

A tápanyagforgalom elemzése nyitott rendszerű vízkultúrák paradicsomtermesztés példáján

Rácz Istvánné

Tessedik Sámuel Főiskola,
Mezőgazdasági Viz- és Környezetgazdálkodási Főiskolai Kar,
Környezettudományi Intézet, Szarvas
racz.istvanne@mvk.tsf.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A monokultúrák termesztés hatására leromlott állapotú, fertőzött, elszikesedett hajtató talajok kiváltására egyre több termesztő választja a Nyugat-Európában már elterjedten alkalmazott, talajtól elszigetelt termesztési módok valamelyikét, leginkább a vízkultúrák termesztést. Ma nincs megbízható adatunk a hazai termőfelület nagyságára, de kb. 300-400 hektárra becsülhető a közetgyapotos zöldség-hajtató, az egyéb termesztő közegek (főként tőzegalapú) technológiák ennek a többszörösére tehetők. A zöldségnövények közül a régióban a paprika, paradicsom és az uborka vízkultúrák hajtatójában látunk reális lehetőségeket.

A növényházak művelése jelentős ökológiai terhelést okoz, ha a környezeti hatásokat nem vesszük figyelembe. A talaj nélküli eljárások a környezetet fokozottan terhelik. Az adagolt tápoldat minimum 25-30%-os vesztesége miatt különösen a nyitott eljárásoknál kell számolni az ökológiai kockázattal, ami a termesztésben egyúttal jelentős költségnövekedést okoz.

Hazai körülmények között nyitott tápanyag rendszerű vízkultúrák termesztésben a túlfolyás okozta tápanyag veszteségekre még irányadó számokkal sem rendelkezünk. A termesztési eredményeket és kémiai vizsgálatokat összekapcsolva, közvetett módon információkhoz juthatunk a tápanyagok és a víz hasznosulásáról. Az eredmények értékeléséhez egy matematikai módszer kerül bemutatásra paradicsomtermesztés példáján.

Kulcsszavak: vízkultúra, nyitott rendszer, túlfolyás, tápanyag

SUMMARY

Monoculture caused a gradual decline of soil conditions, while nematodes and salt accumulation stimulated the growers to choose alternative practices, such as soilless cultures, which proved their value in Western Europe. Exact statistics are lacking, but estimates deal with approximately 300-400 hectares of vegetable on rock wool, whereas other substrates of soilless culture may multiply this number. Real perspectives are attributed to the forced production of pepper, tomato and cucumber.

Vegetable production in greenhouses may impair the ecological balance of the environment substantially as far as being uncontrolled. Soilless cultures especially should be handled thoughtfully. A fraction of the nutrients administered, more than 25-30%, is doomed to be lost in an open system, and the resulting ecological risk is accompanied with increasing costs of the production.

In Hungary, the quantity of nutrient elements in drainage water is unknown, et al. Connecting the production results with chemical analysis, we gain more information about it.

You can see a mathematical method for evaluation of nutrient and water conditions in tomato hydroponics production.

Keywords: hydroponics, open system, drainage water, nutrient

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A vízkultúrák termesztés gazdasági súlya nem elhanyagolható, mert több százszoros termelési értéket állítanak elő egységnyi felületen a gabonanövényekhez viszonyítva. Ebben a rendszerben a gyökérrögítő közegnek általában csekély a tápanyag-kapacitása, ezért a tenyészidőszakban folyamatos tápanyag kijuttatást, tápoldatozást kell végezni, így a rendszer víz- és tápanyagigénye jelentős. A folyamatos tápoldatozás mellett 25-40% túlfolyást állítanak be a pangó vizek elvezetésére és a gyökérszónában a sófelhalmozódás elkerülésére (Baudoin et al., 1990; Savvas és Passam, 2002; Slezák, 2001).

Ökológiai kockázattal különösen a nyitott tápanyag rendszerű eljárásoknál kell számolni, ahol a túlfolyás véglegesen elhagyja a berendezést. Ennek következtében egyes becslések szerint évente 400-600 kg/ha ásványi tápanyag kerülhet a talajvízbe (Geissler, 1991), ami környezeti és gazdasági szempontból nem elhanyagolható körülmény.

A nemzetközi szakirodalomban a víz- és a tápanyagok hasznosulási kérdéseit már széles körben feldolgozták, az ökológiai hatásokkal kevésbé foglalkoznak, mert a veszteségeket a zárt tápanyag rendszerű termesztéssel igyekeznek minimalizálni. A különböző termesztéstechnológiák és üzemeltetési feltételek számottevő eltéréseket okozhatnak az eredményekben, de a közzétett adatok alapján a zárt termesztés mintegy 20-30%-os vízmegtakarítást és 20-50%-os tápanyagcsökkentést jelenthet (Krüger, 1990; Biernbaum, 1992; Alarcon, 1998).

A vízkultúrák termesztéséhez kapcsolódó hazai szakirodalom azonban szegényes, a nyitott rendszerű termesztés következményeként megjelenő tápanyag veszteségekre nem állnak adatok rendelkezésre. Megnyugtató eredményeket olyan kísérletekből nyerhetnénk, ahol üzemi körülmények között a tenyészidőszak alatt a kijuttatott tápoldat mennyisége regisztrálható, a túlfolyás pedig teljes térfogatában összegyűjthető.

A termesztési érdekek elsőbbsége miatt ilyen vizsgálatokkal nem rendelkezünk, de a termesztési eredményeket és egyes kémiai vizsgálatokat összekapcsolva, közvetett módon a rendszer tápanyagforgalmára nyerhetünk információkat.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A számításokat három dél-alföldi paradicsom (*Lycopersicon esculentum* MILL.) hajtató üzem (I., II. és III. jelzésekkel) 2004. március-november közötti időszakban jegyzett eredményeire alapoztuk. A legfontosabb termesztési adatokat az 1. táblázat mutatja be. Valamennyi üzemben kőzetgyapoton, A-

B és savtartályos tápoldatozó rendszerrel, kizárólag tápoldat formájában, csepegtető öntözéssel történt a növénytáplálás. A kísérlet indításakor a termesztő táblákat már feltöltötték tápanyaggal. A termesztő berendezések nyitott rendszerűek, vagyis a túlfolyás elhagyja a rendszert. Mindhárom üzemben az öntözés beépített klímavezérléssel történt, vagyis a tápoldat töménysége az aktuális besugárzás által szabályozott.

1. táblázat

A kísérletben szereplő paradicsom hajtató üzemek legfontosabb termesztési adatai 2004-ben

Üzem jelzése(1)	Termesztő felület (m ²)(2)	Állománysűrűség tőszám (m ⁻²)(3)	Fajta(4)	Ültetés ideje(5)	Átlagos túlfolyási arány (D%*)(6)
I.	5000	2,50	Pedrico és Durinta	2004. 01.04.	30-34
II.	11500	2,52	Durinta	2003.11.03.	25-29
III.	9600	2,47	Profilo	2004.04.23.	20-26

*átlagos üzemi körülmények között, a termesztők közlése alapján(7)

Table 1: The main data of the vegetable forcing experiments of the farms in 2004

Code of farm(1), The surface of the plantation(2), Planting density(3), Variety(4), Planting date(5), Mean rate of the overflow(6), Average industrial conditions, according to the records of growers(7)

Az üzemi kísérletekben feljegyzésre került:

- valamennyi makro- és mezoelemet pótló műtrágya mennyisége,
- a savfelhasználás mértéke a tápoldat pH-értékének szabályozásához,
- minőségtől függetlenül a teljes termésmennyiség,
- az öntözővíz összetétele,
- minden hónapban egy alkalommal, azonos időpontban, a fotoszintézis legintenzívebb időszakában (déli 11-14 óra között), valamennyi állományban mintavétel a tápoldatból és az elfolyó oldatból.

A termesztéshez kapcsolódó oldatok és öntözővíz minták kémiai vizsgálatai kiterjedtek: a pH, EC, NO₃-N, P, K, Ca, Mg összetevőkre.

A kémiai vizsgálatok a Tessedik Sámuel Főiskola Környezettudományi Intézetének Laboratóriumában történtek.

EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A vizsgált időszakra vonatkozó terméseredményeket és a felhasznált fő tápelemek mennyiségét a 2. táblázat összegezve mutatja be.

2. táblázat

Terméseredmények és tápanyag felhasználás üzemi szinten paradicsomtermesztési kísérletben kőzetgyapoton 2004-ben, 1 m²-re vonatkoztatva

Üzem sorszáma(1)	Termés (kg m ⁻²)(2)	Felhasznált tápanyag (g m ⁻²)(3)					
		Σ N	Σ P	Σ K	M _{Ca}	M _{Mg}	
I.	42,5	226,0	54,8	358,2	162,6	42,8	
II.	39,2	299,7	79,4	545,3	165,7	68,7	
III.	22,5	224,9	75,5	408,0	136,0	65,1	

Table 2: Yield results and nutrient consumption in farm level tomato production on rockwool, relating 1 m² in 2004
Code of farm(1), Yield(2), Nutrient consumption(3)

A tápoldat térfogatának megállapítása

Az elméleti megközelítés alapja, hogy az adott üzemben valamely felhasznált tápanyag teljes mennyisége (Σ) és a tápoldatban mért átlagos koncentrációja (c_T) alapján a kicsöpögő tápoldat térfogata (V_T) kiszámítható. A térfogat megállapítását célzó számítások megfontolások után két tápelemre, a nitrogénre és a káliumra alapozhatók (3. táblázat).

$$\frac{\sum N}{c_{TN}} = V_{TN}, \quad \frac{\sum K}{c_{TK}} = V_{TK}, \quad V_T = \frac{V_{TN} + V_{TK}}{2}$$

Σ N, Σ K: Teljes tápelem bevitel a kísérleti időszakban m²-enként, g m⁻²

c_{TN}, c_{TK}: Nitrogén illetve kálium átlagos koncentráció a tápoldatban, g l⁻¹

V_{TN}, V_{TK}: Tápoldat számított térfogata literben 1 m²-re, nitrogénre valamint káliumra alapozva, l m⁻²

V_T: Átlagolt tápoldat térfogat, l m⁻²

3. táblázat

Üzemi kísérletekben a számított tápoldat térfogatának alakulása

Üzem jelzése(1)	Átlagos koncentráció a tápoldatban (mg l ⁻¹)(2)		Számított tápoldat térfogat (l m ⁻²)(3)		Átlagolt tápoldat térfogat (l m ⁻²)(4)
	c _{TN} × 1000	c _{TK} × 1000	V _{TN}	V _{TK}	V _T
I.	234,8	370	963	968	967
II.	236,2	426,8	1269	1278	1274
III.	271,4	440,9	829	925	877

Table 3: Volume of nutrient solutions in forcing experiments according to calculation

Code of farm(1), Average concentration in nutrient solution(2), Volume of nutrient solution according to calculation(3), Average volume of nutrient solution(4)

Az öntözővízzel bekerült kalcium és magnézium mennyiségének megállapítása

Egy egyszerűsített „vízmérleg” lehetőséget teremt a kalcium és a magnézium anyagforgalmának megállapítására is. Ez a két tápelem két különböző

forrásból kerül a tápoldatba: egyrészt az öntözővízzel (T) annak természetes iontartalma által (c_w) (4. táblázat), másrészt a műtrágyákkal (M), melyek mennyisége ismert (2. táblázat). A két tétel összegzéséből a teljes bevétel (Σ) megállapítható (5. táblázat).

4. táblázat

A természetben felhasznált öntözővíz fontosabb összetevői paradicsomtermesztési kísérletben

Üzem jelzése(1)	pH	EC(3) (mS cm ⁻¹)	Ca (mg l ⁻¹) $c_{wCa} \times 1000$	Mg (mg l ⁻¹) $c_{wMg} \times 1000$	Na (mg l ⁻¹)	HCO ₃ (mg l ⁻¹)
I. (Rétegvíz)(2)	7,05	0,61	77,1	24,2	28,5	47,1
II. (Rétegvíz)	7,20	0,42	71,0	15,0	16,0	313,0
III. (Rétegvíz)	7,15	0,73	70,0	32,6	55,2	529,7

Table 4: Main characteristics of irrigation water in tomato forcing experiments
Code of farm(1), Layer water(2), Electrical conductivity(3)

$$T_{Ca} = V_T \cdot c_{wCa}, \quad T_{Mg} = V_T \cdot c_{wMg}$$

$$\Sigma Ca = M_{Ca} + T_{Ca}, \quad \Sigma Mg = M_{Mg} + T_{Mg}$$

T_{Ca}, T_{Mg} : Az öntözővíz által bevitt természetes kalcium- és magnézium tartalom, g m⁻²

c_{wCa}, c_{wMg} : Az öntözővíz kalcium- és magnézium koncentrációja, g l⁻¹

M_{Ca}, M_{Mg} : Műtrágyákkal bejuttatott tápelem mennyiség, g m⁻²

$\Sigma Ca, \Sigma Mg$: Öntözővízzel és műtrágyákkal együttesen bejuttatott tápelem mennyiség, g m⁻²

A túlfolyással távozó tápanyagok mennyiségének számítása

A természetesi adatokból (1. táblázat) az átlagos túlfolyási arány üzemenként ismert (D%), ennek segítségével megállapítható minden kísérleti helyszínen a drénvíz térfogata (V_D).

Tekintettel arra, hogy a drénvíz összetétele rendszeresen ellenőrzésre került, így az adott térfogattal (V_D) és átlagos koncentrációval (c_D) számolva (6. táblázat), a távozó tápelem mennyisége (D) számítható (7. táblázat).

5. táblázat

Összegzett kalcium és magnézium bevétel az üzemi kísérletekben

Üzem jelzése(1)	Öntözővízzel bekerült tápelem (g m ⁻²)(2)		Összesen bejuttatott tápelem (g m ⁻²)(3)	
	T_{Ca}	T_{Mg}	ΣCa	ΣMg
I.	77,1	24,2	239,7	67,0
II.	71,0	15,0	236,7	83,7
III.	70,0	32,6	206,0	97,7

Table 5: Total calcium and magnesium input in experiments
Code of farm(1), Calcium input by irrigation water(2), Total input(3)

$$V_D = V_T \cdot D\%$$

$$D_N = V_D \cdot c_{DN}, \quad D_P = V_D \cdot c_{DP}, \quad D_K = V_D \cdot c_{DK}, \quad D_{Ca} = V_D \cdot c_{DCa}, \quad D_{Mg} = V_D \cdot c_{DMg}$$

V_D : Drénvíz (túlfolyás) térfogata, l m⁻²
 $D\%$: Átlagos üzemi túlfolyási arány, %
 $c_{DN}, c_{DP}, c_{DK}, c_{DCa}, c_{DMg}$: Átlagos koncentráció a túlfolyásban, g l⁻¹
 $D_N, D_P, D_K, D_{Ca}, D_{Mg}$: Túlfolyással távozó tápelem mennyisége, g m⁻²

6. táblázat

A túlfolyás térfogata és a főbb tápelemek átlagos koncentrációjának alakulása üzemi kísérletekben

Üzem jelzése(1)	Túlfolyás térfogata (l m ⁻²)(2)	Átlagos koncentráció a túlfolyásban (mg l ⁻¹)(3)				
	V_D	$c_{DN} \times 1000$	$c_{DP} \times 1000$	$c_{DK} \times 1000$	$c_{DCa} \times 1000$	$c_{DMg} \times 1000$
I.	309	443,7	49,6	563,5	349,4	167,9
II.	344	400,1	63,6	696,0	316,8	148,4
III.	202	588,6	108,9	989,2	535,3	325,1

Table 6: Volume of overflow and the main nutrient element concentrations in it, in experiments
Code of farm(1), Volume of overflow(2), Average concentrations in overflow(3)

7. táblázat

A túlfolyással távozó főbb tápelemek számított mennyisége

Üzem jelzése(1)	Túlfolyással távozó tápanyagok mennyisége (g m ⁻²)(2)				
	D _N	D _P	D _K	D _{Ca}	D _{Mg}
I.	137,1	15,3	174,1	108,0	51,9
II.	137,6	22,0	239,4	109,0	51,0
III.	118,9	22,0	199,8	108,1	65,7

Table 7: Main nutrient output by overflow according to calculation

Code of farm(1), Nutrient output by overflow(2)

A tápanyagok hasznosulási arányának megállapítása

Összevetve a kísérleti időszak teljes tápanyag bevitelét (Σ) a túlfolyással távozó mennyiségekkel (D), az egyes tápelemek hasznosulási aránya kiszámítható (H%).

$$H_N \% = \frac{\sum N - D_N}{\sum N} 100, \quad H_P \% = \frac{\sum P - D_P}{\sum P} 100,$$

$$H_K \% = \frac{\sum K - D_K}{\sum K} 100,$$

$$H_{Ca} \% = \frac{\sum Ca - D_{Ca}}{\sum Ca} 100, \quad H_{Mg} \% = \frac{\sum Mg - D_{Mg}}{\sum Mg} 100$$

A kísérleti üzemek adatainak elemzéséhez a tápanyag felhasználás abszolút értékei helyett célszerűbb a tápanyag hasznosulási arányokat alapul venni (8. táblázat).

8. táblázat

Főbb tápelemek hasznosulási arányai paradicsomtermesztési kísérletben (2004)

Üzem jele(1)	N%	P%	K%	Ca%	Mg%
I.	39,3	72,0	51,4	54,9	22,5
II.	54,1	72,3	56,1	54,0	39,1
III.	47,1	70,1	51,0	47,5	32,8
Átlag(2)	46,8	71,5	52,8	52,1	31,5
S(3)	7,40	1,19	2,84	4,04	8,38

Table 8: Utilisation of main nutrient elements in tomato production experiments (2004)

Code of farm(1), Average value(2), Standard deviation(3)

A tápanyag hasznosulási arányok már lehetővé teszik az összehasonlítást üzemenként, illetve tápelemenként is. Az eredmények ismeretében a termesztéstechnológiára vonatkozóan további vizsgálatok folytathatók az azonos növényfaj mellett kapott eltérések értékeléséhez, valamint a jobb hasznosulási arányok eléréséhez.

IRODALOM

Alarcon, A. L. (1998): Trends in Spanish fertigation. Horticultura, Revista de Hortalizas, Flores, Plantas Ornamentales y Viveros, 133. 38-51.

Baudoin, W. O.-Winsor, G. W.-Schwarz, M. (1990): Soilless culture for horticultural crop production. FAO Plant production and protection paper, 101. 187.

Biernbaum, J. A. (1992): Root-zone management of greenhouse container-grown crops to control water and fertilizer. HortTechnology, 2. 1. 127-132.

Geissler, T. (1991): Gemüseproduktion unter Glas und Platten. Produktionsverfahren. Berlin: Deutscher Landwirtschaftsverlag, 279.

Krüger, I. (1990): Belastung der Umwelt durch Düngestoffe bei offenen Hydroponikverfahren. Gartenbau, 37. 12. 400-401.

Savvas, D.-Passam, H. (ed.) (2002): Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals. Athen: Embryo Public. 463.

Slezák K. (2001): Fehér termésű paprikák sötétítése. PhD dolgozat. SZIE KTK, Zöldség- és Gombatermesztési Tanszék.