 35 (2) (in press)
- Rácz I-né** (2007): Utilisation of subsurface waters for soilless vegetable forcing in the Southern Great Plain region of Hungary. *International Journal of Horticultural Science* (in press)
- Rácz I-né** – Takács H. M. (2007): The utilisation of nutrient elements in soilless cultures of vegetable production. *International Journal of Horticultural Science*, (in press)

### *Magyar nyelven megjelent, lektorált közlemények*

- Rácz I-né** (2005): Felszín alatti vizek öntözési alkalmassága zöldségtermesztésben. *TSF Tudományos Közlemények*, 5 (2), 21-27.
- Rácz I-né** (2006): Nyitott rendszerű vízkultúras termesztés tápanyagforgalmának közelítése paprika termesztés példáján. *TSF Tudományos Közlemények*, 6 (1) 41-48.

### *Egyéb közlemények*

- Rácz I-né** (2001): A laboratóriumi vizsgálatok szerepe a kertészeti termesztésben. *Hajtatás korai termesztés*, 32 (3), 18-20.
- Rácz I-né** (2001): Öntözővizek minősítése. A vízminőség vizsgálata délkelet-alföldi kertészetekben. *Vízminőség javítás sótalánítóval. Hajtatás korai termesztés*, 32 (3), 20-26.
- Rácz I-né** (2001): Öntözővizek minősítése, a vízminőség vizsgálata délkelet-alföldi kertészetekben. *Kertgazdaság*, 33 (4), 27-34.
- Rácz I-né** (2004): Öntözővizek minősége zöldségtermesztésben. *Kertgazdaság*, 36 (3), 39-43.
- Rácz I-né** (2006): Tápanyagok hasznosulása vízkultúras nyitott rendszerű zöldség-hajtatásban üzemi kísérletek alapján. *Kertgazdaság*, 38 (4), 9-13.
- Rácz I-né** (2007): Öntözővizek nátriumtartalmának jelentősége vízkultúras zöldség-termesztésben. *Zöldségtermesztés*, 38 (1), 24-28.

### *Előadások és posztterek konferenciákon*

- Rácz I-né** - Kepenyés A-né (1997): A Dél-magyarországi zöldség-hajtatás termesztőközegeinek laboratóriumi vizsgálati tapasztalatai. I. Alföldi Tudományos Tájgazdálkodási Napok Kiadványa, (Október 29-30, Mezőtúr), I.156-161.
- Gilingerné P.M. – **Rácz I-né** – Takács F. – Felföldi J.(1999): A magnézium szerepe az intenzív zöldségtermesztésben. *Proc. of the IV. Symposium on Analytical and Environmental Problems*, (May 20, Szeged, Hungary), 125-130.
- Rácz I-né** – Kepenyés A-né (1999): A zöldség-hajtatás tápanyaggazdálkodásának aktuális kérdései a dél-alföldi régióban. II. Alföldi Tudományos Tájgazdálkodási Napok Kiadványa, (Október 7-8, Mezőtúr), II.78-83.



- Rácz I-né** – Kepenyés A-né (2001): Hajtatóházak öntözővizeinek minőségi mutatói dél-Alföld térségében. XLIII. Georgikon Tudományos Napok Kiadványa, (Szeptember 20-21, Keszthely), 946-951.
- Rácz I-né** – Kepenyés A-né (2001): Kedvezőtlen összetételű öntözővizek javítása fordított ozmózis elvén működő sóalanítóval. XLIII. Georgikon Tudományos Napok Kiadványa, (Szeptember 20-21, Keszthely), 1164-1168.
- Rácz I-né** – I. Terbe – K. Tóth (2002): The importance of microelement content of the irrigation water in hydroculture. Proc. of the X. International Trace Element Symposium, (July 4-6, Budapest, Hungary), 201-209.
- Rácz I-né** (2002): Öntözővizek minősítésének újabb szempontjai vízkultúras termesztéshez. III. Alföldi Tudományos Tájgazdálkodási Napok Kiadványa, (Október 17-18, Mezőtúr), IV.71-76.
- Rácz I-né** (2003): Öntözővizek minőségi követelményeinek összehasonlítása szántóföldi és intenzív zöldségtermesztésben. SZAB Kertészeti Munkabizottságának „Integrált kertészeti termesztés” Tudományos Ülése, (Október 17, Szarvas), 143-147.
- Rácz I-né** (2003): Öntözővizek minőségének értékelése vízkultúras termesztéshez. Lippay J. – Ormos I. – Vas K. Tudományos Ülésszak Kiadványa, (November 6-7, Budapest), 666-667.
- Rácz I-né** (2004): Öntözővíz nyerési lehetőségek vízkultúras termesztéshez. Víz a tájban. V. Táj történeti Tudományos Konferencia Kiadványa, (Július 1-3, Gödöllő), 347-352.
- Rácz I-né** – Szóri Z. A. (2005): Főbb tápelemek felvétele kögyapotos uborkatermesztésben. XVII. Lippay J. – Ormos I. – Vas K. Tudományos Ülésszak Kiadványa, (Október 19-21, Budapest), 348-349.
- Rácz I-né** (2005): A precíziós talajminta vételezés hazai tapasztalatai a talajerő gazdálkodásban. Proc. of the XII. Symposium on Analytical and Environmental Problems, (Szeptember 16, Szeged, Hungary), 98-102.
- Rácz I-né** (2006): Dél-alföldi felszín alatti vízforrások vízkultúras alkalmassága zöldségtermesztésben. Integrált termesztés a kertészeti és szántóföldi kultúrákban XXVII. Növényvédelmi és Tápanyag Utánpótlási Országos Tanácskozás Kiadványa, (November 28, Budapest), 90-95.
- Rácz I-né** (2006): Egyes tápanyagok felvétele vízkultúras zöldségtermesztésben üzemi kísérletek alapján. Integrált termesztés a kertészeti és szántóföldi kultúrákban XXVII. Növényvédelmi és Tápanyag Utánpótlási Országos Tanácskozás Kiadványa, (November 28, Budapest), 96-101.