

**VETÉSI VIKTÓRIA**

**Jóddal adalékolt öntözővíz hatása  
fóliasátorban nevelt zöldségnövények  
minőségére**

Doktori értekezés

DOI: 10.15476/ELTE.2024.086



**HUN  
REN**



**ÖKOLÓGIAI  
KUTATÓKÖZPONT**

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar,  
Környezettudományi Doktori Iskola, Környezetkémia Program

Doktori Iskola vezetője: Turányi Tamás, D.Sc.

Programvezető: Mihucz Viktor Gábor, D.Sc.

Témavezető:

**DOBOSY PÉTER, Ph.D.**

**tudományos főmunkatárs**

HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont, Vízi Ökológiai Intézet

**Budapest, 2024**



## Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzés .....	1
2. Szakirodalmi áttekintés .....	3
2.1. Jód tulajdonságai és előfordulása a környezetben .....	3
2.1.1. Jód a talaj-növény rendszerben .....	6
2.2. A jód emberélettani jelentősége .....	9
2.2.1. Jódhiány világszerte és Magyarországon .....	12
2.2.2. A jódhiány megelőzésének és kezelésének lehetőségei .....	17
2.3. Növényélettani vonatkozások .....	20
2.3.1. Jód hatása a növényfiziológiára.....	20
2.3.2. Élelmiszernövények jód biofortifikációja .....	21
2.3.2.1. Kísérletek vízkultúra alkalmazásával .....	21
2.3.2.2. Kísérletek ásványi műtrágya alkalmazásával .....	24
2.3.2.3. Kísérletek levélpermetezés alkalmazásával .....	27
2.3.2.4. Kísérletek jóddal adagolt öntözővíz alkalmazásával .....	29
3. Anyagok és módszerek .....	32
3.1. Alkalmazott vegyszerek és műszerek .....	32
3.2. Növénytermesztés során használt talajok jellemzői .....	32
3.3. Növénynevelés és jódkezelés .....	33
3.4. Fotoszintetikus aktivitás és klorofilltartalom in situ meghatározása.....	36
3.5. Minta-előkészítés.....	36
3.6. Növényminták jód és tápelem koncentrációinak meghatározása.....	37
3.7. Statisztikai kiértékelés .....	39
4. Kísérleti eredmények .....	40
4.1 Fotoszintetikus aktivitás és klorofill koncentráció.....	40
4.1.1. Zöldbab.....	40
4.1.2. Paradicsom .....	41

4.1.3. Burgonya.....	42
4.1.4. Káposzta.....	43
4.1.5. Zöldborsó .....	44
4.1.6 Az 5 növény esetében meghatározott fotoszintetikus aktivitás és klorofill-a koncentrációk egymással és irodalmi adatokkal történő összehasonlítása .....	45
<i>4.2. Növényi részek száraz tömege .....</i>	<i>46</i>
4.2.1. Zöldbab .....	46
4.2.2. Paradicsom.....	48
4.2.3. Burgonya.....	50
4.2.4. Káposzta.....	52
4.2.5. Sárgarépa.....	54
4.2.6. Zöldborsó .....	56
4.2.7 A 6 növény esetében meghatározott száraz tömegek egymással és irodalmi adatokkal történő összehasonlítása .....	58
<i>4.3. Jód koncentráció a különböző növényi részekben .....</i>	<i>61</i>
4.3.1. Zöldbab .....	62
4.3.2. Paradicsom.....	64
4.3.3. Burgonya.....	66
4.3.4. Káposzta.....	68
4.3.5. Sárgarépa.....	70
4.3.6. Zöldborsó .....	72
4.3.7 A 6 növény esetében meghatározott jód koncentrációk egymással és irodalmi adatokkal történő összehasonlítása .....	74
<i>4.4. Tápelem koncentrációk a különböző növényi részekben .....</i>	<i>77</i>
4.4.1. Zöldbab .....	78
4.4.2. Paradicsom.....	80
4.4.3. Burgonya.....	83
4.4.4. Káposzta.....	86

4.4.5. Sárgarépa .....	88
4.4.6. Zöldborsó.....	91
4.4.7 A 6 növény esetében meghatározott tápelem koncentrációk egymással és irodalmi adatokkal történő összehasonlítása .....	93
5. Összefoglalás .....	97
Vetési Viktória PhD értekezésének kivonata.....	99
Abstract of PhD thesis by Viktória Vetési.....	100
Új tudományos eredmények összefoglalása .....	101
Irodalomjegyzék .....	103
Mellékletek .....	121
Köszönetnyilvánítás.....	170



## 1. Bevezetés és célkitűzés

Napjainkban évente több, mint 20 millió ember halálát okozza a világlakosság mintegy felét érintő alultápláltság, melynek jelentősége a növekvő népességgel egyre fokozódik. Alultápláltságról nem csak abban az esetben beszélhetünk, ha nem megfelelő mennyiségű táplálék jut a szervezetbe, hanem amikor a bevitt táplálék tápanyag- és vitamintartalma nem megfelelő, azaz az emberi szervezet számára létfontosságú mikroelemekben (pl. vas, cink, jód) szegény. Ebben az esetben mikroelem-alultápláltság alakulhat ki, mely az úgynevezett „rejtett” vagy „minőségi” éhezést eredményezheti. Ezen állapot okozója lehet számos egészségügyi problémának, mint például az immunrendszer vagy a mentális és fizikai fejlődés károsodásának. A mikroelemek optimális mennyiségének szervezetbe történő bevitelét az élelmiszerek és az ivóvíz csak részben biztosítják, ezért pótlásukra további forrásokra van szükség. Az utóbbi évtizedekben a probléma megoldására számos stratégia született, például különböző étrend kiegészítők használata, tudatos étrend kialakítása, valamint a jód esetén a jódozott só fogyasztása, azonban ezen módszerek szintén csak részleges megoldást jelentenek. A lakosság nagy része hiánybetegségeken szenved, melyekből a jódhiány, valamint az általa okozott egészségügyi problémák kiemelkedő jelentőségűek.

A jód az emberi szervezetben esszenciális elemként funkcionál, a pajzsmirigy működésében betöltött szerepe a 19. század közepétől ismert. A történelem során a jódhiány egyenlő volt az endemikus golyvával, azonban későbbi kutatások rámutattak a jód magzati fejlődésben betöltött szerepére is. A jódozott só étrendbe történő bevezetésével és a takarmányok jódpótlásával az 1970-es évekre gyakorlatilag sikerült felszámolni a jódhiányt, azonban az elért sikerek ellenére a probléma újra megjelent a fejlett országokban (pl. Ausztrália, Új-Zéland) is. Napjainkban a világlakosság körülbelül 35%-a érintett jódhiányban, mely számos egészségügyi kockázatot von maga után. A jódhiány leküzdése érdekében a jódozott só használata mellett újabban az ivóvizek és öntözővizek jód koncentrációjának növelését alkalmazzák, az utóbbi években egyre több mezőgazdasági tevékenység során a műtrágyát és az öntözővizet jóddal adagolják. Egyes növények képesek ezen elemet bizonyos részeikben akkumulálni oly mértékben, hogy a növény ehető részeinek elfogyasztásával orvosolhatóak lehetnek a különböző jódhiány következtében fellépő betegségek.

Doktori munkámat a Nemzeti Versenyképességi és Kiválósági Program 16-1-2016-0044 pályázat keretei között készítettem el a HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont Vízi

Ökológiai Intézetében (HUN-REN ÖK VÖI). Munkám során tenyészedényekben nevelt zöldbab (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Golden Goal), paradicsom (*Solanum lycopersicum* L. cv. Mano), burgonya (*Solanum tuberosum* L. cv. Balatoni rózsza), káposzta (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* cv. Zora), sárgarépa (*Daucus carota* L. var. *sativus* cv. Nantes-2) és zöldborsó (*Pisum sativum* L. var. Rajnai törpe) különböző részeinek (gyökér, hajtás, ehető növényi rész) fotoszintetikus aktivitását, klorofill koncentrációját, biomasszaváltozásait, valamint jód és bizonyos esszenciális tápelemek koncentrációit vizsgáltam kálium-jodiddal adalékolt öntözővíz alkalmazását követően három különböző talajtípuson.

Szakirodalmi kutatásaim alapján a jód biofortifikációjának szempontjából a zöldbabot egyáltalán nem, továbbá az általunk alkalmazott kísérleti körülmények között a paradicsom, burgonya, káposzta, sárgarépa és zöldborsó növényeket szintén nem vizsgálták. Doktori értekezésem célkitűzése annak megállapítása, hogy a különböző jód koncentrációjú öntözővízzel történő locsolás milyen mértékben befolyásolja a 3 különböző fizikai-kémiai tulajdonságú termőtalajon nevelt zöldségnövények élettani paramétereit, biomassza produkcióját, valamint az egyes növényi részek jód és tápelem koncentrációinak alakulását. Munkám során továbbá célul tűztem ki annak meghatározását, hogy az általam vizsgált zöldségnövények az alkalmazott kísérleti körülmények között alkalmasak-e a jód oly mértékben történő dúsítására, hogy az ehető növényi rész elfogyasztásával hozzájárulhasson vagy fedezhesse egy felnőtt ember átlagos napi ajánlott jód beviteli mennyiségét (150 µg).



## 2. Szakirodalmi áttekintés

### 2.1. Jód tulajdonságai és előfordulása a környezetben

A jód az 53-as rendszámmal (atomtömeg: 126,9 g/mol) rendelkező elem, a periódusos rendszer 17. csoportjának, a halogéneknek a legnehezebb stabil tagja, melyet Bernard Courtois, francia vegyész fedezett fel 1811-ben. A környezetben tehát régóta ismert elemről van szó, ugyanakkor a jóddal kapcsolatos biogeokémiai ismereteinket ma is sok hiányosság és bizonytalanság jellemzi. A jód biogeokémiája az utóbbi évtizedekben folyamatosan kutatott terület, hiszen az emberi egészségre, a hidrológiai folyamatokra és a radioökológiára gyakorolt hatása egyaránt jelentős. (Leblanc és mtsai. 2006)

A jód környezetben való eloszlását tekintve egyedülállónak számít. Az ionsugara viszonylag nagy (220 pm), így nagyon kis valószínűséggel tud bekerülni a kőzetképző ásványok kristályrácsaiba. Ennek eredményeként a jód ultranyomelemnek tekinthető a földkéregben, melynek átlagos becsült koncentrációja 0,25-0,45 mg/kg között változhat (Whitehead 1984; Humphrey és mtsai. 2018). A földkéregben található jód legjelentősebb tározója az óceáni és tengeri üledék (~70%), melyet a szárazföldi üledékek követnek (~28%) (Muramatsu és mtsai. 2004). A természetben előforduló jódasványok (pl. réz- és ezüst-jodid) igen ritkák és a kéregben található jód mennyiségét tekintve elhanyagolhatóak, azonban néhány kőzetalkotó ásványban előfordulhat 0,02-1,2 mg/kg közötti koncentrációban. A különböző kőzetek a földrajzi elhelyezkedéstől és a helyi geológiai viszonyoktól függően eltérő koncentrációkban tartalmazhatnak jódot. A magmás kőzetek jódtartalma rendkívül alacsony, átlagosan ~0,24 mg/kg, azonban a képződéséről és megjelenési formáiról nagyon kevés információ áll rendelkezésünkre. Nagyságrendekkel nagyobb jód koncentrációk jellemzik az üledékes kőzeteket, melyek esetén a jód általában a szemcsék vagy a szerves anyagok felületén kötődik meg. Az üledékes kőzetek jód koncentrációi alapján az alábbi sorrendet állíthatjuk fel: karbonátok (2,7 mg/kg) > palák (2,3 mg/kg) > homokkő (0,8 mg/kg). További becslések szerint a szerves anyagban gazdag palákra 0,41-6,15 mg/kg, mészkövekre 0,26-3,87 mg/kg, homokkövekre pedig 0,05-0,33 mg/kg koncentráció tartomány jellemző. A metamorf kőzetek jód tartalma nagyon bizonytalan, az erre vonatkozó becslések rendkívül alacsony jód koncentrációkat feltételeznek, hiszen a metamorfózis olyan hőmérsékleten megy

végbe, mely körülmények között a jód elpárolog a rendszerből (Fuge és Johnson 1986; Muramatsu és mtsai. 2004).

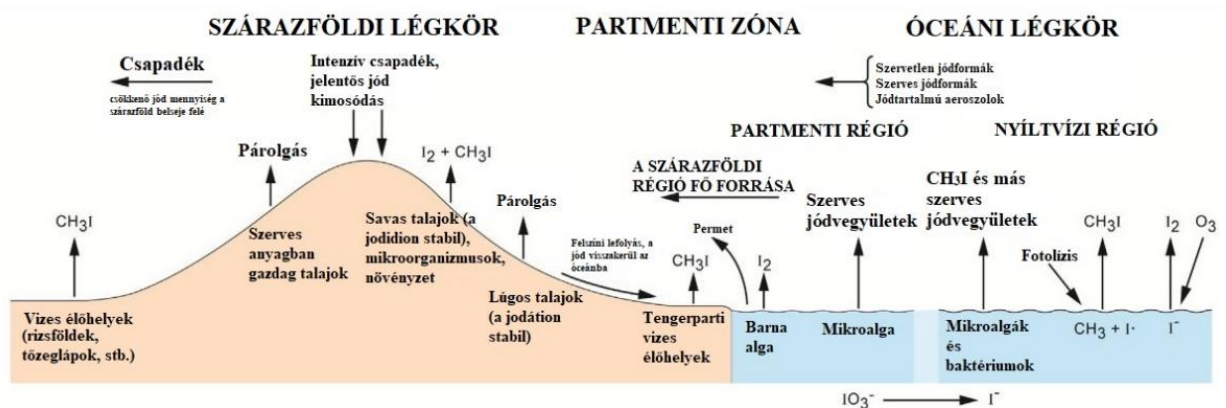
Tekintettel a földkéreg alacsony jódtartalmára, a talajok jód koncentrációja (átlag: ~5,1 mg/kg) is kicsi, azonban szignifikánsan nagyobb mennyiségek jellemzik, mint a talajképző kőzeteket, mely elsősorban a talajokban zajló biológiai folyamatoknak köszönhető (Mohiuddin és mtsai. 2021; Johanson 2000; Humphrey és mtsai. 2018). A talajban és a talajon élő vegetációk képesek a jódot akkumulálni, mely jódfrakció elveszne a lefolyások és az erózió következtében. A növényzet lebomlása során szerves anyag kerül a talajba, mely még több jódot képes megtartani, így az élő növényekben jelentősen kisebb mennyiségű jód található, mint az általuk termelt humuszban. A talajok jódtartalma jelentős mértékben ingadozhat a környezeti viszonyoktól függően (pl. geológiai jellemzők, eljegesedés hatása) (Rohner és mtsai. 2014; Duborská és mtsai. 2021). Az óceánoktól és a tengerektől való távolsággal a talajok jódtartalma jelentősen csökken és hasonló tendencia figyelhető meg a tengerszint magasságának emelkedésével is. A talajban lévő jód fő forrásai a légköri csapadék, a felszín alatti vizek, a talajképző kőzet, a növények lebomlása, valamint különböző antropogén tevékenységek (pl. szennyvíziszap, műtrágya, herbicidek, fosszilis tüzelőanyagok égetése), a jód talajból történő távozása pedig történhet a talajvíz általi mechanikai és kémiai transzferrel, párolgással a légkörbe, illetve a növények és a növénytermesztés által (Fuge és Johnson 2015).

Az édesvizek jód koncentrációja szintén kicsi, azonban az irodalmi adatok nagyon tág határok között mozognak. A felszíni vizekre vonatkozó becslések általában 0,5-2,5 µg/L, azonban amerikai folyóvizeknél 5,5-212 µg/L közötti értékeket is tapasztaltak (Moran 2002). A felszín alatti vizek jóval több jódot tartalmaznak, mint a felszíni vizek, melynek forrása a kőzetek és a szerves anyagok bomlása. Egyes területeken extrém nagy jód koncentrációkat is feljegyeztek a felszín alatti vizekben, például Kína Jiangsu és Shanxi tartományaiban, ahol 2800 és 4100 µg/L, Gaotou-ban pedig 805 µg/L jód koncentráció értékeket mértek (Andersen és mtsai. 2009). Jódban gazdag felszín alatti vizek főleg száraz és félszáraz területeken, proluviális<sup>1</sup> hordaléksíkságokon vagy part menti területeken alakulhatnak ki (Duan és mtsai. 2020). Az esővíz jód koncentrációjára (0,5-5 µg/L) vonatkozóan is találunk becsléseket a szakirodalomban, azonban ezekre az értékekre még inkább jellemző a bizonytalanság (Johnson 2003).

---

<sup>1</sup> proluviális: időszakos

A szárazföldi régiókban jellemző kis jód koncentrációkkal szemben a tengerek és óceánok vizei (50-60  $\mu\text{g/L}$ ) és üledékei (10-300  $\text{mg/kg}$ ) jódban rendkívül gazdagok, így a jód geokémiai ciklusának (1. ábra) fő forrásai, melyek elsősorban partmenti régiókban fordulnak elő (Kabata-Pendias 2001; Özdemir 2018; Kastori és mtsai. 2021; Zhang és mtsai. 2023). Ezekben a környezetekben a jód elsősorban jodátionként ( $\text{IO}_3^-$ ) van jelen, de jodidionként ( $\text{I}^-$ ) és szervesen kötött formában is megtalálható (Fuge és Johnson 2015). Az óceánok és tengerek vizeiben a fő jód elnyelő folyamatok biológiai úton zajlanak, melyet a mikroorganizmusok nitrát-reduktáz enzim segítségével valósítanak meg, ugyanis a nitrát-redukáló baktériumok csökkenthetik a jodátion mennyiségét. A jódot a barna algák (*Phaeophyta*) dúsítják a legjelentősebb mértékben, melyeket a vörös és zöld algák követnek, de a mikroalgák (pl. kovaalgák) is jelentős mértékben képesek a jód akkumulációjára. A jód az óceánokból és tengerekből elsősorban párolgás útján kerül a légkörbe, főleg metil-jodid ( $\text{CH}_3\text{I}$ ), dijjód-metán ( $\text{CH}_2\text{I}_2$ ), jód-klórmetán ( $\text{CH}_2\text{ICl}$ ), jód-bróm-metán ( $\text{CH}_2\text{IBr}$ ) és jód molekula ( $\text{I}_2$ ) formájában (Leblanc és mtsai. 2006; Moriyasu és mtsai. 2019). Ezek a vegyületek a légkörben fotodisszociálnak és különböző jódvegyületek alakulhatnak ki (pl. jód-oxid ( $\text{IO}$ ), jód-dioxid ( $\text{OIO}$ )) (Saiz-Lopez és mtsai. 2011). A biológiai források mellett a szervesetlen források sem elhanyagolhatóak, az ózon jodidionnal történő reakciójából jód-molekula képződik, a tengeri aeroszolokban található jodidion pedig ózonnal történő reakciója során hipójódsavat ( $\text{HIO}$ ) és jodátion termel (Zhang és mtsai. 2023). A légkörben található jód végül száraz vagy nedves ülepedéssel kerül a szárazföldre és akár 50-80 km-re is eljuthat a partmenti régióktól (Mahajan és mtsai. 2011; Smyth 2021).



1. ábra A jód biogekémiai ciklusa (Fuge és Johnson 2015)

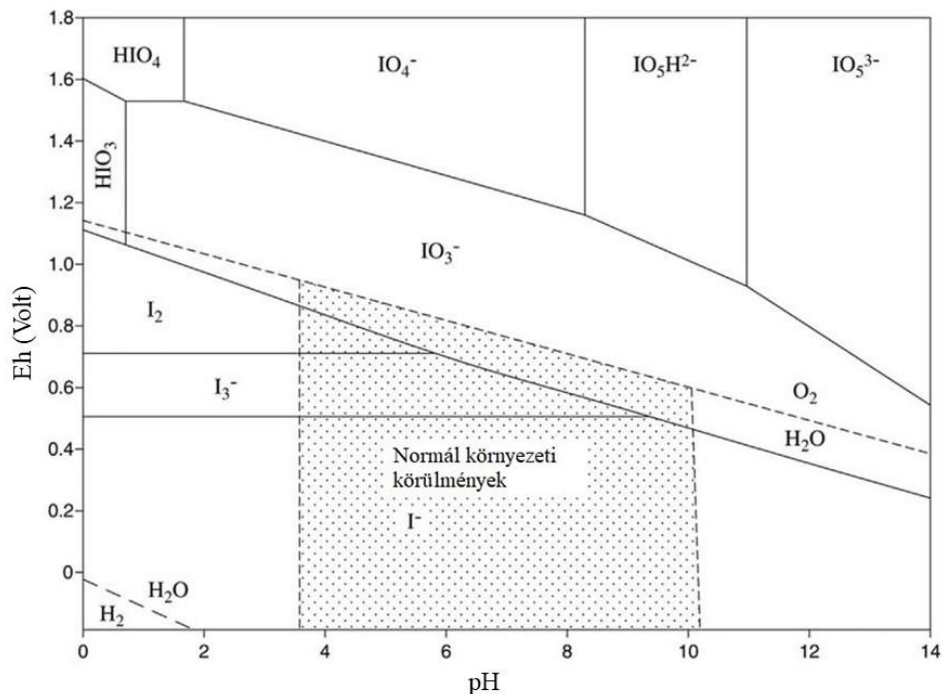
### 2.1.1. Jód a talaj-növény rendszerben

A növények képesek a talajból és a légkörből történő jódfelvételre, azonban a jód viselkedése a talaj-növény-légkör rendszerben sok tényezőtől függő, összetett folyamat, melyről fiziológiai és molekuláris szinten viszonylag kevés információ áll rendelkezésünkre. A növények jódtartalma általában kevesebb, mint 1 mg/kg, azonban nagy jód koncentrációjú talajok esetén a növényeket is nagyobb koncentrációk jellemzik, melyet elsősorban a gyökér általi felvétellel képesek biztosítani (Fuge és Johnson 2015). A talajok tulajdonságai befolyásolják és szabályozzák a jód képződését és mobilitását, ezáltal hatással vannak a gyökér általi felvételre is. A jód mobilitása a talajban rendkívül bonyolult a jód változatos oxidációs állapotai miatt, melyek közül a -1, 0 és a +5 a leggyakoribbak (Robertson és mtsai. 2003; Zhang és mtsai. 2023).

A jód az esetek többségben szerves vegyületek, jodát- vagy jodidion formákban van jelen a talajokban, melynek rendkívül jelentős szerepe van az elem mozgékonyasága, biológiai hozzáférhetősége és illékonyasága szempontjából (Fuge és Johnson 2015). A talaj jódtartalma három folyamat összetett és dinamikus egyensúlyának eredménye, mely folyamatok a légkörből történő beépülés, a fixáció és a talajból történő elpárolgás. Korábbi kutatások arra engedtek következtetni, hogy a talajokban található jód adszorpciós kapacitása az agyagásványok és a kolloidok mennyiségétől függ, azonban ma már az is bizonyított, hogy a talajokban található jód főleg alumínium-, vas- és mangán-oxidokkal, valamint szerves anyagokkal (főleg huminsavak, fulvosavak) lép kapcsolatba (Gonzali és mtsai. 2017; Jensen és mtsai. 2019; Humphrey és mtsai. 2020). Ezen anyagokkal történő kapcsolódása révén, a talajokban található jód egyik legfontosabb tényezője a talaj jód megtartó képessége vagy másnéven jód megkötő potenciálja. A nagy szerves anyag tartalmú vagy fémoxidokban gazdag talajok nagy jódmegkötő képességgel rendelkeznek, melynek következtében a jód szinte teljesen hozzáférhetetlen a növények számára, hiszen módosítja a növények által felvehető vízdoldható jód koncentrációját (Fuge és Johnson 2015).

A talajban található összes jód kevesebb, mint 10%-a van jelen oldható formában, melynek elérhetősége jelentősebb alacsony redoxpotenciál (Eh) mellett, csekélyebb oxidáló körülmények között. Az adott talajra jellemző redoxpotenciál megváltoztathatja a jód speciációját, amelyet a  $[IO_3^-] / [I^-]$  arány fejez ki (2. ábra). A redoxpotenciál mellett jelentős befolyásoló paraméter a talaj kémhatása is. Az alkáli talajok gyenge megtartási kapacitással rendelkeznek a jód tekintetében, mivel a lúgos pH megakadályozza a jód

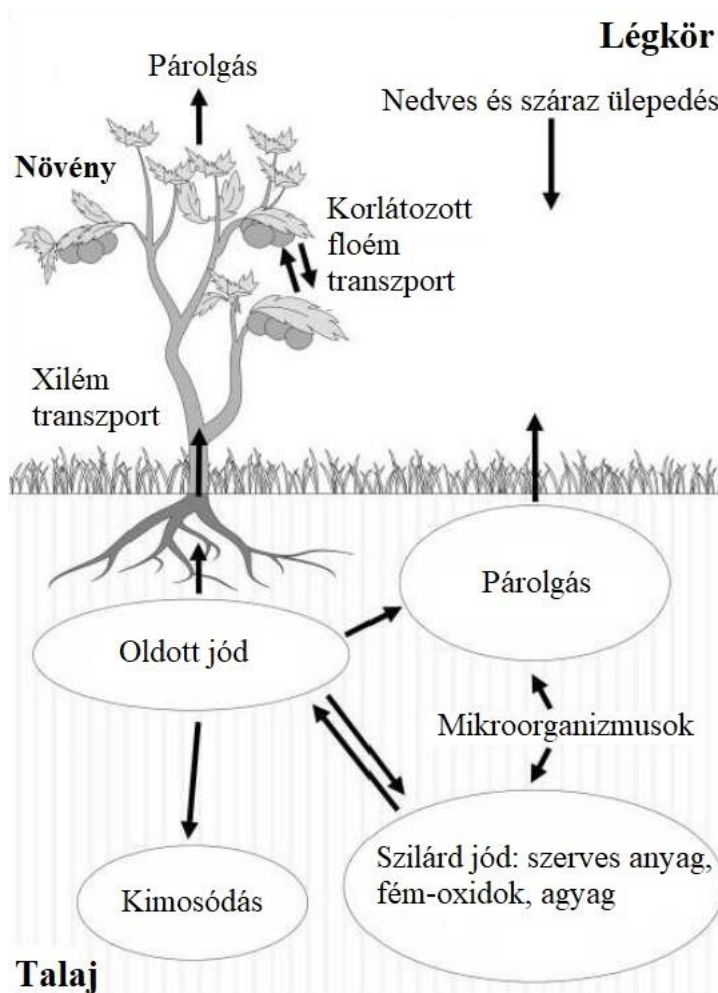
agyagásványokra történő adszorpcióját, ezzel szemben a savas pH kedvez a vas- és alumínium-oxidokkal történő jódfelvételnek (Medrano-Macías és mtsai. 2016a; Zhang és mtsai. 2023). A talajok fizikai és kémiai tulajdonságai mellett rendkívül jelentős tényező a talajok mikrobiális aktivitása is. Egy 1999-ben megjelent japán kutatásban talajminták autoklávozását végezték el, mely során azt tapasztalták, hogy a jodidion szorpciós kapacitása több, mint 80%-kal csökkent, mely vagy a jódkötésekben résztvevő mikroorganizmusok pusztulásával, vagy a jódkötést befolyásoló termékek (pl. enzimek) lebomlásával magyarázható (Muramatsu és Yoshida 1999; Muramatsu és mtsai. 2004). Egyes kutatások szerint a talajban élő gombák által termelt lakkáz képes a jodidiont oxidálni (Seki és mtsai. 2013; Fuge és Johnson 2015).



2. ábra A jód Eh/pH diagramja (Fuge és Johnson 2015)

A növények jódfelvétele erősen függ annak hozzáférhetőségétől, melyet elsősorban az adszorpciós-deszorpciós jellemzők szabályoznak (Dai és mtsai. 2009). A talajban található jodátionok jelentős része jodidionná redukálódik, majd ioncsatornákon keresztül bejuthat a gyökérszövetekbe, ahol interferencia fordulhat elő más anionokkal (pl. nitrát, tiocianát, perklorát) (Golob és mtsai. 2020). A növénybe kerülve a jód koncentráció csökken a gyökértől a levél irányába, majd a szár és a termés felé, mivel a növényekben a jód elsősorban a xilémen (farész) keresztül áramlik, a floémában (hánchrész) pedig a mobilitása alacsony. A xilémben történő szállítás következtében a jód elsősorban a

hajtásszervekben halmozódik fel, így a biofortifikáció a leveles zöldségekben rendkívül hatékony (Budke és mtsai. 2020a). Az alacsony áteresztőképességű növényi részekbe (pl. gyümölcsök, termések, magvak) a floém szolgáltatja a jódot, így alacsony jód koncentrációk jellemzik (Budke és mtsai. 2020b), bár ezzel a megállapítással szemben, paradicsom termésekben jelentős jód akkumulációt tapasztaltak (Kiferle és mtsai. 2013). A növényben felhalmozódó jód azonban nem stabil, egy részét a növények metiltranszferáz enzimek segítségével metil-jodidként elpárologtatják (3. ábra). Az illékonyaság szintén a redoxpotenciál és a pH függvénye, melynek mértéke oxikus körülmények között, lúgos talajokban a legalacsonyabb ( $\text{IO}_3^-$  dominál), míg a humuszban és szerves anyagban gazdag talajokban jelentősebb ( $\text{I}^-$  dominál) (Medrano-Macías és mtsai. 2016a).



3. ábra Jód kölcsönhatások a talaj-növény-légkör rendszerben (Humphrey és mtsai. 2018)

A növények nem csak a gyökérzet által képesek a jódot felvenni, hanem a levélfelszínen található sztómákon keresztül is. Az a tény, hogy a növények a légkörben található gáznemű jódot leggyakrabban a sztómák révén képesek felvenni, azt jelenti, hogy a jód felvételt az időjárási viszonyok is befolyásolják (Johanson 2000).

Ezen változók figyelembevételével világossá vált, hogy a növények biofortifikációjának sikeréhez nem csak a jódkezelés stratégiáját és a vizsgált növényt kell figyelembe venni, hanem az egész rendszert komplex módon tanulmányozni kell. A jódot valószínűleg egy általános szabályozási rendszer alatt a teljes ökológiai rendszer metabolizálja, így szükséges további biotikus és abiotikus tényezőket is figyelembe venni (pl. rizoszféra, éghajlat, fitokémia stb.).

## ***2.2. A jód emberélettani jelentősége***

A jód esszenciális mikroeleme az emberi szervezetnek, mely 15-20 mg (~0,02 mg/testtömeg kg) mennyiségben van jelen egy felnőtt emberi testben (Li és Eastman 2012; Koukkou és mtsai. 2017). Ezen mennyiség 70-80%-a a pajzsmirigyben, többi része pedig a vérben található, nagyrészt pajzsmirigyhormonok formájában. A pajzsmirigyhormonok magukba foglalják a négy jódatomot tartalmazó prohormont, a tiroxint (T4; 3,5,3',5'-tetrajódtironin;  $C_{14}H_{11}I_4NO_4$ ) és a bioaktívabb, három jódatomot tartalmazó trijódtironint (T3; 3,5,3'-trijódtironin;  $C_{15}H_{12}I_3NO_4$ ) (Pearce 2017). Bár a jód szervezetben történő felszívódásának útja bizonytalan, valószínűsíthető, hogy a táplálékkal felvett jód jodiddá redukálódik, mely gyorsan és szinte teljesen (>90%) felszívódik a gyomron és a vékonybélben keresztül, majd bejut a keringésbe (Zimmermann és mtsai. 2008; Reijden és mtsai. 2019). Ezt követően a pajzsmirigybe kerül, ahol feldúsul, oxidálódik és beépül a tiroglobulinba (Tg). Ezen folyamat monojódtironint (MIT) és diodotironint (DIT) eredményez, végül T3 és T4 hormonok képződnek. A szervezet által felhasznált összes jód 96-99%-a metabolizálódik a pajzsmirigyben, míg a fennmaradó mennyiség máshol hasznosul (pl. retinában). A pajzsmirigyhormonok számos élettani folyamatot szabályoznak, mint például a fehérjeszintézist, sejtek differenciálódását és növekedését, vagy a test anyagcsere-folyamatait befolyásoló sejtlégzést. Ezen hormonok mennyisége hatással van a fejlődő agy, izomzat, szív, agyalapi mirigy és a vesék állapotára is (Abel és mtsai. 2018). Az emberi test az agyalapi mirigy által kiválasztott pajzsmirigy-stimuláló hormon (TSH) révén képes egyensúlyban tartani a pajzsmirigyhormonok koncentrációját, mely szabályozza a pajzsmirigy

jódanyagcseréjének minden szakaszát, beleértve a jód pajzsmirigybe történő transzportját, valamint a pajzsmirigyhormonok szintézisét és kiválasztását. A fel nem használt jód mennyiségének ~90%-a vizelettel, míg a fennmaradó ~10% széklettel vagy izzadsággal ürül a szervezetből (Atmis és mtsai. 2021).

Az emberi szervezet nem képes a jódot előállítani, így annak egészséges működéséhez szükséges jódmennyiség beviteléhez külső forrásokra van szükség. Az emberi testben található jód 90%-a élelmiszerekből, 10%-a pedig ivóvízből származik. A legtöbb táplálék jódtartalma kicsi, az ember által fogyasztott élelmiszer adagonként 3-80 µg jódot tartalmaz (Zimmermann és mtsai. 2008). A jódban leggazdagabb étrendi források a tengergyümölcssei, tengeri halak, kagylók és algák, de jelentős jódtartalma van a tejtermékeknek és a tojásnak is (*I. táblázat*) (Haldimann és mtsai. 2005; Eastman és Zimmermann 2018; Milinovic és mtsai. 2020). A jód biológiai hozzáférhetőségére vonatkozóan kevés adat áll rendelkezésre a szakirodalomban, amely az elfogyasztott táplálékból felszabaduló, majd a bélből felszívódó és a keringésbe bekerülő jód arányát jelenti (Blikra és mtsai. 2022). Mivel ezen paraméter nehezen meghatározható, 1990 óta csak néhány kutatás foglalkozott a kérdéskörrel, mely során csecsemőknél jódtartalmú tápszer (Dold és mtsai. 2016), felnőttek esetében pedig jódozott só (Nath és mtsai. 1992) és tehéntej (Jahreis és mtsai. 2001), elfogyasztását követően vizsgálták az eredményeket. Mindegyik kísérlet során megállapították, hogy a vizsgált alanyok által elfogyasztott jódtartalmú táplálékokban található jód biológiai hozzáférhetősége több, mint 80% volt.



<b>Élelmiszer típus</b>	<b>Élelmiszerminták száraz tömegre vonatkoztatott jód koncentrációi (µg/kg)</b>
<b>Gabonafélék</b>	
kenyér	393
liszt	35
tészta	79
rizs	333
<b>Húsfélék és fehérjeforrások</b>	
vörös hús	59
feldolgozott hús	335
tojás	1625
tengeri hal	2112
édesvízi hal	375
<b>Tejtermékek</b>	
tej	690
joghurt	670
sajt	473
<b>Gyümölcsök és zöldségek</b>	
friss gyümölcs	18
friss zöldség	47
leveles zöldség (saláta)	236
fagyasztott vagy konzerv zöldségek	1203

1. táblázat Alapvető élelmiszercsoportok jódtartalma (Haldimann és mtsai. 2005)

A túlzott és az elégtelen jódbevitel egyaránt egészségügyi kockázatokkal járhat, a szervezet számára optimális jódmennyiség nagyon szűk tartományban mozog. Ritkább eset a jód túlzott mennyiségű bevitele, mely általában nagy jódtartalmú élelmiszerek, ivóvíz, táplálékkiegészítők vagy gyógyszerek (pl. szívgyógyszerek – Amiodaron) fogyasztásával következhet be (Backer és Hollowell 2000). Az Egészségügyi Világszervezet (World Health Organization – WHO), az Európai Egészségügyi és Élelmiszerbiztonsági Főigazgatóság (European Commission's Scientific Committee for Food - EC/SCF) és az Amerikai Egyesült Államokban működő Institute of Medicine (IMO) által meghatározott maximális beviteli értékek 1000, 600 és 1100 µg/nap

(Roseland és mtsai. 2020; Blikra és mtsai. 2022; Pehrsson és mtsai. 2022). A túlzott jódbevitel autoimmun pajzsmirigy betegségekhez és jódizmushoz (jódmérgezés) vezethet, de a pajzsmirigyrákkal is összefüggésbe hozták (Andersen és mtsai. 2009).

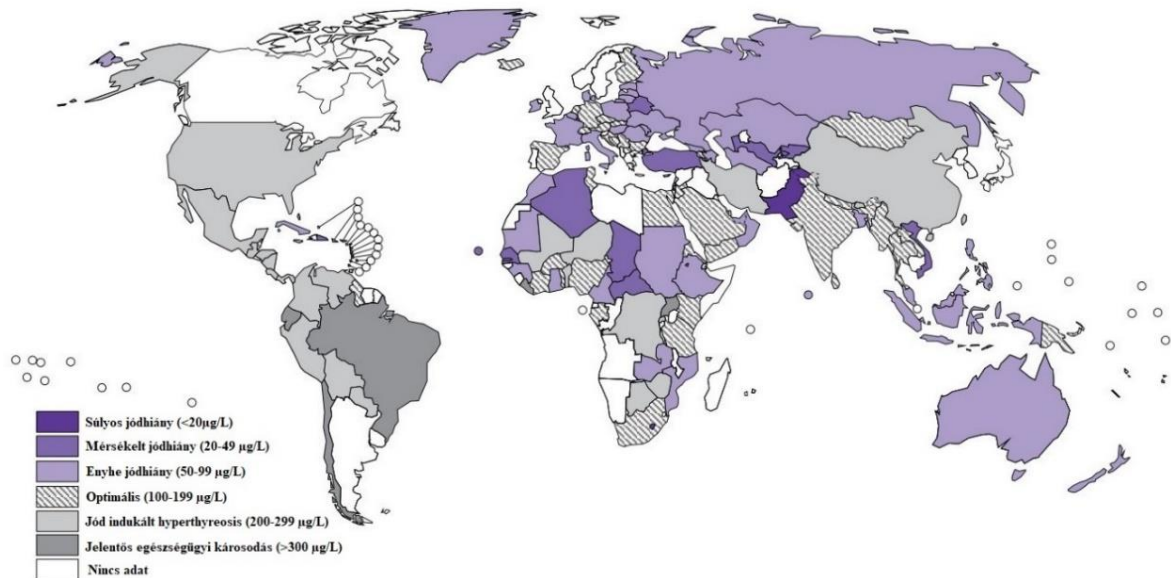
Sokkal gyakoribb azonban a jód elégtelen mennyiségű bevitele, a jódhiány évtizedek óta jól ismert, mintegy 2 milliárd embert érintő globális közegészségügyi probléma (Neven és mtsai. 2020), melynek következtében elégtelen tiroxin termelés alakul ki. Jódhiány esetén betegségek széles skálájával kell számolni, mint például a golyva, pajzsmirigy-alulműködés, vagy a gyomorrák kialakulása. A jódhiány által okozott káros egészségügyi állapotokat és megbetegedéseket összefoglaló néven jódhiányos rendellenességeknek (Iodine Deficiency Disorders – IDD) nevezik (Weng és mtsai. 2008a). A WHO, a Nemzetközi Gyermeksegélyezési Alap és az International Council for Control of Iodine Deficiency Disorders korcsoportok szerint határozták meg az ajánlásaikat a napi jódbeviteli mennyiségekre vonatkozóan (Hernando és mtsai. 2015). Ezen ajánlások szerint a 0-5 éves korcsoportban 90 µg, 6 és 12 éves kor között 120 µg, míg 12 éves kor felett 150 µg a napi ajánlott jódbevitel (Andersson és mtsai. 2007, 2012; Salau és mtsai. 2010). Kivételesen veszélyeztetett csoportba tartoznak a terhes és szoptató nők, mivel ezen időszak alatt a szervezet jódigénye jelentősen megnő (220-270 µg/nap) (Aakre és mtsai. 2020; Augustine és Kalyanasundaram 2020; Nazeri és mtsai. 2020).

### *2.2.1. Jódhiány világszerte és Magyarországon*

A jód a földi szférák egészében megtalálható, azonban egyenetlenül oszlik el a környezetben. A Föld számos régiójában a glaciális jegesedés, az áradások és az erózió okozta kimosódások kimerítették a talajfelszínben található jódot. Ezen felül a jód - *2.1. fejezetben* ismertetett – biogeokémiai ciklusa helyenként lassú vagy hiányos, így a talajban, a szárazföldi vizekben, így az ivóvízben is csökken a jód mennyisége. Az érintett területeken termesztett élelmiszernövények jódban szegények, így az ezeket fogyasztó emberek és állatok populációi esetén jódhiány alakulhat ki. (Delange 1994; Zimmermann 2009; Pandav és mtsai. 2013; Menon és Skeaff 2016)

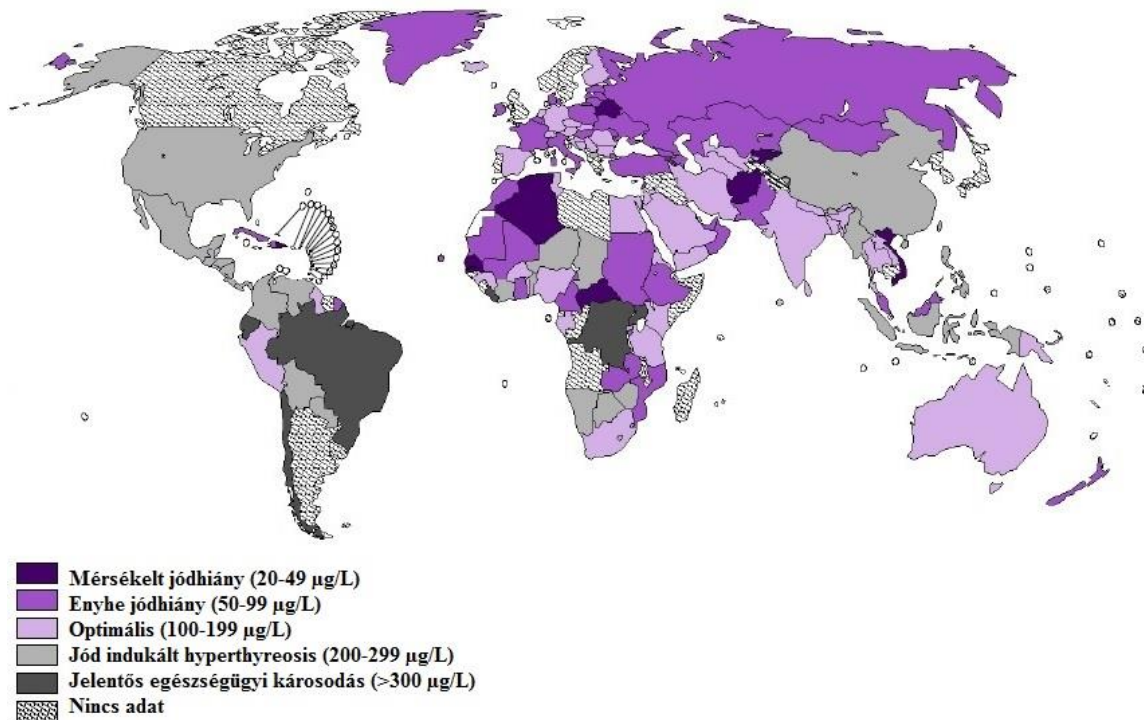
A WHO 2004-ben publikálta az 1993 és 2003 között gyűjtött, tagállamaira vonatkozó jódellátottsági adatait. Ezen felmérés során megállapították, hogy 54 országban (pl. Ausztrália, Oroszország, Pakisztán) nem megfelelő, 43 országban (pl. India, Szaúd-Arábia, Nigéria) megfelelő, 24 országban (pl. USA, Kína, Peru) az optimálisnál magasabb, valamint 5 országban (pl. Brazília, Chile, Libéria) túlzottan magas a jódellátottság (*4. ábra*). Ezen felül megvizsgálták az iskoláskorú gyermekek

jódfogyasztását, melyből kiderült, hogy a gyermekek 36,5%-ának (~285 millió fő) nem megfelelő a jódbevitel. Ezen adatokat extrapolálva a teljes népességre vonatkozóan becslést végeztek, mely szerint a Földön ~2 milliárd ember nem jut elegendő mennyiségű jódhoz. Ezekben az években a legérintettebb régiók Délkelet-Ázsia, Afrika, a csendes-óceáni területek nyugati része, valamint Európa és a Földközi-tenger keleti partvidéke voltak. (WHO 2004)



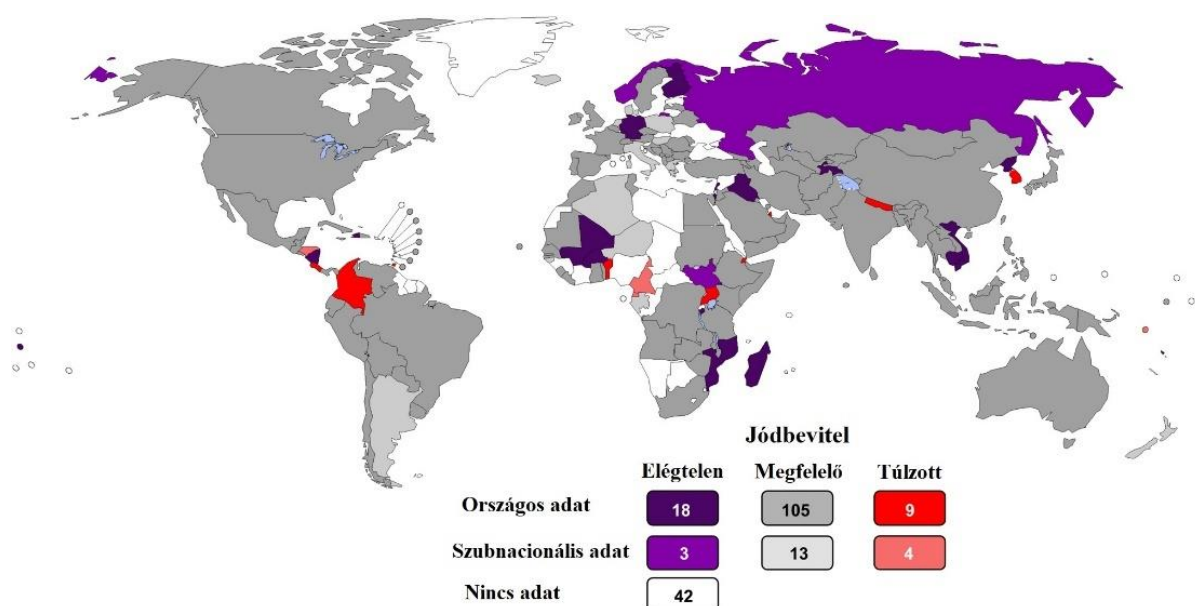
4. ábra Különböző országokban élő lakosok vizeleteiben mért medián jódkoncentráció értékek (WHO 2004)

Benoist és munkatársai (2008) a Föld országait jóellátottság szempontjából különböző közegészségügyi osztályokba sorolták, melyek közül a jódbevitel elégtelen 47, megfelelő 49, jobb, mint megfelelő 27 és túlzott mértékű volt 7 országban (5. ábra). (Benoist és mtsai. 2008)



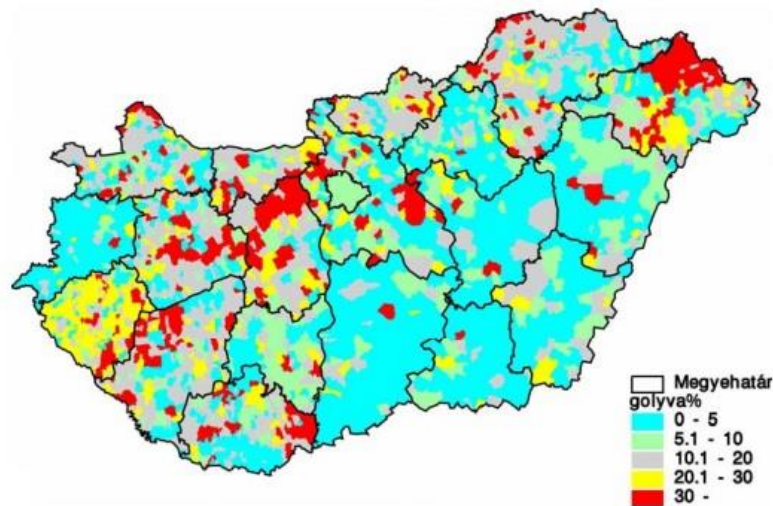
5. ábra A Föld országainak jóellátottsága a lakosság vizeletében mért medián jódkoncentrációk alapján (Benoist és mtsai. 2008)

A legfrissebb jóellátottságra vonatkozó adatokat az Iodine Global Network (IGN) foglalta össze, melyeket 2005 és 2020 közötti vizsgálatokból gyűjtöttek össze világszerte. Ezek alapján a megfelelő jódbevittel rendelkező országok száma folyamatosan nőtt az elmúlt 20 évben és 118 országban megfelelő jód ellátottságot állapítottak meg (6. ábra). 2020-ban 21 ország étrendjében még mindig nem volt elegendő jód és a jóghiány továbbra is fennáll a világ minden régiójában (pl. Madagaszkár, Oroszország, Vietnám, Kambodzsa, Szudán, Haiti, Irak, Burkina Faso, Norvégia, Németország, Finnország), melynek okai országonként változóak lehetnek (pl. politikai okok, háborús helyzet, étrendi szokások). (Zimmermann és Andersson 2021)



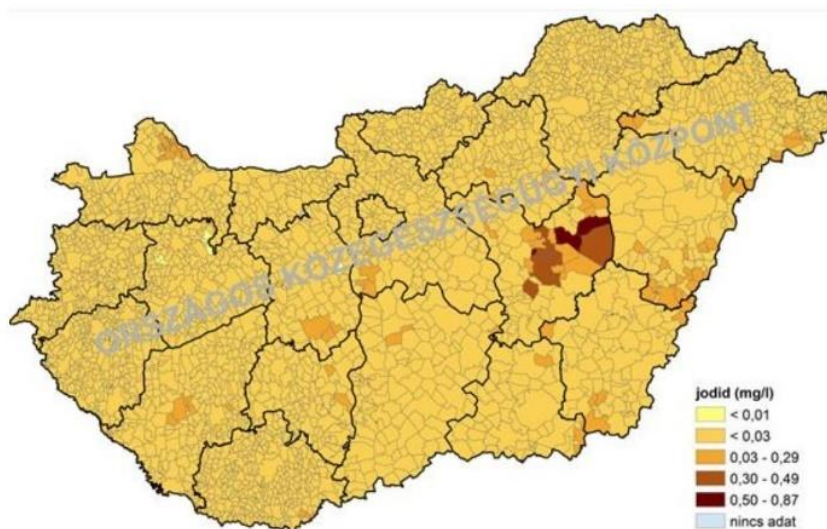
6. ábra A Föld országainak jódbevitele iskoláskorú gyermekek átlagos vizelet jódkoncentrációi alapján, 2005 és 2020 között végzett vizsgálatokban (Zimmermann és Andersson 2021)

Magyarországon viszonylag kevés vizsgálatot végeztek a jódeellátottságra vonatkozóan, azonban a meglévő adatok alapján a magyar lakosság jódbevitele nem megfelelő és országszerte jelentős eltéréseket, „mozaikszerű” képet mutat (Gerasimov 2002). Az 1980-as években az akkori Országos Közegészségügyi Intézet átfogó vizsgálatot végzett az ivóvizek jodidion tartalmára vonatkozóan. Ezekből a kutatásokból kiderült, hogy Füzesgyarmaton (1,3-1,4 mg I/L), Szeghalomban (1,3-1,4 mg I/L) és Somogy-szentpálon (>0,5 mg I/L) az ivóvíz jodidion koncentrációja meghaladta az ajánlott napi értéket, azonban az ország 4/5-én ezen érték az ivóvízben kicsi volt (<25µg/L) (Pándics 2017). Az 1980-as években az iskoláskorú gyermekek felmérése alapján az akkori golyvagyakoriság országos átlaga 5,8% volt és csak egy régióban találtak jelentősen magasabb értéket (27,7%) (Gerasimov 2002). 1999-ben a Nemzeti Környezetegészségügyi Akcióprogram keretein belül az ivóvizek jodidion koncentrációjának és az 1-4. osztályos fiútanulók golyvagyakoriságának felmérését végezték el és a kutatás során megállapították, hogy számos településen nem megfelelő a jódbevitel. A WHO ajánlása szerint törekedni kell arra, hogy a gyermekek golyvagyakorisága ne haladja meg az 5%-ot egy adott területen, azonban hazánk néhány megyéjében a golyva ennél lényegesen gyakoribb, az észak-magyarországi régió egyes részein meghaladta a 30%-ot (7. ábra) (Solymosi és Farkas 2003; Páldy és Málnási 2009).



7. ábra 7-11 éves fiúk golyvás megbetegedésének aránya Magyarországon 1999-ben (Páldy és Málnási 2009)

2006-ban Griff és munkatársai egy országos szintű kutatást során anyatej minták jódtartalmát vizsgálták. Ezen kutatás során megállapították, hogy az újszülöttek 42%-a nem jut hozzá az ajánlott napi jódmennyiséghez Magyarországon (Griff és mtsai. 2009). Az Országos Közegészségügyi Intézet átfogó tanulmányt készített 2016 és 2017 között, mely során Magyarország ivóvizének jodidion koncentrációját vizsgálták. A felmérés alapján a magyarországi települések 97%-a jódhiányosnak tekinthető (ivóvíz jód koncentrációja  $<0,03$  mg/L) és mindössze 41 településen találtak megfelelőnek, 4 településen (Csataszög, Kunmadaras, Törökszentmiklós-Surány, Törökszentmiklós-Szakállas) pedig túlzottnak a jódelátást (8. ábra) (Pándics 2017).



8. ábra Magyarország hálózati ivóvizének jodidion koncentrációja 2016-ban (Pándics 2017)

### *2.2.2. A jódszegény megelőzésének és kezelésének lehetőségei*

A jódszegény talajok által leginkább érintett régiók a legsűrűbben lakott területek közé tartoznak, melynek következtében a világnépesség közel 38%-a jódszegény területeken él, így az utóbbi évtizedekben kulcsfontosságúvá vált a jódszegény elleni védekezés és megelőzés (Rohner és mtsai. 2014; Krzepiřko és mtsai. 2015). Az elmúlt 80 év erre vonatkozó intézkedései sikeresnek mondhatók, azonban nagyon fontos, hogy a megelőzési és ellenőrzési törekvések folyamatosak és fenntarthatóak legyenek, hiszen számos országban tapasztalták, hogy a sikeres jódszegénykezelést követően a probléma újra felütötte a fejét (pl. Norvégia, Ausztrália, Új-Zéland) (Andersson és mtsai. 2007; Ershow és mtsai. 2018; Elvbakken és Meltzer 2021).

Az első lehetséges és azóta is sikeresnek bizonyuló megoldás a népesség jódszegényének kezelésére a jódozott só alkalmazása, melyet először 1920-ban vezettek be az Egyesült Államokban és Svájcban (Menon és Skeaff 2016; Ershow és mtsai. 2018). Ezt követően egyre több országban terjedt el, majd 1993-ban a WHO és az UNICEF kidolgozta az ún. univerzális sójódozási programot, melynek segítségével a világ számos országa jelentős előrelépést ért el a jódszegény rendellenességek kezelésében és megelőzésében. A program ajánlása szerint minden emberi és állati fogyasztásra szánt sót jóddal kell dúsítani, beleértve az élelmiszeriparban alkalmazott sót is. A világ több, mint 120 országában alkalmazzák a jódozott sót és a becslések szerint a háztartások 86%-a számára hozzáférhető. Ausztráliában és Új-Zélandon 2009-től törvényileg tették kötelezővé a jódozott só használatát a kenyérsütési folyamatok során is (Eastman és Zimmermann 2018). A só jóddal történő dúsítása több szempontból is alkalmas eszköznek bizonyult, hiszen gyakorlatilag a Föld lakosságának egésze fogyasztja, a szükséges technológia rendelkezésre állt, biztonságos, költséghatékony és fenntartható (WHO 2014; Hong és mtsai. 2016; Ershow és mtsai. 2018). A jódozott só alkalmazása számos előnye mellett azonban néhány országban infrastrukturális vagy kulturális okokból kudarcot vallott. Kína Xinjiang-tartományában súlyos jódszegény figyelhető meg a jódozott só és jódozott olaj alkalmazása ellenére is (Ren és mtsai. 2008; Bruulsema és mtsai. 2012). A jódozott só alkalmazásával kapcsolatban az alábbi hátrányokat fontos figyelembe venni:

- a jódhíányt nem sikerült teljesen megszüntetni a só jódozásával,
- a szállítás, tárolás, főzés és a jódozott sót tartalmazó élelmiszer alapanyagok feldolgozása során jelentősen, akár 20%-kal is csökkenhet a jód mennyisége (Rana és Raghuvanshi 2011; Comandini és mtsai. 2013; Cerretani és mtsai. 2014; Kapusta-Duch és mtsai. 2017; Rangel és mtsai. 2020),
- a túlzott sóbevitel magas vérnyomást és egyéb szív- és érrendszeri betegségeket okozhat, ezért a WHO a sófogyasztás 30%-os csökkentését javasolta 2025-ig (WHO 2014).

Ezen hátrányokat figyelembe véve világossá vált, hogy további, kiegészítő megoldásokra van szükség a jódhíány okozta közegészségügyi problémák kezelésére vonatkozóan. Egyes országokban a jódozott só mellett más forrásokat is alkalmaznak jódpótlás céljából. A jódozott olajat (Lipiodol®) először Pápua Új-Guineában használták, melyet kezdetben injekció formájában, később pedig szájon át juttattak az emberek szervezetébe (Azizi 2007). Szélesebb körben alkalmazott alternatíva a jóddal dúsított kenyér (pl. Hollandia, Oroszország) vagy ivóvíz (pl. Olaszország, Mali, Thaiföld), de a szakirodalomban találkozhatunk jódtartalmú ételfestékkel (eritrozin), cukorral (pl. Guatemala, Szudán) és teával (pl. Kína) is (Pandav és mtsai. 2013; Eastman és Zimmermann 2018). Ezen jódforrások azonban nem jelentenek világszintű megoldást a jódhíány kezelésére, mert nehezen hozzáférhetőek, nem vezethetők be a mindennapi étrendbe, költségesek vagy társadalmilag kevésbé elfogadottak.

Az eddig ismertett stratégiaikon kívül hatékony módszer lehet egy viszonylag új és költséghatékony eljárás, az élelmiszernövények biofortifikációja vagy biológiai dúsítása, melynek előnyeit és hátrányait a 2. táblázatban foglaltam össze (Gonzali és mtsai. 2017; Wakeel és mtsai. 2018). A biofortifikáció az alapvető élelmiszernövények (gabona és zöldségfélék) mikrotápanyag tartalmának biokémiai fejlesztését jelenti hagyományos növénynevelési gyakorlatok, modern biotechnológia és agronómiai stratégiák alkalmazásával (Bansode és Kumar 2015; Athar és mtsai. 2020; Lal és mtsai. 2020). Ezen folyamatok segítségével a növény növekedése és fejlődése során az ehető növényi részben megnő a tápanyagok és a vitaminok koncentrációja és mérhető javulást eredményezhetnek az egészséges emberi táplálkozás kialakításában (Bouis és mtsai. 2020).



BIOFORTIFIKÁCIÓ		
ELŐNYÖK	HÁTRÁNYOK	HIVATKOZÁSOK
költséghatékony	csökkenhet a növények biomassza-termelése és fitotoxicitás alakulhat ki	Bruulsema és mtsai. 2012; Saltzman és mtsai. 2014
fenntartható és hosszú távú	a talaj-növény rendszerben zajló reakciók és a mikroorganizmusok csökkenthetik a jódtartalomhoz való hozzáférhetőséget a növények számára	Saltzman és mtsai. 2014; Krzepiřko és mtsai. 2015
a szegényebb, fejlődő országok lakosságához is eljuthat	a talajban található huminsavak a jodidion átalakulását okozhatják jódmolekulává, mely elpárolog a rendszerből	Saltzman és mtsai. 2014; Krzepiřko és mtsai. 2015
tápanyagban gazdag élelmiszernövényeket eredményezhet a gazdálkodók számára	negatív környezeti hatások nem zárhatók ki	Bruulsema és mtsai. 2012; Prasad és mtsai. 2015

2. táblázat A biofortifikáció előnyei és hátrányai

A jóddal dúsított élelmiszernövények alkalmazásával ugyan nem várható a jóddhiány végleges megszüntetése, de kiegészítheti a jelenlegi beavatkozásokat, valamint segíthet növelni az egyén élete során bevitt napi jódmennyiséget (Saltzman és mtsai. 2014). A biofortifikáció egy ígéretes mezőgazdasági stratégiának számít a jövőre nézve, azonban kihívásokkal teli feladat, hiszen folyamatos együttműködést igényel a növénytermesztők és a táplálkozástudományi szakemberek között (Gomathi és mtsai. 2017). A stratégia sikerességét bizonyítja, hogy egyes dél-amerikai, afrikai és ázsiai országokban már eredményesen alkalmaznak vassal, cinkkel és A-vitaminnal dúsított élelmiszernövényeket (édesburgonya, manióka, kukorica, köles), mely a Consultative Group for International Agricultural Research jóvoltából jött létre a „HarvestPlus Challenge Program” keretein belül (Slingerland 2007; Oladipo és Ishola 2020),

Finnországban pedig búza, árpa és zab szelénnel történő dúsítását is sikerrel alkalmazták (White és Broadley 2008).

### **2.3. Növényélettani vonatkozások**

#### *2.3.1. Jód hatása a növényfiziológiára*

A jód növényélettanban betöltött szerepéről kevés információ áll rendelkezésre. A halogének a növényi mikroelemek legkevésbé jelentős csoportja, jelenleg a klorid az egyetlen, melyet a növényi élettanban mikroelemként tartanak számon, a II. fotorendszer protontranszfer reakciójában végzett szabályozó hatása miatt (Kiferle és mtsai. 2021). A magasabb rendű növények számára a jód nem létfontosságú elem, bár egyes kutatók a jódot is mikroelemnek tekintik, mivel pozitív hatását írták le barna alga fajoknál (Láng 1998), valamint egyre több tanulmányban számolnak be arról, hogy kis koncentrációkban ( $10^{-2}$ - $10^{-4}$  nM) alkalmazva serkenti a növény növekedését és fejlődését (Lehr és mtsai. 1958; Budke és mtsai. 2020a). Ezen felül egyes kutatások igazolták, hogy a jód stimulálhatja egyes bioaktív anyagok (pl. fenolos vegyületek, C-vitamin) bioszintézisét és felhalmozódását, valamint antioxidáns tulajdonságainak köszönhetően hozzájárulhat az abiotikus és biotikus stressz (pl. sótartalom, nehézfémek) okozta károk enyhítéséhez a növényekben (Golubkina és mtsai. 2021; Kastori és mtsai. 2021). Nagyobb koncentrációk esetén fitotoxikus hatása ismert, mely következtében levélveszteség, növekedésgátlás, illetve a növény pusztulása is előfordulhat.

A jód növényre gyakorolt hatása nem csak koncentrációjától, hanem kémiai formájától, valamint a növény érzékenységétől egyaránt függ (Landini és mtsai. 2011). A jód kémiai formáit tekintve a jodát kevésbé toxikus, mint a jodid, ugyanakkor a jodidion biológiailag hozzáférhetőbb, mint a jodátion (Umaly és Poel 1971; Blasco és mtsai. 2012). A jód kémiai formáiról a növényi szövetekben azonban kevés információ áll rendelkezésünkre, de valószínű, hogy a jodidion lehet a dominánsabb. Weng és munkatársai egy 2008-as kísérletben azt találták, hogy a vízparajban (*Ipomoea aquatica*) egyenletesen oszlanak el az oldhatatlan és az oldható jódformák, valamint a jodidion volt a meghatározó, melyet a jodátion, majd a szerves formák követtek (Weng és mtsai. 2008b). A növények a jódot képesek beépíteni olyan szerves molekulákba, mint például a jodoszalicilát, jodobenzoát, monojód tirozin (MIT), dijód tirozin (DIT) és a trijód tirozin (T3), azonban ezek bioszintetikus mechanizmusa a növényekben még mindig ismeretlen (Kiferle és mtsai. 2021).

A jód képes kölcsönhatásba kerülni a növényekben található elemekkel, ami közvetlenül vagy közvetve befolyásolhatja a növények anyagcseréjét, melynek hatása elsősorban a jód kémiai formájától függ. A jódnak ezen hatása lehet szinergikus, ha segíti más elemek felvételét és transzportját, azonban antagonistá, ha ezen folyamatokat korlátozza. Tököspalánták (Golob és mtsai. 2020) és spenótnövények (Smoleń és Sady 2012) vizsgálata során megállapították, hogy a jód szinergikusan hatott a növények szelénfelvételére, valamint fokozott magnézium, nátrium, réz és vas felvételt és felhalmozódást eredményezett. Ezzel szemben kukoricánövények korai fejlődési szakaszában a kálium-jodid trágyázás negatívan befolyásolta a növények leveleinek kalcium-, magnézium-, bór- és mangántartalmát (Grzanka és mtsai. 2020).

### 2.3.2. Élelmiszernövények jód biofortifikációja

A biofortifikációs stratégiákon belül a legegyszerűbben alkalmazható, legköltséghatékonyabb és legígéretesebb eljárás, az ún. agronómiai biofortifikáció, amely mikrotápanyagokban gazdag műtrágyák segítségével valósítható meg. Ezen módszer alkalmazása során talajkezeléssel, levélpermetezéssel, az adott elemmel dúsított öntözővíz használatával vagy hidropóniás (vízkultúrák) rendszerek segítségével növelhető az élelmiszernövények ehető részeinek jód koncentrációja (Olum és mtsai. 2018; Zikankuba és mtsai. 2019; Athar és mtsai. 2020). A jód esetén az agronómiai megközelítés a célszerű, mivel az élelmiszernövények jódhiányát a jódban szegény talajok okozzák (Budke és mtsai. 2020a). A jód agronómiai biofortifikációjával foglalkozó kutatásokban a jódkezelés széles skálája ismeretes az alkalmazott jód formák (szerves vagy szervetlen), növények, dózisok, kijuttatási rendszerek és az alkalmazott talajtípusok tekintetében (Gonzali és mtsai. 2017).

#### 2.3.2.1. Kísérletek vízkultúra alkalmazásával

Az élelmiszernövények jóddal történő dúsítását elősegítik az ún. hidropónikus vagy talaj nélküli rendszerek alkalmazása, mely során a növény gyökere nem talajban, hanem tápoldatban helyezkedik el. A stratégia előnyei közé tartozik az alacsonyabb víz és műtrágya felhasználás, valamint nincsen szükség a mezőgazdaságban alkalmazott, környezetre károsan ható vegyszerek használatára. (Puccinelli és mtsai. 2021)

Egy 2008-as kutatásban kínai káposzta (*Brassica chinesi* L.) jódfelvételét és eloszlását, valamint a jódkezelés hatására bekövetkező fiziológiai változásait tanulmányozták. A kísérlet során a jódot NaI és NaIO<sub>3</sub> formájában alkalmazták hét

különböző koncentrációban (0,05, 0,1, 0,5, 1,0, 2,5 és 5,0 mg I/L). A tanulmány eredményei azt mutatták, hogy a tápoldatban alkalmazott, növekvő jó koncentrációkkal párhuzamosan a növények jó koncentrációja is folyamatosan nőtt. A kezelések során 1,0 mg I/L dózisonál fordulópontot tapasztaltak a jó koncentráció növekedési ütemére vonatkozóan, mivel ezen koncentráció fölött jelentősen lecsökkent a növekedési ütem, amit a magas jó koncentrációk okozta fitotoxikus hatással magyaráztak. A kísérlet során azt tapasztalták, hogy 0,05 mg I/L dózis pozitív hatást gyakorolt a káposzta biomasszatermelésére vonatkozóan, azonban 0,1 és 5,0 mg I/L koncentrációk között 5-42% csökkenést tapasztaltak. A növényben történő jó eloszlását tekintve, a jó nagyrésze a gyökér részben akkumulálódott. (Weng és mtsai. 2008c)

Landini és munkatársai (2011) paradicsomnövények (*Solanum lycopersicum* L. cv. MicroTom) jódfelvételét és növényfiziológiai változásait vizsgálták 830, 1660 és 3320 mg/L kálium-jodid koncentrációk alkalmazása mellett. A legnagyobb jódkoncentrációkat (~9000 mg/kg) a levelekben és a szárakban mérték 3320 mg/L koncentrációjú KI kezelés mellett. A termésekben 10 és 30 mg/kg jó koncentráció értékeket tapasztaltak 830 mg/L és 3320 mg/L dózisok mellett, így a paradicsomot megfelelő célnövénynek találták a biofortifikációs stratégiák alkalmazásához. A kutatás során 1660 mg/L dózis felett levélklorózist és epinasztiát<sup>2</sup> tapasztaltak. (Landini és mtsai. 2011)

Caffagni és munkatársai (2012) paradicsomnövényeket vizsgáltak 166, 332 és 830 mg/L koncentrációjú kálium-jodid kezelések mellett, 25 g/L jó koncentrációjú folyékony műtrágya alkalmazásával. Kutatásuk során jelentős jó koncentráció növekedést tapasztaltak a növény ehető részeiben 4540 és 24230 µg/kg közötti mennyiségben. (Caffagni és mtsai. 2012)

Voogt és munkatársai (2014) üvegházban nevelt uborka, édes paprika, kerek paradicsom és koktélpaprika jódfelvételét vizsgálták 12,5 és 125 mg/L jód koncentrációk alkalmazása mellett. A jó koncentrációjának növelésével minden növényben a jó akkumuláció mértéke emelkedett. A jód kezelés során 12,5 mg/L koncentrációnál az uborka termésében az abszorbeált jó mennyiségének 40%-a, koktélpapricánál 22%-a, kerek paradicsom esetén 7%-a, édes paprikánál pedig 2%-a volt megtalálható. A növényekben akkumulálódott jó különböző mértékű eloszlása a termések eltérő transzspirációs tulajdonságaival, valamint a termések közötti anatómiai különbségekkel magyarázható. (Voogt és mtsai. 2014)

---

<sup>2</sup> epinasztia: növényi ingermozgás, mely során a levelek a tengelytől elhajló irányba fejlődnek

Smoleń és munkatársai (2015) egy 3 éves vízkultúras kísérletben vizsgálták a jód és a szalicilsav (SA) hatásait paradicsomnövényekben. A kísérlet során kálium-jodid, kálium-jodát, KI + SA és  $KIO_3$  + SA kezeléseket alkalmaztak, minden esetben 1-1 mg/L koncentrációban. Megfigyeléseik során nem tapasztalták a terméshozam romlását egyik kezelés során sem, mely jelzi, hogy az általuk alkalmazott tápoldatok biztonságos növénytermesztést tesznek lehetővé. A termés és levél részekben egyaránt szignifikáns volt a jód koncentráció növekedése, a szalicilsavval történő kombinált kezelés pedig fokozta a jód felhalmozódását. (Smoleń és mtsai. 2015)

Islam és munkatársai egy 2018-as kísérletben koktélpáradicsom (*Solanum lycopersicum* L. cv. 'Unicorn') tápelemtartalmának (Ca, K, Mg, Na, P, Fe, Mn, Cu, Zn) változásait tanulmányozták kálium-jodid (1 mg/L) kezelés mellett. A kutatás során mindössze egy elem esetén tapasztaltak szignifikáns változást, a növényekben található vas koncentrációja szignifikánsan nőtt a jódkezelés hatására. (Islam és mtsai. 2018)

Smoleń és munkatársai (2018) egy két évig tartó kísérletben vizsgálták a burgonya hozam változásait és elemfelvételét kombinált jód ( $KIO_3$ : 8,35 mg/L) és szelén ( $Na_2SeO_3$ : 1 mg/L) kezeléssel. A jód és szelén adagolása nem okozott szignifikáns változást a burgonya hozamát tekintve, valamint a kezelésekre hatására növekedtek az egyes növényi részekben, a jódfelhalmozódás mértékére pedig az alábbi sorrendben volt jellemző: levél > levélnyel > gyökér > gumóhéj > gumó. (Smoleń és mtsai. 2018)

Egy 2017-es kutatásban borsócsírák (*Pisum sativum* L., cv. 'Petit Provencal') morfológiai és fiziológiai változásait, valamint jódfelvételét vizsgálták. A kísérlet folyamán a borsómagokat kálium-jodid és kálium-jodát tartalmú (1000 mg I/L) oldatokban áztatták. A jódkezelés negatívan befolyásolta a csírák magasságát és tömegét a kontroll mintákhoz képest. A jód koncentráció mindegyik csíranövényben nőtt, valamint a kálium-jodid és kálium-jodát hatásai között nem találtak szignifikáns különbséget. A legkisebb mért jód koncentráció 200 mg/kg, a legnagyobb pedig 489 mg/kg volt. A kísérlet során a PSII fotokémiai rendszer fotokémiai hatékonysága 0,79-0,82 között mozgott, melyből azt a következtetést vonták le, hogy a jódkezelés nem befolyásolta a levelek egészséges fejlődését. (Jerše és mtsai. 2017)

A vízkultúrát alkalmazó kísérletekről általánosságban elmondható, hogy fő céljuk a jód koncentráció változásának vizsgálata a növényekben, azonban számos irodalom (Smoleń és mtsai. 2015, Smoleń és mtsai. 2018, Weng és mtsai. 2008c, Jerše és mtsai. 2017) kitér a növények biomassza-változásaira, továbbá Islam és mtsai. (2018) bizonyos tápelem koncentrációk tanulmányozására is. Az általam bemutatott tanulmányokban

minden esetben nőtt a vizsgált növények jód koncentrációja az alkalmazott jód kezelések mellett. A növények jódkezelésének hatására bekövetkező tömeg változásai változatosabb képet mutatnak, Smoleń és mtsai. (2015, 2018) nem tapasztaltak változást, Jerše és mtsai. (2017) csökkenést detektáltak, míg Weng és mtsai. (2008c) a legkisebb alkalmazott jód koncentráció mellett növekedést, a magasabb koncentrációknál pedig csökkenést írtak le. Islam és mtsai. (2018) egyes tápelemek koncentrációinak változásait vizsgálták a növényekben jódkezelés mellett, mely során kizárólag a vas esetén tapasztaltak szignifikáns változást.

#### 2.3.2.2. Kísérletek ásványi műtrágya alkalmazásával

Az ásványi műtrágyák esszenciális ásványi elemeket tartalmaznak, melyek talajba juttatásával a termőközeg és az élelmiszernövények tápanyagellátása fokozható. A stratégia sikeres alkalmazását azonban korlátozhatják az adott talaj tulajdonságai, valamint az ásványi anyagok mobilitása és biológiai hozzáférhetősége, melynek ellenére számos kutatásban sikeresen alkalmazták ezt a módszert jód biofortifikáció céljából. (Jha és Warkentin 2020)

Dai és munkatársai (2004) kálium-jodát tartalmú műtrágya (1 és 5 mg I/kg) alkalmazásával répanövényeket vizsgálták (*Daucus carota* var. *sativa* DC.), mely során a jódkezelés nem okozott szignifikáns változást a növények biomasszáját tekintve, valamint a növekvő jód dózisos alkalmazásával folyamatosan emelkedett az ehető részek jód koncentrációja, melynek maximális értéke 1 mg/kg értéknek adódott. (Dai és mtsai. 2004)

Hong és munkatársai (2008) kínai káposzta (*Brassica chinensis* L.), saláta (*Lactuca sativa* L.), paradicsom (*Solanum lycopersicum* L.) és sárgarépa (*Daucus carota* L.) jódfelvételét vizsgálták, mely során a jód koncentráció (kálium-jodid) emelésével az egyes növények jód akkumulációja is emelkedett. A talajban jódozott műtrágya használatával 10, 25, 50, 100 és 150 mg/kg koncentráció értékeket állítottak be és megállapították, hogy az ehető részekben felhalmozódó jód mennyisége a kínai káposztában bizonyult a legnagyobbknak, majd a salátában, sárgarépában és végül a paradicsomban. 10 mg/kg jód koncentráció alkalmazása minden növény esetén optimális volt az egészséges fejlődés fenntartásához, azonban 50 mg/kg feletti értékeknél a növények pusztulását tapasztalták. (Hong és mtsai. 2008)

Weng és munkatársai (2008) kínai káposzta (*Brassica chinensi* L.) jódfelvételét és eloszlását, valamint a jódkezelés hatására bekövetkező fiziológiai változásait

tanulmányozták tenyészedényes és szántóföldi kísérletek során. A kutatásban a jódot kálium-jodidot és szerves jódot tartalmazó műtrágya formájában alkalmazták, a tenyészedények esetén 10, 25, 50, 100 és 150 mg/kg, míg a szántóföldi kísérletben 15-150 mg/m<sup>2</sup> koncentrációkban. A tanulmány eredményei azt mutatták, hogy a növekvő jód koncentrációjú műtrágya alkalmazása mellett a káposzták jód koncentrációja is folyamatosan nőtt. A kezelések során 50 mg/kg és 50 mg/m<sup>2</sup> dózisoknál fordulópontot tapasztaltak a jód koncentráció növekedési ütemére vonatkozóan, mivel ezen koncentráció fölött jelentősen lecsökkent a növekedési ütem, mely jelenséget a magas jód koncentrációk okozta fitotoxikus hatással magyarázták. A tenyészedényes kísérlet során megállapították, hogy a 10 mg/kg jód koncentrációjú kezelés pozitív hatást gyakorolt a káposzta biomasszatermelésére vonatkozóan, azonban 25 és 150 mg/kg koncentrációk között 3-33% csökkenést tapasztaltak. A kísérletek során a jód nagyrésze a gyökérben halmozódott fel. (Weng és mtsai. 2008c)

Egy 2011-es szabadföldi kutatásban répa jódfelvételének hatékonyságát és tápelemösszetételének változásait vizsgálták talajkezelés (0,5, 1 és 2 kg I/ha) és permetezés (0,02, 0,2 és 2 kg I/ha) alkalmazásával, mely területen az iszapos vályog talaj (35% homok, 28% iszap, 37% agyag, 2,84-3,41% szerves anyag) volt jellemző. Jelentős mértékű jód dúsulást tapasztaltak a gyökerekben a kontroll mintákhoz képest, a legnagyobb jód koncentrációk 10 és 8,6 mg/kg értékeknek bizonyultak 2 kg I/ha dóziséjú talajkezelés és permet használatával. A 0,5 kg I/ha dózis mellett a magnézium és a vas koncentrációja növekedett az ehető részekben, míg 1 és 2 kg I/ha kezelésnél a foszfor és a cink mutatott szignifikáns növekedést. (Smoleń és mtsai. 2011)

Caffagni és munkatársai (2012) szántóföldi kísérletekben vizsgálták paradicsom és burgonya jódfelvételét és eloszlását az egyes növényi részek között. A kutatás során Calcari-Fluvic Cambisols típusú talajban (19,4% CaCO<sub>3</sub>, 7,2% aktív CaCO<sub>3</sub>, 2,2% szerves anyag, 28,3% agyag, 20% iszap, 52% homok, pH: 7,6) végezték a növénynevelést kálium-jodid tartalmú műtrágya alkalmazásával. A burgonya esetén 2500 g/ha és 5000 g/ha dóziséjú talajkezelés mellett tapasztaltak szignifikáns jód koncentráció növekedést a gumókban, ahol a felhalmozódott jód koncentrációja 57, 250 és 894 µg/kg értékeknek adódtak 625, 2500 és 5000 g/ha dózisok mellett, míg paradicsomnövényenél nem tapasztaltak szignifikáns növekedést a kontroll mintákhoz képest. A kísérletek során megállapították, hogy mindkét növény esetén a levélben volt a legjelentősebb a jód akkumulációja, illetve a nagyobb jód koncentrációk alkalmazása negatív hatást gyakorolt a növények biomasszájára. (Caffagni és mtsai. 2012)

Egy másik szántóföldi kutatásban meszes vályogtalajon (pH 8,16; szerves anyag 13,6 g/kg; összes nitrogén 0,86 g/kg; összes jód 1,71 mg/kg; vízoldható jód 0,103 mg/kg) termesztett káposzta (*Brassica rapa* L. Chinensis Group) és burgonya (*Solanum tuberosum* L.) hozamát, jódfelvételét és a tápelemkoncentrációik változását tanulmányozták kálium-jodát (0,59 kg/ha) tartalmú műtrágya alkalmazása mellett. A jódkezelés nem okozott változást a hozam és a tápelemek koncentrációinak tekintetében, szignifikáns jód koncentráció növekedést csak a káposzta leveleiben tapasztaltak, ahol kétszeres növekedést figyeltek a kontroll mintákhoz képest. (Mao és mtsai. 2014)

Egy két évig tartó szabadföldi kísérletben répanövények gyökértömegét, száraz tömegének változásait és az ehető részeinek minőségét vizsgálták kálium-jodid és kálium-jodát kezelések mellett, 2 kg I/ha dózis alkalmazásával. A kísérlet során a jódkezelések nem okoztak negatív hatást a biomassza tekintetében, valamint a kálium-jodid használatát javasolták, mivel a kálium-jodátot károsabbnak találták az ehető részek minőségére vonatkozóan, mely a glükóz, szacharóz, összes cukor, összes oldható szilárd anyag és flavonok szintjének csökkenésében nyilvánult meg. (Smoleń és mtsai. 2014)

Smoleń és munkatársai (2016) szántóföldi kísérletek során répa jód akkumulációját vizsgálták kálium-jodid és kálium-jodát tartalmú (5 kg I/ha) műtrágyák alkalmazásával. Munkájuk során megállapították, hogy a jodid minden esetben nagyobb mértékben akkumulálódott, mint a jodát, valamint, hogy a gyökerek jód koncentrációja kétszer nagyobbak bizonyult, mint a leveleké. (Smoleń és mtsai. 2016)

Smoleń és munkatársai (2019) egy 3 éves szabadföldi kísérletben vályog talajon (pH: 6,23-6,72, 0,40-0,47 mg/kg jód, 4,90-4,97% szerves anyag) nevelt répanövények hozamát, tápelem koncentrációit, valamint jód és szelén akkumulációját tanulmányozták jód (KI – 4 kg I/ha) és szelén ( $\text{Na}_2\text{SeO}_4$  – 0,25 kg Se/ha) kezelés kombinációja mellett. A kísérletek során a jód és szelén kezelés nem okozott szignifikáns változást a növények biomasszájának és tápelem koncentrációinak tekintetében. A gyökerek jód koncentrációja átlagosan 7,7-szeresére nőtt a kontroll növényekhez képest és megállapították, hogy 100 g friss répagyökér elfogyasztása fedezné az ajánlott napi jód bevitelt. (Smoleń és mtsai. 2019)

Mageshen és munkatársai (2022) szabadföldön vizsgálták paradicsomnövények jódfelvételét, minőségét és terméshozamát, mely során a növényeket közepes nitrogén (166,8 kg/ha), szerves szén (4,20 g/kg), foszfor (11,2 g/ha) és kálium (232,3 kg/ha) tartalmú fekete agyagos vályog talajban nevelték (pH: 7,12). A kísérletben 16 különböző talaj és permet kezelést alkalmaztak  $\text{KIO}_3$  és kitozán- $\text{KIO}_3$  komplex formájában, valamint



ezek kombinációjában. Vizsgálataik során a jód koncentrációja minden növényi részben nőtt, mely a 10 kg/ha  $KIO_3$  talajkezelés és 0,3%  $KIO_3$  levélpermet, valamint a 10 kg/ha kitozán- $KIO_3$  komplex talaj és 0,3%  $KIO_3$  levélpermet kombinált kezelések hatására volt a legjelentősebb. A jód átlagos eloszlása a termésekben 0,001 és 0,837 mg/kg között változott. (Mageshen és mtsai. 2022)

Egy 2023-as kutatásban paradicsom terméshozamát és minőségét vizsgálták szabadföldi kísérletekben 16 különböző jód kezelés alkalmazásával agyagos vályog talajban (pH: 7,17, N: 185,2 kg/ha, P: 16,4 kg/ha, K: 211,6 kg/ha). Kísérleteik során megállapították, hogy a növények száraz tömege és terméshozama a 10 kg/ha kitozán- $KIO_3$  komplex talaj és a 3%  $KIO_3$  permet kombinált kezelés során volt a legjelentősebb. (Mageshen és mtsai. 2023)

A jódtartalmú ásványi műtrágyát alkalmazó kutatások részletesen tanulmányozzák a vizsgált növények jód koncentráció és tömeg változásait. A kísérletek többségében a növények jód koncentráció növekedéséről (Hong és mtsai. 2008, Mageshen és mtsai. 2022, 2023, Weng és mtsai. 2008c, Mao és mtsai. 2014, Hong és mtsai. 2008, Dai és mtsai. 2004, Smoleń és mtsai. 2011, Smoleń és mtsai. 2016, 2019, Caffagni és mtsai. 2012) számolnak be. Caffagni és mtsai. (2012) paradicsomnövény vizsgálata során, valamint Mao és mtsai. (2014) burgonyával végzett kísérletekben nem tapasztaltak jód koncentráció változást a kontroll növényekhez képest. A növények biomassza-változásait tekintve a legtöbb szerző nem detektált tömeg változást a jódkezelések hatására, míg Mageshen és mtsai. (2022, 2023) növekedést írtak le.

#### 2.3.2.3. Kísérletek levélpermetezés alkalmazásával

A levelek természetes folyamatként képesek egyes mikroelemeket felvenni, mely folyamatot a mezőgazdaságban is hasznosítják a levélzetet közvetlen, tápelemeket tartalmazó híg oldatával történő permetezésével (Alshaal és El-Ramady 2017). Az élelmiszernövények jód biofortifikációjával foglalkozó kutatások nagy részében szintén ezt az eljárást alkalmazzák, melynek sikerességét számos kísérlet igazolja.

Caffagni és munkatársai (2012) Calcari-Fluvic Cambisols típusú talajon termesztett (19,4%  $CaCO_3$ , 7,2% aktív  $CaCO_3$ , 2,2% szerves anyag, 28,3% agyag, 20% iszap, 52% homok, pH: 7,6) paradicsom és burgonya jódfelvételét vizsgálták szántóföldi kísérletekben, mely során levélpermetezést alkalmaztak 25 g I/L jód koncentrációjú folyékony műtrágya használatával. A burgonyanövények esetén nem figyeltek meg szignifikáns változásokat az ehető rész jód koncentrációját tekintve, azonban a

paradicsom termésben 1000 g/L dózisú permetezés mellett 946 µg/kg jód koncentrációt mértek. (Caffagni és mtsai. 2012)

Medrano-Macías és munkatársai (2016) üvegházban nevelt paradicsompalánták (*Solanum lycopersicum* L. 'Río Grande') biomassza és antioxidáns koncentráció változásait vizsgálták kálium-jodid és kálium-jodát kezelések során. A jodid és a jodát kezeléseket naponta 0,16 és 0,21 mg/L, valamint kéthetente 16,6 és 21,4 mg/L koncentrációkban alkalmazták, majd megállapították, hogy a jódkezelés nem okozott biomassza-csökkenést, továbbá a kéthetente történő jodid- és jodátkezelés a glutation, a napi jodidkezelés pedig a glutation és az aszkorbát koncentrációját növelte. (Medrano-Macías és mtsai. 2016b)

Egy 2018-as kutatás során szabadföldi kísérletben vizsgálták káposztanövények jód felvételét kálium-jodid és kálium-jodát alkalmazásával, 1-5 mg/kg koncentrációkban. A kísérlet során folyamatos jód koncentráció növekedést tapasztaltak a növényekben, melynek maximális értéke 12 mg/kg volt, 4 mg/kg kálium-jodid dózis mellett. (Bora és Baruah 2018)

Jerše és munkatársai (2018) szántóföldi körülmények között tanulmányozták borsónövények (*Pisum sativum* L.) biomassza változását és jód akkumulációját. A kísérletek során kálium-jodidot és kálium-jodátot alkalmaztak 1000 mg I/L koncentrációban, a növénynevelés pedig fluvisol talajon (24 g/kg szerves anyag, 4,9 mg/kg NO<sub>3</sub>, 18 mg/kg P, 22 mg/kg K) talajon történt. A jódkezelések növelték a borsó termések hozamát a kontroll növényekhez képest, valamint a kezelt növények jód koncentrációja hatszor nagyobbak bizonyult, mint a kezeletleneké. (Jerše és mtsai. 2018)

Signore és munkatársai (2018) homoktalajon (összes N 1,3%; szerves anyag 2,33%) nevelt répanövények jódfelvételét vizsgálták szabadföldi körülmények között. A kísérlet során 50 és 500 mg/L (KIO<sub>3</sub>) jód koncentrációjú permetet alkalmaztak. Összességében a jódkezelések egyike sem befolyásolta a növények biomassza-termelését, továbbá megállapították, hogy a jód kezelés 51 (50 mg/L dózis) és 194%-kal (500 mg/L dózis) növelte a gyökerek jód koncentrációját a kontroll növényekhez képest. (Signore és mtsai. 2018)

Egy kétéves szántóföldi kísérletben káposztanövények (*Brassica oleracea* var. *capitata*) jódfelvételét tanulmányozták kálium-jodid és kálium-jodát alkalmazása mellett, 5, 10 és 15 kg I/ha koncentrációkban. A növényi részek jód koncentrációja folyamatosan növekedett az emelkedő dózisokkal, azonban a kálium-jodid 34%-kal hatékonyabbnak, a

legalacsonyabb jód koncentráció 8,2 mg/kg ( $\text{KIO}_3$  kezelés, 5 kg I/ha), a legnagyobb pedig 109 mg/kg (KI kezelés, 15 kg I/ha) értékek voltak. (Ojok és mtsai. 2019)

Ledwożyw-Smoleń és munkatársai (2020) 3 éves szabadföldi kutatásban burgonya jód felvételét vizsgálták kálium-jodid (0,5, 1, 2 kg I/ha) talajkezelés, valamint kálium-jodát (0,02, 0,2, 2 kg I/ha) levélpermetezés kezelésekkel. A jódkezelések nem okoztak szignifikáns változást a burgonyanövények biomasszájára és hozamára vonatkozóan. Mind a talaj-, mind a levélkezelés lehetővé tette a burgonyagumók jód koncentráció növekedését, azonban talajkezelés esetén csak a legnagyobb koncentrációnál tapasztaltak szignifikáns növekedést, míg a permetezésnél már 0,2 kg I/ha dózisonál is, a legnagyobb jód koncentrációt 2 kg I/ha kálium-jodát dózisonál tapasztalták. A kísérletek során megállapították, hogy a permetezés hatékonyabbnak bizonyult és 100 g burgonya elfogyasztása elegendő az ajánlott napi jódbevitel 25%-ának fedezéséhez. (Ledwożyw-Smoleń és mtsai. 2020)

Egy 2022-es kutatásban sóstressznek (100 mM NaCl) kitett paradicsomnövények (*Solanum lycopersicum* L.) jódfelvételét vizsgálták kálium-jodát (növényenként 39 mg  $\text{IO}_3^-/\text{L}$  15 naponta) kezelés alkalmazásával. A jódkezelés nem csökkentette a sóstressz káros hatásait, azonban a termések biomasszatermelését 23%-kal növelte, a termések jód koncentrációi pedig 1,3-1,6 mg/kg értékeknek adódtak, mely értékek nem mutattak statisztikailag szignifikáns eltérést a kontroll növényekhez képest. (Fuentes és mtsai. 2022)

A jódtartalmú levélpermetet alkalmazó tanulmányok két irodalom kivételével (Fuentes és mtsai. 2022, Caffagni és mtsai. 2012), növekvő jód koncentrációkról számoltak be a vizsgált növényekben. A növények biomassza-változásait tekintve Medrano-Macías és mtsai. (2016b), Ledwożyw-Smoleń és mtsai. (2020) és Signore és mtsai. (2018) nem tapasztaltak tömeg változást a jódkezelések mellett, azonban Fuentes és mtsai. (2022), valamint Jerše és mtsai. (2018) a biomassza növekedését írták le.

#### 2.3.2.4. Kísérletek jóddal adagolt öntözővíz alkalmazásával

Az élelmisznövények jóddal történő dúsítása érdekében sikeres módszerek bizonyult az öntözővíz jóddal történő adagolása, mely hatékony és egyszerű módja a jód kijuttatásának, valamint számos növény esetén megerősítették a technológia alkalmazhatóságát. (Krzepiłko és mtsai. 2019)

Egy 2013-as tenyészedényes kísérletben kálium-jodid (0-9960 mg/L tartományban) és kálium-jodát (0-12840 mg/L tartományban) hatásait vizsgálták

paradicsomnövényekben (alkalmazott talaj tulajdonságai: 8,4% agyag, 32% iszap, 59,6% homok, C/N 8,5, szerves anyag 1,31%). Az eredmények alapján 1660 mg I<sup>-</sup>/L koncentráció felett fitotoxicitás tünetei (levélklorózis, hervadás, epinasztia) jelentkeztek a növényeken, a 6640 és 9960 mg I<sup>-</sup>/L közötti koncentrációk pedig már súlyos károsodást okoztak a növények fejlődésében. Megállapították, hogy a kálium-jodid esetén 166-930 mg/L, míg kálium-jodát kezeléssel 107-428 mg/L kezelési dózisok biztonságosan alkalmazhatók a növények károsodása nélkül. (Kiferle és mtsai. 2013)

Egy 2015-ös kísérletben paradicsom és burgonya jódfelvételét tanulmányozták jóddal adagolt öntözővíz alkalmazása mellett, mely során kálium-jodidot (500 és 1000 mg/L) és kálium-jodátot (500, 1000, 2000 és 7704 mg/L) használtak, a növénynevelés pedig tőzegalapú komposztban (pH: 6) zajlott. A kísérlet során a legkisebb alkalmazott jód koncentrációk is biomassa-csökkenést okoztak, mely jelentősebb volt a kálium-jodid kezelést követően. A növények ehető részeiben szignifikáns jód akkumuláció volt tapasztalható a burgonya gumókban 2720 µg/kg-ról 62450 µg/kg-ra, míg a paradicsom termésekben 5270 µg/kg-ról 53750 µg/kg-ra nőtt a jód koncentrációja. (Caffagni és mtsai. 2015)

Esfandiari és munkatársai (2015) 10, 20, 40 és 80 mg/kg kálium-jodát koncentrációk alkalmazásával burgonya (*Solanum tuberosum* L. cv. Agria) növényélettani változásait vizsgálták, mely során az alkalmazott talaj 1:1:1 arányban tartalmazott agyagot, homokot és trágyát. A kísérlet során a növények gumóinak tömege 20 mg/kg koncentrációig nem mutattak szignifikáns változást, azonban ezen koncentráció fölött folyamatos biomassa csökkenést volt megfigyelhető. A jód koncentráció növelésével a gumó/növény arány is csökkent, 20 mg/kg jód koncentráció mellett 2,6 db, míg 80 mg/kg mellett már csak 0,9 db gumó jutott egy növényre. Ezen paramétereken felül a klorofill-tartalomban és a relatív nedvességtartalomban 27 és 12%-os csökkenést tapasztaltak. A kutatás 3. hetén fitotoxicitás tünetei is jelentkeztek a jóddal kezelt növényeken, valamint a növények tápelem koncentrációit tekintve a Zn esetén nem tapasztaltak szignifikáns változást, azonban a Fe, Mn és Cu koncentrációk nőttek a gumókban. (Esfandiari és mtsai. 2015)

Ajiwe és munkatársai paradicsomnövények termés-hozamát tanulmányozták szabadföldi és üvegházás kísérletekben öntözéssel eljárással, homok-vályog talajon, mely során kálium-jodidot (166, 332, 498 és 830 mg/L) és kálium-jodátot (107, 214, 428 és 642 mg/L) használtak. A kísérlet folyamán megállapították, hogy a legkisebb jód koncentrációk (KI: 166 mg/L; KIO<sub>3</sub>: 107 mg/L) pozitív hatást gyakoroltak a növények

terméshozamára, ezeknél nagyobb koncentrációk viszont mérgező hatást mutattak. (Ajiwe és mtsai. 2019)

Egy 2019-es kísérletben paradicsompalántákon hasonlították össze a szerves és szervetlen jódkezelések hatását, mely során kálium-jodidot, 3,5-dijodoszalicilsavat és 5-jodoszalicilsavat alkalmaztak 0,8, 1,6, 4,2 és 8,3 mg/L koncentrációkban. A kutatás során mindhárom jódkezelés során nőtt a jód koncentráció a növényi részekben, valamint fitotoxikus tünetek nem mutatkoztak. A legjelentősebb akkumulációt a kálium-jodid kezelés során figyelték meg 8,3 mg/L koncentráció mellett, mely során a levélben 549 mg/kg, a szárban 1024 mg/kg, míg a gyökérben 449 mg/kg értékeket tapasztaltak. (Halka és mtsai. 2019)

Halka és munkatársai (2020) paradicsompalánták (*Solanum lycopersicum* L.) jódfelvételét vizsgálták kálium-jodid és jodobenzoát kezelések alkalmazásával, 0,8, 1,6, 4,2 és 8,3 mg/L dózisok mellett. A kísérlet során egyik jódkezelés sem befolyásolta a növények növekedését és fejlődését, valamint kálium-jodid használata során megállapították, hogy a jód szár>levél >gyökér sorrendben oszlott el a növényi részek között, míg a jodobenzoát kezelésnél a gyökérben volt a legjelentősebb a jód akkumulációja. (Halka és mtsai. 2020)

A jóddal adagolt öntözővíz alkalmazása során a bemutatott irodalmakban minden esetben emelkedett a vizsgált növények jód koncentrációja. A tanulmányokban bemutatott kísérletek során a jóddal adagolt öntözővíz alkalmazása mellett Caffagni és mtsai. (2015), valamint Esfandiari és mtsai (2015) a növények tömegének csökkenését detektálták, míg Halka és mtsai. (2020) nem tapasztaltak változást a kontroll növényekhez képest. Ajiwe és mtsai. (2019) a legkisebb alkalmazott jód koncentrációk mellett a vizsgált növények biomassza növekedését, míg nagyobb jód koncentrációk mellett csökkenést tapasztaltak.

### **3. Anyagok és módszerek**

#### ***3.1. Alkalmazott vegyszerek és műszerek***

A kísérletekben alkalmazott összes vegyszer analitikai tisztaságú volt. A hígításokhoz és a standard oldatok elkészítéséhez szükséges nagy tisztaságú ionmentes vizet (18 M $\Omega$ /cm) WasserLab Autwomatic (Labsystem Kft., Budapest, Magyarország) típusú készülékkel állítottam elő. A növényminták feltárásához NORMATOM, nyomelem-analitikai vizsgálatokhoz alkalmas 67% salétromsav oldatot (VWR International, Pennsylvania, USA), valamint EMSURE, 30% hidrogén-peroxid oldatot (VWR International, Pennsylvania, USA) használtunk. Az öntözővíz jódadagolásához kálium-jodidot (Sigma Aldrich Ltd., St. Louis, USA), a kalibrációs oldatok elkészítéséhez szilárd kálium-jodátot (Merck Kft., Magyarország) alkalmaztunk, míg a tápelemek (B, Mg, P, Mn, Fe, Cu, Zn) meghatározásához multielemes standard oldatot (Sigma Aldrich Ltd., St. Louis, USA) használtunk. A növényminták liofilizálását Alpha 1 laboratóriumi liofilizáló berendezéssel (Martin Christ Ltd., Osterode am Harz, Németország), a feltárását TOPwave típusú (Analytik Jena, Jena, Németország) mikrohullámú feltáró készülékkel, a jód és esszenciális tápelem koncentrációk meghatározását pedig PlasmaQuant MS Elite típusú (Analytik Jena, Jena, Németország) induktív csatolású plazma tömegspektrométer (ICP-MS) mérőrendszerrel végeztük el, mely készülékek működési paramétereit a 3.5. és 3.6. fejezetekben mutatom be. Az analitikai mérések pontosságát tanúsítvánnyal rendelkező NIST SRM 1573a paradicsomlevél referenciaanyaggal (National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, USA) igazoltuk.

#### ***3.2. Növénytermesztés során használt talajok jellemzői***

A kísérletek során homok (Mollic Umbrisol (Arenic), Órbottyán), homok-vályog (Luvic Calcic Phaeozem, Gödöllő) és vályog (Calcic Chernoznem, Hatvan) feltalajokat (0-20 cm) alkalmaztunk, melyek fizikai és kémiai tulajdonságait (3. táblázat) a HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Talajtani Kutatóintézet (HUN-REN ATK TAKI) munkatársai határoztak meg. A pH meghatározása 1:2,5 arányú talaj:víz szuszpenzióban történt 12 órás keverést követően (MSZ-08-0206/2:1978). A talajminták szerves anyag tartalmát módosított Walkley-Black módszerrel (MSZ-08-0452:1980), a kalcium-karbonát (CaCO<sub>3</sub>) tartalmát pedig Scheibler-féle módszerrel (MSZ-08-0206/2:1978)

mérték meg. A foszfor és a kálium biológiailag hozzáférhető frakcióját ammónium-laktát-ecetsav oldatos (AL) extrakcióval (Egnér és mtsai. 1960), a talaj összes nitrogén tartalmát pedig Kjeldahl-módszerrel határozták meg (ISO 11261:1995). Az ammónium-nitrogén (NH<sub>4</sub>-N) és nitrát-nitrogén (NO<sub>3</sub>-N) koncentrációkat KCl kivonatból (Sigma Aldrich Ltd., Missouri, USA) mérték a 20135:1999 Magyar Szabvány alapján (MSZ 20135:1999). A talajok kationcsere kapacitásának (CEC) meghatározása Mehlich módosított módszerével (MSZ-08-0215:1978) történt.

<b>Paraméterek</b>	<b>Homok</b>	<b>Homok-vályog</b>	<b>Vályog</b>
pH-H <sub>2</sub> O	7,96	6,83	7,34
Szerves anyag (w/w%)	0,91	1,24	2,12
CaCO <sub>3</sub> (w/w%)	1,45	0,08	0,20
Összes-N (w/w%)	0,064	0,092	0,135
NH <sub>4</sub> -N (mg/kg)	1,4	2,3	3,9
NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)	4,7	2,3	14,2
AL-K <sub>2</sub> O (mg/kg)	74	174	176
AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	131	238	81
CEC (Na meq/100g)	9	17	37
Összes jód (mg/kg)	1,2	1,9	1,2

3. táblázat Az alkalmazott talajok fizikai és kémiai jellemzői

### 3.3. Növénynevelés és jódkezelés

A zöldbab (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Golden Goal), paradicsom (*Solanum lycopersicum* L. cv. Mano), burgonya (*Solanum tuberosum* L. cv. Balatoni rózsa), káposzta (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* cv. Zora), sárgarépa (*Daucus carota* L. var. *sativus* cv. Nantes-2) és zöldborsó (*Pisum sativum* L. var. Rajnai törpe) növények nevelését nyitott fóliasátorban, a HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont (HUN-REN ATK) őrbottyáni kísérleti telephelyén a HUN-REN ATK munkatársai végezték. A magok csíráztatása 3 hétig zajlott, melyet kereskedelmi forgalomban kapható táptalajba (VEGASCA Bio; Florasca) történő ültetés követett. A jóddal adagolt öntözővíz hatásait tenyészedény-kísérletben vizsgáltuk, mely során 10 literes edényeket használtunk. Minden edény aljára 4-8 mm vastag kavicsréteg került, amit szintetikus szálás szövet borított, majd ezt követően 10 kg talajt rétegeztünk rá.

A növénynevelés szabályozott és folyamatosan monitorozott környezeti viszonyok között történt, melynek adatait a 4. táblázatban, a tenyészidőszak és az öntözés részleteit pedig az 5. táblázatban foglaltam össze. A környezeti paraméterek monitorozása során az adatokat folyamatosan, óránként detektáltuk, mely átlageredményeket a 4. táblázatban mutatom be. A tenyészidőszakban a növényeket (beleértve a kontroll növényeket is) hetente öntöztük Hoagland-tápoldat (1. melléklet) és ivóvíz keverékével. A kísérletben felhasznált ivóvizet 0,5 m<sup>3</sup>-es tartályokban tároltuk a kijuttatás előtti klór koncentráció csökkentése érdekében. Az ültetést követő 3. héten kezdődött a jódot tartalmazó öntözővízzel történő locsolás, mely során az öntözővízhez a jódot kálium-jodid formájában adagoltuk 0,1 és 0,5 mg I/L koncentrációkban, majd automata öntözőrendszer juttatta el a növényekhez a szükséges vízmennyiséget. A jódot tartalmazó vizet két hetente cseréltük a tartályokban annak érdekében, hogy kiküszöböljük a koncentráció-változás okozta hibákat. A kísérletek során hat féle növényt termesztettünk három különböző típusú talajon, három kezelés alkalmazásával (kontroll, 0,1 és 0,5 mg I/L) és minden esetben három ismétlést végeztünk.

	<b>Zöldbab</b>	<b>Paradicsom</b>	<b>Burgonya</b>	<b>Káposzta</b>	<b>Sárgarépa</b>	<b>Zöldborsó</b>
<b>Nappali átlaghőmérséklet (°C)</b>	25,5 ± 3,3	26,6 ± 3,3	25,6 ± 3,5	25,5 ± 4	22,4 ± 8,0	21,2 ± 7,6
<b>Éjszakai átlaghőmérséklet (°C)</b>	18,3 ± 2,3	19,1 ± 2,3	18,1 ± 2,3	18,2 ± 3,4	14,6 ± 6,6	13,7 ± 6,3
<b>Fotoszintetikusan aktív sugárzás (W/m<sup>2</sup>)</b>	1045 ± 484	214 ± 92	240 ± 107	159 ± 43	155 ± 93	149 ± 91
<b>Páratartalom (%)</b>	70,2 ± 8,6	69,4 ± 8,1	69,7 ± 23,2	72,2 ± 23	72,5 ± 24,9	74,0 ± 24,6
<b>Talajnedvesség (% v/v)</b>	24 ± 3	22 ± 3	22 ± 6	22 ± 6	23 ± 2	23 ± 1

4. táblázat Növénynevelés során meghatározott környezeti paraméterek



	Zöldbab	Paradicsom	Burgonya	Káposzta	Sárgarépa	Zöldborsó
<b>Tenyészdőszak</b>	2018. május 23–július 24.	2018. május 24–augusztus 24.	2018. május 14–július 17.	2018. július 17–szeptember 25.	2019. április 11–június 20.	2019. április 4–június 20.
<b>Tenyészdőszak időtartalma (napok)</b>	63	88	78	71	85	78
<b>KI oldat (ml)</b>	7750	27125	10695	19065	11160	8680
<b>0,1 mg/L kezelés (mg)</b>	0,775	2,712	1,069	1,906	1,116	0,868
<b>0,5 mg/L kezelés (mg)</b>	3,875	13,562	5,347	9,532	5,580	4,340

5. táblázat Növénynevelés során alkalmazott tenyészdőszaki- és öntözési paraméterek



9. ábra Növénynevelés fóliasátorban, a HUN-REN ATK örbottyáni kísérleti telephelyén

### **3.4. Fotoszintetikus aktivitás és klorofilltartalom *in situ* meghatározása**

A növények leveleinek fotoszintetikus aktivitását (Fv/Fm) és klorofilltartalmát (CCI) a HUN-REN ATK TAKI munkatársai a betakarítás időszakban határozták meg, a sárgarépa esetében ezek a paraméterek a levél szerkezete miatt *in situ* nem voltak mérhetőek. A fotoszintetikus aktivitást a II. fotorendszer (PSII) kvantumhatékonyságának mérésével állapították meg Os30p+ kézi klorofill fluorométer segítségével (Opti-Sciences, Hudson, USA). A jódkezelés által okozott potenciális stressz megállapítására kiszámolták a PSII fotorendszer maximális kvantum hatásfokát, melyből következtetni tudunk a növény fotoszintetikus kapacitására. A kifejlett, legfiatalabb levelek klorofill-tartalmát *in situ* CCM-200 plus klorofill-tartalom mérővel határozták meg (Opti-Sciences, Hudson, USA).

### **3.5. Minta-előkészítés**

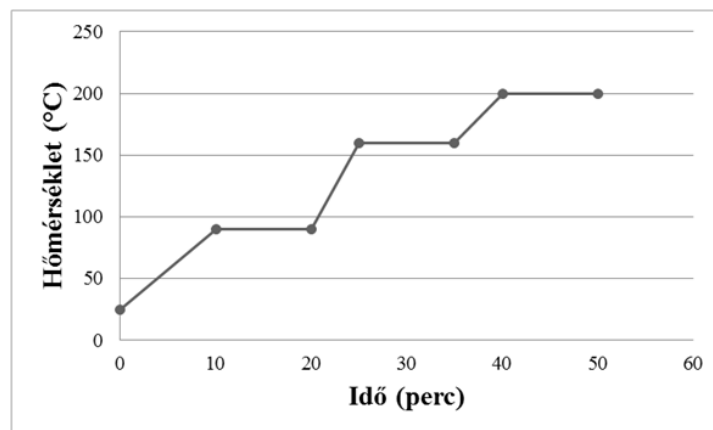
A növénynevelést követően elvégeztük a növények aratását, valamint az egyes növényi részek nedves tömegeinek meghatározását, majd további vizsgálatok céljából a minták beszállításra kerültek a HUN-REN ÖK VÖI analitikai laboratóriumába. A növényeket ioncserélt vízzel mostuk le és a különböző növényi részeket [gyökér, hajtás (szár + levél), termés] elkülönítettük. A növények gyökér és hajtás részeit 40°C-on 48 órán keresztül szárítottuk laboratóriumi szárítószekrényben, míg az ehető növényi részeket liofilizáltuk (72 óra, -70°C; 200 Pa). Ezt követően az egyes növényi részek száraz tömege került meghatározásra. A szárított minták homogenizálását háztartási darálógéppel végeztük el, mely műanyag borítással és acélmentes pengékkel rendelkezett. A homogenizált, szárított növénymintákat centrifugacsövekben és szobahőmérsékleten, a nagyobb nedvességtartalmú, liofilizálásnak alávetett mintákat pedig fagyasztószekrényben tároltuk a minta-előkészítés következő lépéséig.

A homogenizált növényminták mikrohullámmal elősegített savas roncsolását a *10. ábrán* látható Analytik Jena mikrohullámú feltáró berendezéssel végeztük, amely lehetővé tette a feltárás hőmérséklet, illetve nyomás viszonyainak program szerinti szabályozását. A készülékbe 12 teflonbomba helyezhető el, melyekből egyet minden esetben műveleti vakminta céljára használtunk. Növényenként 400-500 mg mintához 7 ml 67%-os salétromsavat, majd 3 ml 30%-os hidrogén-peroxidot mértünk be. A minták feltárása során az *11. ábrán* bemutatott hőmérsékletprogramot használtuk. A feltáró program befejeztével 20 perces ventilláció következett, mely a feltáró edények lehűlését

biztosította. Kinyitásokat a túlnyomás és a nitrózus gázok keletkezése miatt, elszívó fülke alatt végeztük. A feltárt mintákat az elemanalitikai vizsgálatokhoz szükséges, fémszennyező-mentes polipropilén centrifugacsövekbe öntöttük, a feltáró edények nagytisztaságú ioncserélt vízzel történő többszöri átöblítésével.



10. ábra TOPwave típusú mikrohullámmal elősegített feltáró berendezés



11. ábra Feltáró berendezés hőmérsékletprogramja

### 3.6. Növényminták jód és tápelem koncentrációinak meghatározása

A roncsolást követően elvégeztük a minták hígítási lépéseit, mely során a hajtás és a termés részek feltárt oldataiból 10x-100x (jód-tápelemek), a gyökér részeken pedig 50x-500x (jód-tápelemek) hígításokat készítettünk. A kalibrációs és a feltárást követő hígított oldatokhoz szkandium, ittrium és indium keverékét tartalmazó belső standard oldatot adagoltunk, 20 µg/L koncentrációt beállítva. Elemanalitikai vizsgálatainkat a 12. ábrán látható Analytik Jena PlasmaQuant MS Elite típusú ICP-MS rendszerrel végeztük, a készülék működési paramétereit a 6. táblázatban tüntettem fel. Az elemanalitikai

mérések pontosságát paradicsomlevél referenciaanyag elemzésével (n=3) ellenőriztük, a visszanyerési értékeket pedig 2. mellékletben tüntettem fel.



12. ábra PlasmaQuant Elite típusú induktív csatolású plazma tömegspektrométer

<b>Plazmateljesítmény</b>	1290 W
<b>Külső gáz (Ar) áramlási sebessége</b>	7,50 L/perc
<b>Közbenső gáz (Ar) áramlási sebessége</b>	1,50 L/perc
<b>Aeroszol vivőgáz (Ar) sebessége</b>	1,00 L/perc
<b>Reakciógáz (H<sub>2</sub>) sebessége</b>	90 ml/perc
<b>Reakciógáz (He) sebessége</b>	110 ml/perc
<b>Minta beadagolás sebessége</b>	0,30 ml/perc
<b>Porlasztó típusa</b>	Meinhard mikrokoncentrikus
<b>Ködkamra típusa</b>	double-pass
<b>Mintavevő (sampler) kónusz</b>	anyaga: Ni
	furat átmérője: 1,1 mm
<b>Merítő (skimmer) kónusz</b>	anyaga: Ni
	furat átmérője: 0,5 mm
<b>Analitikai izotóp</b>	<sup>11</sup> B; <sup>31</sup> P; <sup>26</sup> Mg; <sup>55</sup> Mn; <sup>56</sup> Fe, <sup>63</sup> Cu; <sup>66</sup> Zn; <sup>127</sup> I
<b>Belső standardok</b>	<sup>45</sup> Sc; <sup>89</sup> Y; <sup>115</sup> In
<b>Adatgyűjtési mód</b>	peak jumping
<b>Integrálások száma mintánként</b>	5 x 20
<b>Integrálási idő</b>	50 ms

6. táblázat Induktív csatolású plazma tömeg-spektrométer működési paraméterei

### ***3.7. Statisztikai kiértékelés***

Az adatok statisztikai elemzése R statisztikai szoftverrel (R Core Team 2019) történt. Az adatok átlagát és szórását (SD) megjelenítő vonaldiagramok a „ggpubr” csomaggal készültek (Kassamara 2019). A kezelési dózisokat, talajtípusokat és ezek kölcsönhatásait az átlagos fotoszintetikus aktivitásra, a növények növekedésére, jód és tápelem koncentrációira, valamint az egyes növényi részek közötti eloszlására lineáris modellekkel hasonlítottuk össze. A post-hoc páronkénti összehasonlítást Tukey teszttel végeztük, a „multcomp” csomag „glht” függvényének alkalmazásával (Hothorn és mtsai. 2008).

## 4. Kísérleti eredmények

### 4.1 Fotoszintetikus aktivitás és klorofill koncentráció

Kísérleti munkánk első lépése a levelek fotoszintetikus aktivitásának (Fv/Fm) és klorofilltartalmának (CCI) a 3.4. fejezetben ismertetett, *in situ* mérési módszerekkel történő meghatározása volt. A 4.1.1-4.1.5 fejezetekben a három különböző talajon nevelt, 5 növény átlagos (n=3) Fv/Fm és CCI értékeit, továbbá a hozzájuk tartozó szórás értékeket (RSD%) mutatom be, a felső indexben található betűk a jódkezelések közötti, statisztikai különbségeket jelölik. A fotoszintetikus aktivitás és a klorofilltartalom méréseinek párhuzamos eredményeit a 3-7. mellékletekben tüntettem fel. A sárgarépa esetében a levél szerkezeti felépítése miatt ezen paraméterek meghatározására nem volt lehetőség.

#### 4.1.1. Zöldbab

A zöldbab növények leveleinek fotoszintetikus aktivitását és klorofilltartalmát a 7. táblázatban tüntettem fel.

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Fotoszintetikus aktivitás (Fv/Fm)	Klorofilltartalom (CCI)
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	0,735 <sup>a</sup> (2)	18,1 <sup>a</sup> (48)
	0,1 mg/L	0,730 <sup>a</sup> (11)	11,5 <sup>a</sup> (26)
	0,5 mg/L	0,778 <sup>a</sup> (1)	15,4 <sup>a</sup> (14)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	0,764 <sup>a</sup> (4)	20,6 <sup>a</sup> (7)
	0,1 mg/L	0,785 <sup>a</sup> (4)	17,8 <sup>a</sup> (9)
	0,5 mg/L	0,793 <sup>a</sup> (1)	23,1 <sup>a</sup> (24)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	0,773 <sup>a</sup> (3)	19,1 <sup>a</sup> (21)
	0,1 mg/L	0,798 <sup>a</sup> (2)	25,0 <sup>a</sup> (22)
	0,5 mg/L	0,768 <sup>a</sup> (5)	21,0 <sup>a</sup> (21)

7. táblázat Jódtartalmú öntözővízzel locsolt, három különböző talajon nevelt zöldbab leveleinek átlagos fotoszintetikus aktivitása és klorofilltartalma ( $p < 0,05$ ; lineáris regresszió és Tukey test)

A kontroll növények leveleinek Fv/Fm arányai homoktalajon 0,735, homok-vályog talajon 0,764, vályog talajon pedig 0,773 értékeknek adódtak, míg a kezelt növényeknél ezen értékek 0,730 és 0,798 között változtak. A homok-vályog talajon nevelt növények

leveleinek Fv/Fm aránya mindkét alkalmazott jóddózis mellett nőtt a kontroll növények leveleihez képest. A homoktalajon nevelt zöldbab esetén 0,1 mg/L jód koncentrációnál csökkenést, 0,5 mg/L jód koncentrációnál pedig növekedést, míg a vályog talajon ennek a tendenciának a fordítottját tapasztaltuk. Az Fv/Fm arányokat a talajtípus és a jóddal adagolt öntözővíz szignifikánsan nem befolyásolta.

A homoktalajon mindkét kezelés mellett, a homok-vályog talajon pedig 0,1 mg I /L koncentráció mellett csökkent a zöldbab leveleinek klorofilltartalma a kontroll növények leveleihez képest, azonban a vályog talajon mindkét alkalmazott koncentrációnál és a homok-vályog talajon 0,5 mg/L öntözővízbeli jód koncentrációnál növekedést tapasztaltunk. Az Fv/Fm arányokhoz hasonlóan, a klorofill koncentrációk változásai sem bizonyultak szignifikánsnak sem a talajtípusok, sem az alkalmazott jóddózisok tekintetében.

#### 4.1.2. Paradicsom

A paradicsomlevelek fotoszintetikus aktivitását és klorofilltartalmát a 8. táblázatban mutatom be.

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Fotoszintetikus aktivitás (Fv/Fm)	Klorofilltartalom (CCI)
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	0,786 <sup>a</sup> (1)	12,5 <sup>a</sup> (24)
	0,1 mg/L	0,792 <sup>a</sup> (1)	14,0 <sup>a</sup> (6)
	0,5 mg/L	0,783 <sup>a</sup> (2)	16,9 <sup>a</sup> (9)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	0,792 <sup>a</sup> (0,8)	10,9 <sup>a</sup> (8)
	0,1 mg/L	0,810 <sup>a</sup> (2)	21,0 <sup>a</sup> (37)
	0,5 mg/L	0,791 <sup>a</sup> (1)	19,3 <sup>a</sup> (22)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	0,771 <sup>a</sup> (3)	16,0 <sup>a</sup> (53)
	0,1 mg/L	0,777 <sup>a</sup> (2)	19,3 <sup>a</sup> (48)
	0,5 mg/L	0,745 <sup>a</sup> (3)	15,5 <sup>a</sup> (12)

8. táblázat Jódtartalmú öntözővízzel locsolt, három különböző talajon nevelt paradicsom leveleinek átlagos fotoszintetikus aktivitása és klorofilltartalma ( $p < 0,05$ ; lineáris regresszió és Tukey test)

A kontroll növényi levelek II. fotorendszerének Fv/Fm arányai homoktalajon 0,786, homok-vályog talajon 0,792, vályog talajon pedig 0,771 értékek voltak. A kezelt növények leveleinél ezen értékek 0,745 és 0,810 között változtak, melyet a különböző

jódkezelések szignifikánsan nem befolyásoltak, azonban homok és homok-vályog talajokban nagyobb értékeket tapasztaltunk, mint a vályog talajon nevelt növények esetén. A paradicsomlevelek Fv/Fm arányai mindhárom talajtípus esetén 0,1 mg I/L koncentrációnál növekedést mutattak, míg 0,5 mg/L jód koncentráció mellett csökkenés volt jellemző a kontroll növényekhez képest.

A paradicsom leveleinek klorofilltartalma homok és homok-vályog talajokon nőtt a kontroll mintákhoz képest, míg vályog talaj esetén a 0,5 mg/L jódkezelés mellett csökkenést tapasztaltunk, azonban ezek a változások nem bizonyultak statisztikailag szignifikánsnak.

#### 4.1.3. Burgonya

A burgonya leveleinek fotoszintetikus aktivitása és klorofilltartalma a 9. táblázatban láthatóak.

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Fotoszintetikus aktivitás (Fv/Fm)	Klorofilltartalom (CCI)
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	0,667 <sup>a</sup> (4)	11,1 <sup>a</sup> (9)
	0,1 mg/L	0,716 <sup>a</sup> (4)	15,4 <sup>a</sup> (22)
	0,5 mg/L	0,691 <sup>a</sup> (8)	16,5 <sup>a</sup> (10)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	0,734 <sup>a</sup> (6)	13,1 <sup>a</sup> (17)
	0,1 mg/L	0,693 <sup>a</sup> (1)	11,3 <sup>a</sup> (8)
	0,5 mg/L	0,728 <sup>a</sup> (6)	11,6 <sup>a</sup> (17)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	0,726 <sup>a</sup> (6)	19,0 <sup>a</sup> (11)
	0,1 mg/L	0,747 <sup>a</sup> (4)	25,4 <sup>a</sup> (5)
	0,5 mg/L	0,731 <sup>a</sup> (5)	22,3 <sup>a</sup> (19)

9. táblázat Jódtartalmú öntözővízzel locsolt, három különböző talajon nevelt burgonya leveleinek átlagos (RSD%) fotoszintetikus aktivitása és klorofilltartalma ( $p < 0,05$ ; lineáris regresszió és Tukey test)

A kontroll burgonyalevelek Fv/Fm arányai homoktalajon 0,667, homok-vályog talajon 0,734, vályog talajon pedig 0,726 értékeknek adódtak, míg a kezelt növényeknél ezen értékek 0,691 és 0,747 között változtak, melyet sem a talaj típusa, sem a különböző jódkezelések nem befolyásoltak szignifikánsan. A homok és vályog talajokban termesztett burgonyanövények leveleinek Fv/Fm arányai mindkét alkalmazott jóddózis



esetén nőttek, míg a homok-vályog talajnál ezek az értékek csökkentek a kontroll növényekhez képest.

A homok és homok-vályog talajokon termesztett burgonyanövények levelei esetén kisebb klorofill koncentráció értékeket tapasztaltunk, mint a vályog talajon nevelt növényeknél, azonban ezek a különbségek az alkalmazott jódkoncentrációk tekintetében szintén nem voltak szignifikánsak. A jódkezelések tekintetében elmondható, hogy az Fv/Fm arányokhoz hasonlóan a homok és vályog talajokon mindkét jód kezelésnél növekedés, míg a homok-vályog talajon csökkenés volt jellemző.

#### 4.1.4. Káposzta

A káposzta leveleinek fotoszintetikus aktivitását és klorofilltartalmát a 10. táblázat tartalmazza.

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció	Fotoszintetikus aktivitás (Fv/Fm)	Klorofilltartalom (CCI)
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	0,831 <sup>a</sup> (0,3)	20,9 <sup>a</sup> (20)
	0,1 mg/L	0,819 <sup>a</sup> (0,9)	23,6 <sup>a</sup> (10)
	0,5 mg/L	0,818 <sup>a</sup> (1)	26,5 <sup>a</sup> (40)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	0,826 <sup>a</sup> (1,4)	24,4 <sup>a</sup> (29)
	0,1 mg/L	0,835 <sup>a</sup> (0,8)	27,2 <sup>a</sup> (13)
	0,5 mg/L	0,817 <sup>a</sup> (1)	23,8 <sup>a</sup> (21)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	0,821 <sup>a</sup> (3)	33,0 <sup>a</sup> (49)
	0,1 mg/L	0,837 <sup>a</sup> (0,3)	29,2 <sup>a</sup> (16)
	0,5 mg/L	0,843 <sup>a</sup> (5)	32,8 <sup>a</sup> (56)

10. táblázat Jódtartalmú öntözővízzel locsolt, három különböző talajon nevelt káposzta leveleinek átlagos (RSD%) fotoszintetikus aktivitása és klorofilltartalma ( $p < 0,05$ ; lineáris regresszió és Tukey test)

A kontroll káposzták levelei esetén homoktalajon 0,831, homok-vályog talajon 0,826, vályog talajon pedig 0,821 Fv/Fm értékeket mértünk, míg a kezelt növényekben a II. fotorendszer Fv/Fm aránya 0,817 és 0,843 között változott, melyet statisztikailag a különböző jódkezelések nem befolyásoltak. A káposztalevelek Fv/Fm arányai homoktalajon kizárólag csökkenést, míg vályog talajon kizárólag növekedést mutattak a kontroll mintákhoz képest. Homok-vályogtalajon nevelt növények esetén 0,1 mg I/L jódkezelés mellett növekedést, míg 0,5 mg I/L dózis mellett csökkenést figyeltünk meg.

A káposztalevelek klorofilltartalmát tekintve homoktalajon mindkét jódkezelés növekedést eredményezett a kontroll mintákhoz képest, míg a homok-vályog és vályog talajok esetén 0,5 mg/L öntözővízbeli jód koncentráció mellett csökkenést tapasztaltunk, azonban ezek a változások szintén nem bizonyultak szignifikánsak.

#### 4.1.5. Zöldborsó

A zöldborsó leveleinek fotoszintetikus aktivitása és klorofilltartalma 11. táblázatban szerepelnek.

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Fotoszintetikus aktivitás (Fv/Fm)	Klorofilltartalom (CCI)
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	0,772 <sup>a</sup> (5)	19,9 <sup>a</sup> (11)
	0,1 mg/L	0,791 <sup>a</sup> (1)	19,7 <sup>a</sup> (34)
	0,5 mg/L	0,777 <sup>a</sup> (2)	30,1 <sup>a</sup> (49)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	0,762 <sup>a</sup> (7)	22,2 <sup>a</sup> (55)
	0,1 mg/L	0,782 <sup>a</sup> (3)	21,8 <sup>a</sup> (17)
	0,5 mg/L	0,673 <sup>a</sup> (22)	21,4 <sup>a</sup> (104)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	0,799 <sup>a</sup> (1)	24,2 <sup>a</sup> (13)
	0,1 mg/L	0,799 <sup>a</sup> (6)	11,6 <sup>a</sup> (21)
	0,5 mg/L	0,724 <sup>a</sup> (6)	13,4 <sup>a</sup> (27)

11. táblázat Jódtartalmú öntözővízzel locsolt zöldborsó leveleinek átlagos fotoszintetikus aktivitása és klorofilltartalma három különböző talajon ( $p < 0,05$ ; lineáris regresszió és Tukey test)

A kontroll zöldborsólevelek Fv/Fm arányai homoktalajon 0,772, homok-vályog talajon 0,762, vályog talajon pedig 0,799 értékeknek adódtak, míg a kezelt növényekben Az Fv/Fm aránya 0,673 és 0,799 között változott, mely értékeket a jódkezelések szignifikánsan nem befolyásolták. A kontroll minták leveleihez képest a kezelt növények Fv/Fm arányai homoktalajon kizárólag növekedtek, vályog talajon pedig 0,5 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazásánál csökkenés volt jellemző. Homok-vályog talajon 0,1 mg I/L dózisonál növekedést tapasztaltunk, a 0,5 mg/L jóddózis viszont csökkenést eredményezett.

Homok talajon a zöldborsó leveleinek klorofilltartalma jelentősen nőtt a kontroll mintákhoz képest 0,5 mg/L öntözővízbeli jód koncentráció alkalmazásával, míg a vályog talaj esetén jelentős csökkenést tapasztaltunk. Homok-vályog talajon a CCI értékek kis

mértékben csökkentek a kezelt zöldbabnövények leveleiben a kontroll növényekhez képest.

#### *4.1.6 Az 5 növény esetében meghatározott fotoszintetikus aktivitás és klorofill-a koncentrációk egymással és irodalmi adatokkal történő összehasonlítása*

Az 5 vizsgált növény fotoszintetikus aktivitását (Fv/Fm) és klorofill-a (CCI) koncentrációját tekintve összességében megállapítható, hogy a kontroll növények leveleihez képest csekély mértékű változásokat tapasztaltunk az alkalmazott jódkezelés függvényében, azonban ezen változások egyike sem bizonyult statisztikailag szignifikánsnak.

A kontroll növényleveleknél az alábbi sorrendet tudtuk felállítani a II. fotokémiai rendszer Fv/Fm arányai alapján: burgonya < zöldbab < zöldborsó < paradicsom < káposzta. A jóddal kezelt növények esetén szintén a burgonyában és a káposztában mértük a legkisebb és legnagyobb Fv/Fm arányokat, azonban a kontroll növényeknél felállított sorrendtől eltérően a zöldbablevelekben (0,730-0,798) nagyobb Fv/Fm arányokat tapasztaltunk, mint a zöldborsó (0,673-0,799) leveleiben.

A kontroll levelek klorofill-a koncentrációja esetén a legkisebb értékeket a paradicsomnál (10,9-16,0), a legnagyobb értékeket pedig a káposztánál (20,9-33,0) detektáltuk. A jódkezelés során a kontroll növényekhez hasonlóan a káposzta leveleiben mértük a legnagyobb (23,6-32,8) koncentrációkat, azonban a legkisebbeket (11,3-25,4) a burgonya leveleiben.

A szakirodalomban nem található olyan tanulmány, mely az általunk vizsgált növények jódfelvételét és klorofill-a koncentrációját együttesen vizsgálná, a fotokémiai aktivitás tekintetében pedig kizárólag egy, a zöldborsó jódfelvételét feldolgozó kutatásban tanulmányozták a PSII fotokémiai rendszer fotokémiai hatékonyságát. A 2017-es kísérletben borsómagokat kálium-jodid és kálium-jodát tartalmú (1000 mg I/L) oldatokban áztattak, mely során a kifejlődött zöldborsólevelek Fv/Fm aránya 0,79 és 0,82 között mozgott és eredményeik alapján megállapították, hogy az alkalmazott jódkezelés nem befolyásolta a zöldborsó leveleinek egészséges fejlődését (Jerše és mtsai. 2017). Saját eredményeinket tekintve a zöldborsó levelekben csekély mértékben kisebb, 0,673 és 0,799 közötti Fv/Fm arányokat tapasztaltunk, azonban fontos hangsúlyozni, hogy a két kutatás mind a kezelés módjában, mind az alkalmazott jód koncentrációkban jelentősen

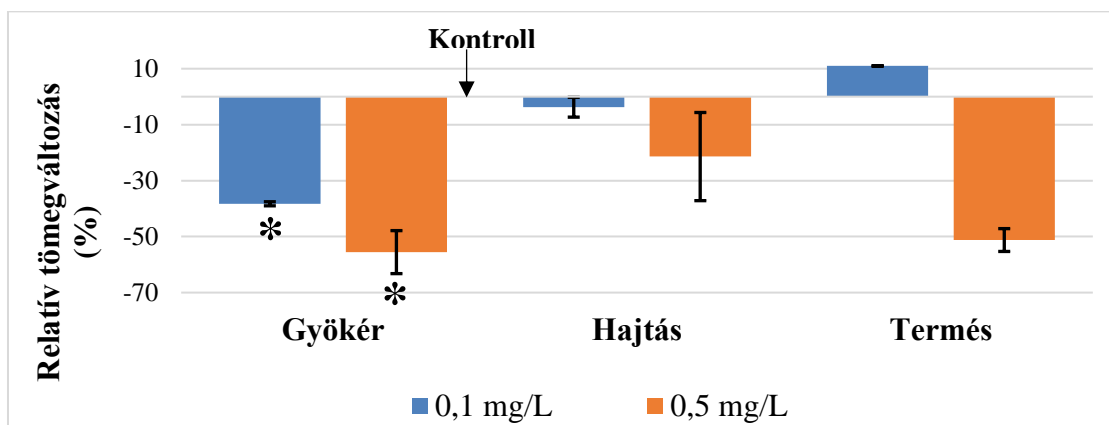
különbözik, így összességében elmondható, hogy a jódkezelés egyik kísérletben sem hatott negatívan a növények levélfejlődésére vonatkozóan.

#### 4.2. Növényi részek száraz tömege

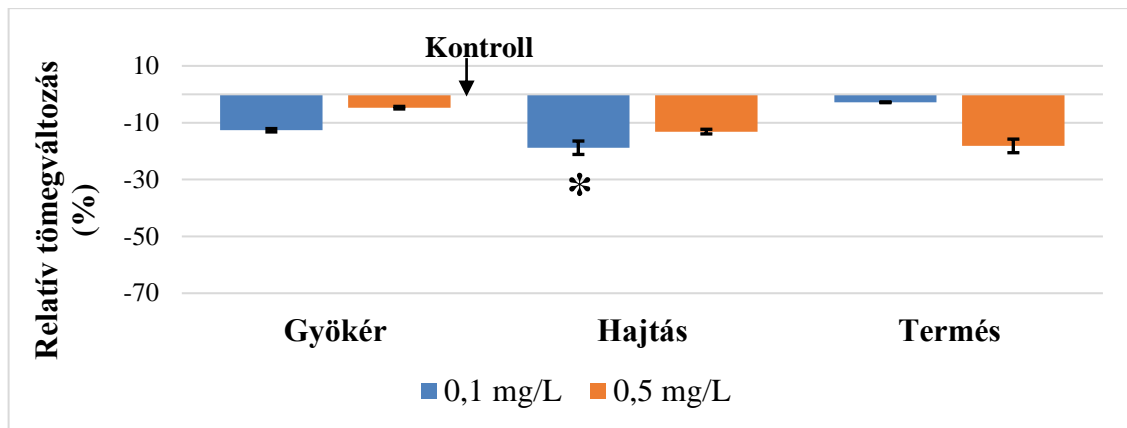
Az egyes növényi részek száraz tömegeinek meghatározását a 3.5 fejezetben leírtak szerint végeztem, melyek párhuzamos méréseinek eredményeit a 8-19. mellékletekben tüntettem fel. A 4.2.1-4.2.6 fejezetekben a három talajon nevelt 6 növény különböző részeinek kontrollhoz viszonyított tömegváltozásainak eltéréseit mutatom be százalékban kifejezve, a kontroll és a jóddal kezelt növények közötti statisztikai adatokat pedig a 20-25. mellékletek tartalmazzák.

##### 4.2.1. Zöldbab

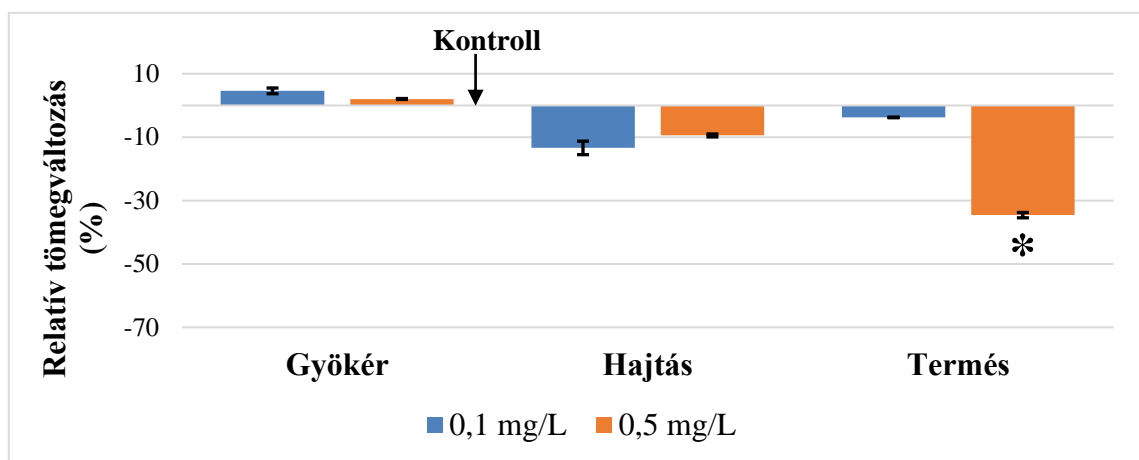
A zöldbab növényi részek átlag száraz tömegeinek relatív változásait az öntözővíz jód koncentrációjának függvényében, a 13-15. ábrán mutatom be homok, homok-vályog és vályog talajokon.



13. ábra Homok talajon nevelt zöldbabnövények különböző részeinek relatív tömegváltozásai. A statisztikailag szignifikáns változásokat csillag jelöli.



14. ábra Homok-vályog talajon nevelt zöldbabnövények különböző részeinek relatív tömegváltozása. A statisztikailag szignifikáns változásokat csillag jelöli.



15. ábra Vályog talajon nevelt zöldbabnövények különböző részeinek relatív tömegváltozása. A statisztikailag szignifikáns változásokat csillag jelöli.

A kontroll zöldbabnövények gyökereinek száraz tömeg értékei az alábbi sorrendet követték a talajtípus függvényében: homok-vályog < vályog < homok. A kontroll mintáknál megfigyelt sorrend a jóddal kezelt növények esetén is hasonlóan alakult mindkét alkalmazott jód koncentráció mellett. A jóddal adagolt öntözővízzel kezelt növények gyökérének száraz tömege homok (38-56%) és homok-vályog (5-13%) talajokon csökkent a kontroll minták tömegéhez képest, míg vályog (2-5%) talajon minimális növekedést tapasztaltunk, azonban ezen változások csak a homoktalajon nevelt növények esetén bizonyultak szignifikánsnak.

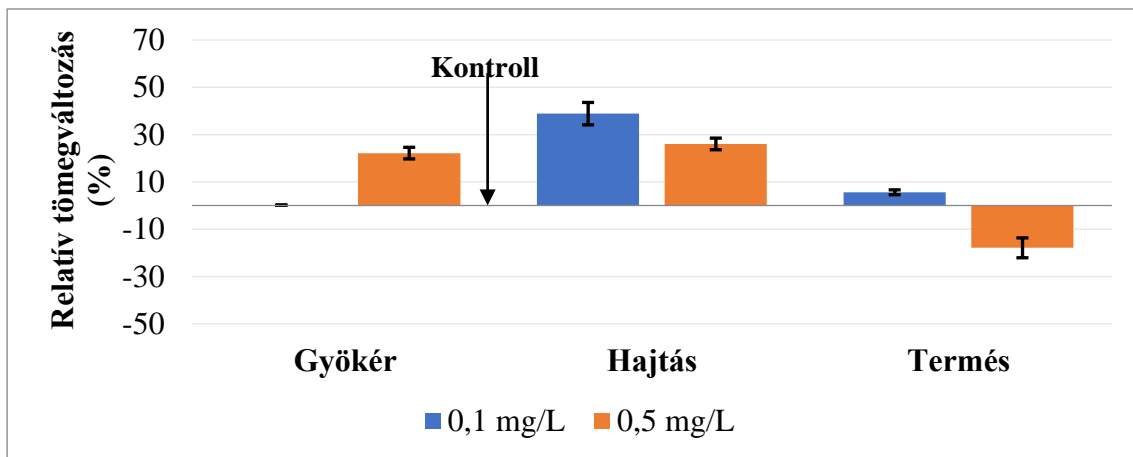
A kontroll zöldbabhajtások száraz tömegeinél a legkisebb tömeg értékeket a homok-vályog talajnál, míg a legnagyobbat a homoktalajban nevelt növényeknél mértük. A 0,1 mg I/L jóddózissal kezelt babnövények hajtás részeit tekintve elmondható, hogy a gyökérhez hasonlóan a homok-vályog talajon termesztett növényeknél mértük a

legkisebb értékeket, azonban a 0,5 mg/L jód koncentráció mellett a homok és vályog talajokok mért tömeg értékek között nem volt eltérés. Mindhárom talajtípus és mindkét alkalmazott jódkezelés során a kontroll növényekhez képest biomassza-csökkenést (4-21%) tapasztaltunk, mely kizárólag a homok-vályog talajban, 0,1 mg I/L jódkezelésnél bizonyult szignifikánsnak.

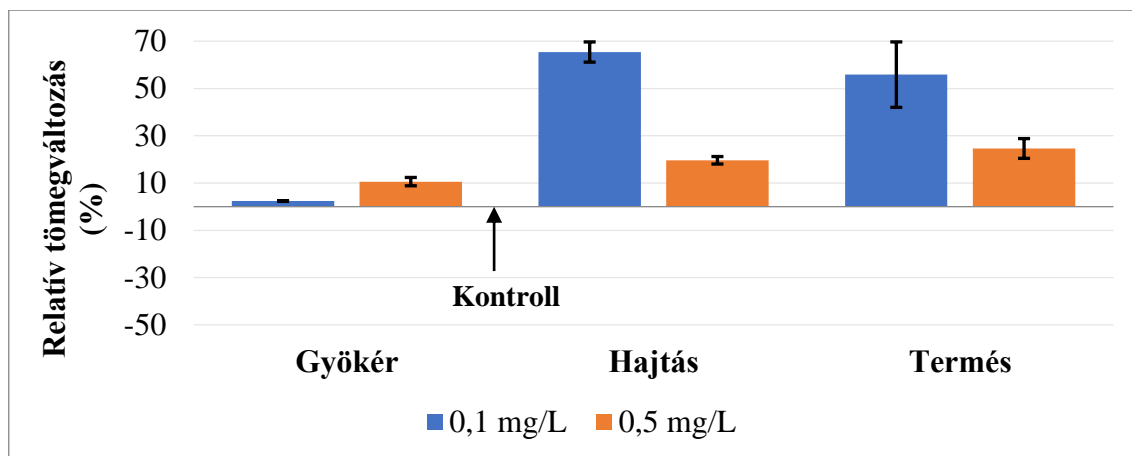
A homoktalajon termesztett kontroll növények terméseinek száraz tömege – a másik két növényi résztől eltérően – bizonyult a legkisebbnek, a legnagyobb tömeget pedig a homok-vályog talajnál tapasztaltuk. Homoktalajon 0,1 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazásával 11%-kal nőtt, azonban 0,5 mg I/L kezelés mellett 51, 18 és 35%-kal csökkentek az értékek homok, homok-vályog és vályog talajokon. A zöldbabtermések tömegének csökkenése kizárólag 0,5 mg/L öntözővízbeli jód koncentráció mellett, vályog talajon volt szignifikáns.

#### 4.2.2. Paradicsom

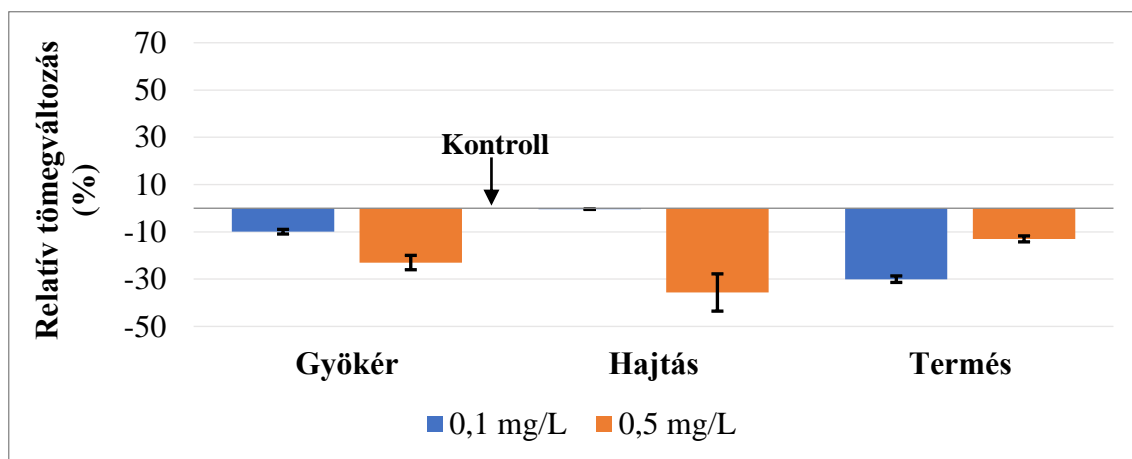
A különböző paradicsom növényi részek átlag száraz tömegeinek relatív változásai a kontroll mintákhoz képest az öntözővízhez adagolt jód koncentrációk függvényében, a 16-18. ábrán szerepelnek.



16. ábra Homok talajon nevelt paradicsomnövények különböző részeinek relatív tömegváltozásai. A statisztikailag szignifikáns változásokat csillag jelöli.



17. ábra Homok-vályog talajon nevelt paradicsomnövények különböző részeinek relatív tömegváltozásai. A statisztikailag szignifikáns változásokat csillag jelöli.



18. ábra Vályog talajon nevelt paradicsomnövények különböző részeinek relatív tömegváltozásai. A statisztikailag szignifikáns változásokat csillag jelöli.

A kontroll paradicsom gyökereinek száraz tömeg értékei az alábbi sorrendben változtak a különböző talajtípusok között: homok-vályog < homok < vályog. A kontroll növényekre jellemző sorrend a 0,1 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazása mellett is ugyan így alakult, azonban 0,5 mg I/L dózisonál a homoktalajon termesztett növényeknél mértük a legnagyobb tömeg értékeket. A gyökér száraz tömege homok (22%) és homok-vályog (2-11%) talajokon növekedést mutatott a kontroll mintákhoz képest, míg vályog (10-23%) talajon csökkenést tapasztaltunk, azonban szignifikáns változások nem voltak jellemzőek.

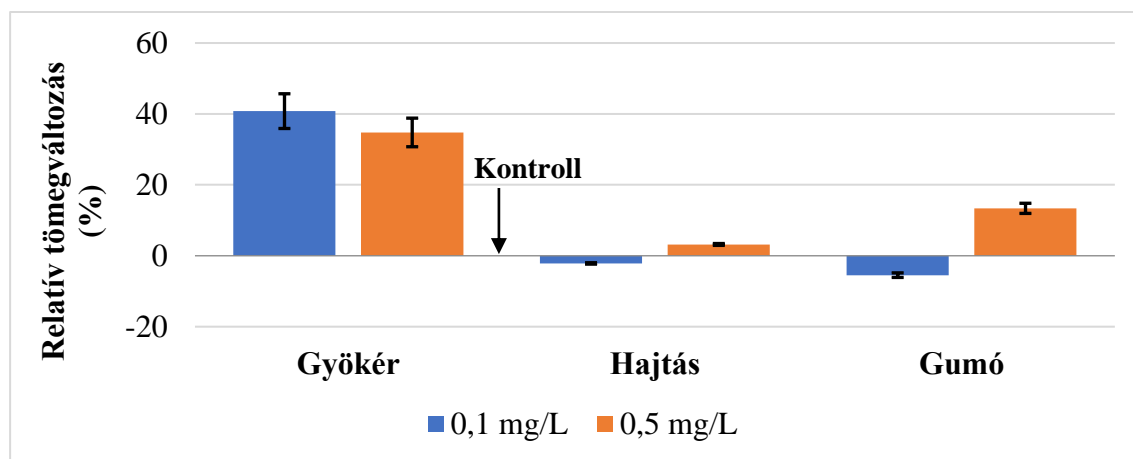
A kontroll hajtás részek tekintetében homoktalajon voltak jellemzőek a legkisebb tömegek, míg vályog talajon a legnagyobbak. 0,1 mg/L jódkezelésnél vályog < homok < homok-vályog, míg 0,5 mg I/L-nél vályog < homok-vályog < homok sorrendek szerint mértünk növekvő tömeg értékeket. A kezelt növények hajtásainak

biomassza-termelése homok (26-39%) és homok-vályog (20-65%) talajon nőtt, míg a vályog (36%) talajban termesztett növények esetén csökkenés volt megfigyelhető, azonban szignifikáns különbségek nem voltak az egyes kezelések között.

A legnagyobb száraz tömeg értékeket a kontroll paradicsom termékek esetén homoktalajon, a legkisebbet pedig homok-vályog talajon tapasztaltuk. Ezen értékek 0,1 mg/L jód koncentráció mellett a vályog talajon bizonyultak a legkisebbnek, homoktalajon pedig a legnagyobbak. 0,5 mg/L jódkezelés mellett az alábbi sorrend szerint nőttek a termékek biomassza értékei: homok-vályog < vályog < homok. A homoktalajon termesztett, jóddal adagolt öntözővízzel kezelt paradicsomnövények terméseinek száraz tömege 0,1 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazásával 6%-kal nőtt, azonban 0,5 mg I/L kezelés mellett 18%-kal csökkent a kezeletlen mintákhoz képest, míg homok-vályog talajon a termékek tömege 25 és 56%-kal nőtt, vályog talajban pedig 13 és 30%-os csökkenést figyeltünk meg 0,1 és 0,5 mg I/L jódkezelés mellett. Statisztikailag szignifikáns változásokat az előző két növényi részhez hasonlóan, a termésnél sem tapasztaltunk.

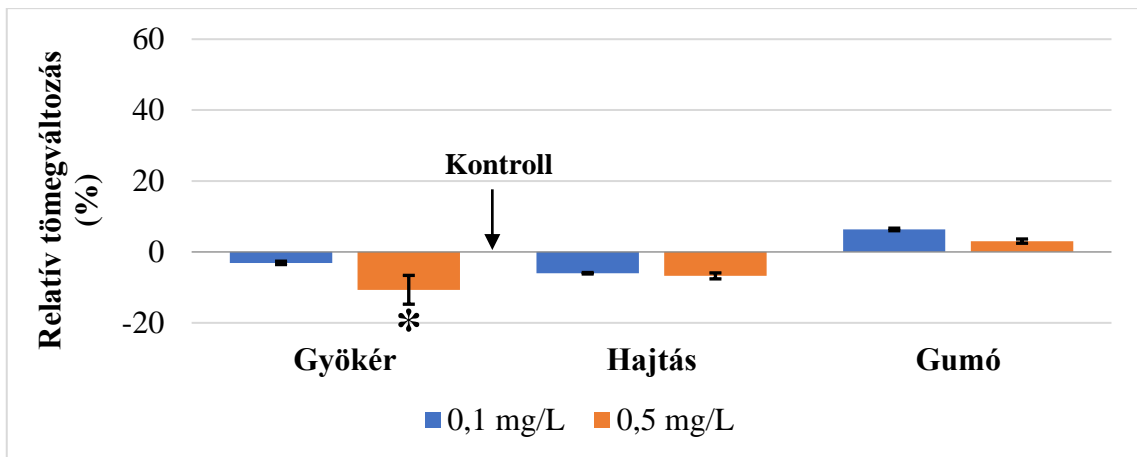
#### 4.2.3. Burgonya

A burgonya növényi részek átlag száraz tömegeinek relatív változásait a kontroll növényekhez képest az öntözővízhez adagolt jód koncentrációk függvényében, a 19-21. ábrán mutatom be.

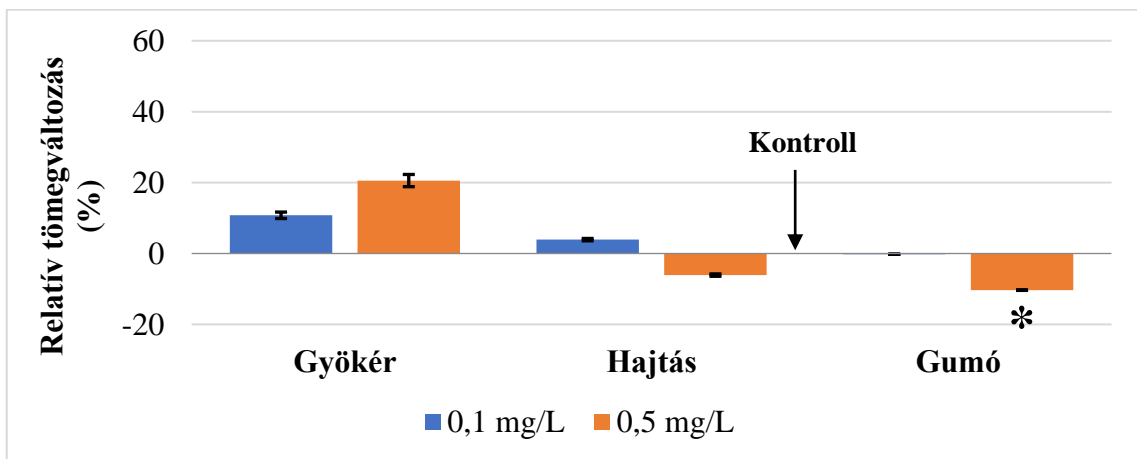


19. ábra Homok talajon nevelt burgonyanövények különböző részeinek relatív tömegváltozásai. A statisztikailag szignifikáns változásokat csillag jelöli.





20. ábra Homok-vályog talajon nevelt burgonyanövények különböző részeinek relatív tömegváltozásai. A statisztikailag szignifikáns változásokat csillag jelöli.



21. ábra Vályog talajon nevelt burgonyanövények különböző részeinek relatív tömegváltozásai. A statisztikailag szignifikáns változásokat csillag jelöli.

A kontroll burgonya gyökér száraz tömeg értékei az alábbi sorrendben változtak a különböző talajtípusok között: homok-vályog < homok < vályog, azonban a jóddal adagolt öntözővízzel kezelt növények gyökerének száraz tömege homoktalajon bizonyult a legnagyobbknak. A kezelt növények gyökerei homok (35-41%) és vályog (11-21%) talajokon növekedést mutattak a kontroll mintákhoz képest, míg homok-vályog (3-11%) talajon csökkenést tapasztaltunk, azonban a tömegváltozás csak homok-vályog talajon, 0,5 mg I/L dózisonál volt statisztikailag szignifikáns (22. melléklet).

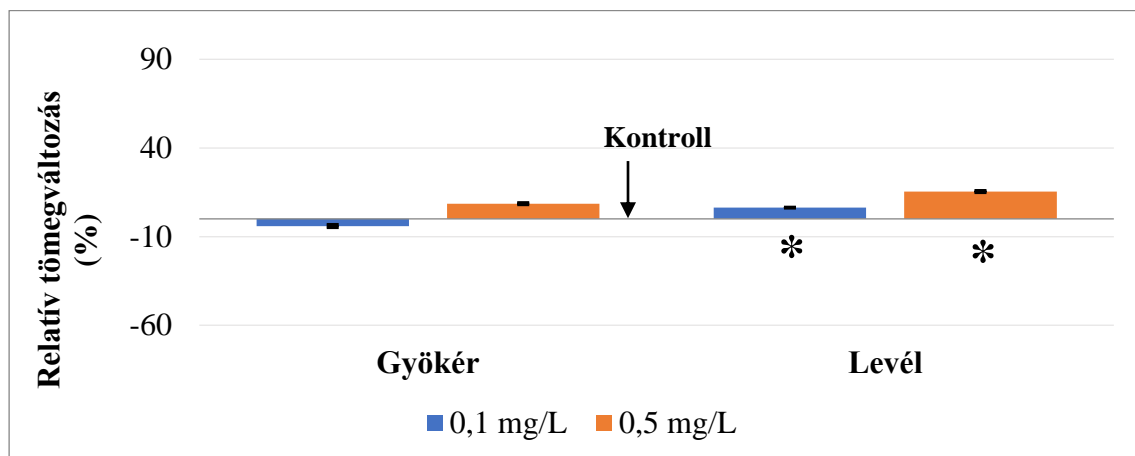
A hajtás részek száraz tömege mind a kontroll, mind a kezelt növények esetén a homok-vályog talajon volt a legkisebb, míg vályog talajon a legnagyobb. A hajtás biomassa-termelése homok-vályog talajon (6-7%) mindkét jóddózis esetén, míg homok (2%) és vályog (6%) talajokban termesztett növényeknél 0,1 mg I/L jóddal való kezelés mellett csökkenés volt megfigyelhető. A hajtás tömegének kis mértékű növekedését

homoktalajon (3%) 0,5 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz mellett, míg vályog talajon (4%) 0,1 mg I/L jódkezelés mellett tapasztaltuk. A hajtás növényi rész tömegeinél szignifikáns változást nem tapasztaltunk egyik jód koncentráció alkalmazásánál sem.

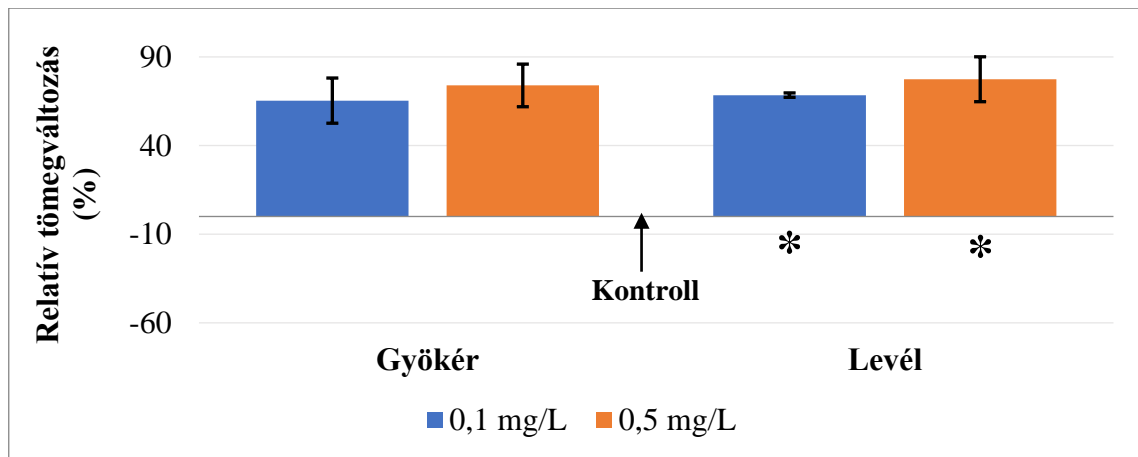
A kontroll és a 0,5 mg/L jóddózissal kezelt burgonyagumók biomasszatermelése homoktalajon bizonyult a leghatékonyabbnak, míg a legkisebb mértékű homok-vályog és homok talajokon volt. A 0,1 mg I/L dózissal kezelt növényeknél a legnagyobb száraz tömeg értékeket homok-vályog, míg a legkisebbeket homoktalajon detektáltuk. A homoktalajon természetett és jóddal adagolt öntözővízzel kezelt burgonyanövények gumóinak száraz tömege 0,1 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazásával 5%-kal csökkent, azonban 0,5 mg I/L kezelés mellett 13%-kal nőtt. Homok-vályog talajon a gumók tömege 3 és 6%-kal nőtt, míg vályog talajban 0,1 mg I/L jódkezelés mellett nem tapasztaltunk változást, 0,5 mg I/L koncentrációjú öntözővíz alkalmazásával pedig 10%-os szignifikáns csökkenés volt megfigyelhető.

#### 4.2.4. Káposzta

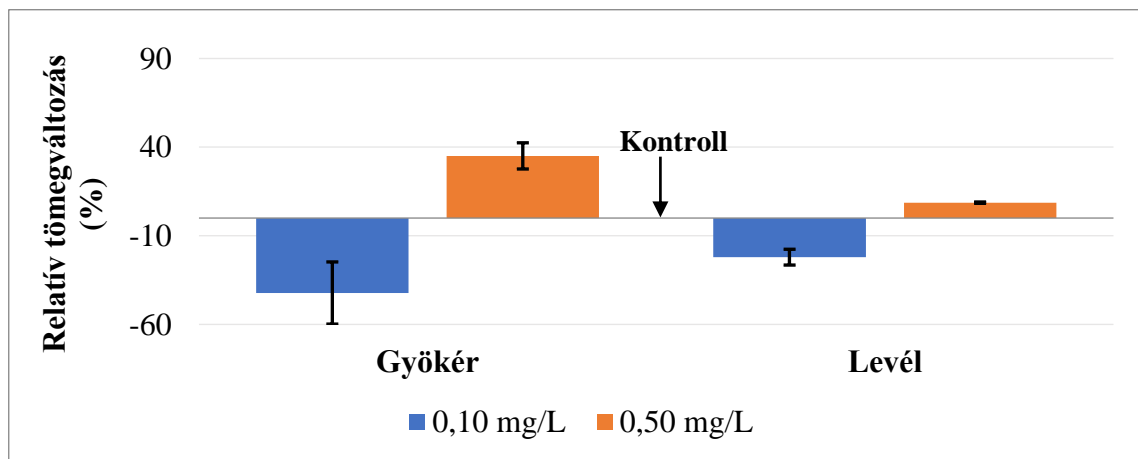
A káposzta különböző növényi részeinek átlag száraz tömegeinek relatív változásai a kontroll mintákhoz képest az öntözővízhez adagolt jód koncentrációk függvényében, a 22-24. ábrán szerepelnek.



22. ábra Homok talajon nevelt káposzta növények különböző részeinek relatív tömegváltozásai. A statisztikailag szignifikáns változásokat csillag jelöli.



23. ábra Homok-vályog talajon nevelt káposzta növények részeinek relatív tömegváltozásai. A statisztikailag szignifikáns változásokat csillag jelöli.



24. ábra Vályog talajon nevelt káposzta növények részeinek relatív tömegváltozásai. A statisztikailag szignifikáns változásokat csillag jelöli .

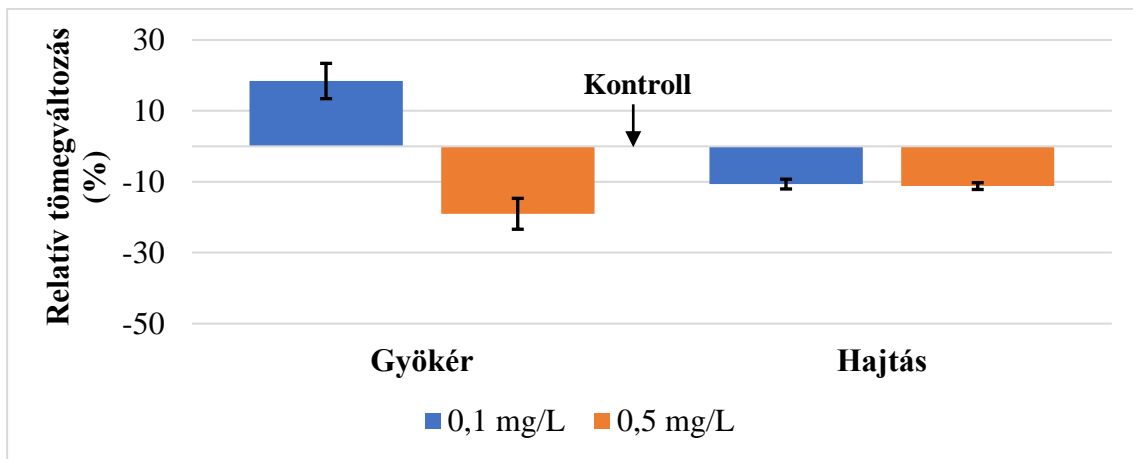
A kontroll káposzta gyökereinek száraz tömeg értékei homok-vályog<vályog<homok sorrendben mutattak növekedést, míg 0,1 mg/L jódo koncentrációnál vályog<homok-vályog=homok, 0,5 mg I/L koncentrációnál pedig homok-vályog<homok<vályog sorrendek szerint. A gyökér száraz tömegét tekintve elmondható, hogy 0,1 mg/L öntözővízbeli jódo koncentráció mellett 4 és 42%-os csökkenést, míg 0,5 mg I/L dózisonál 9 és 35%-os növekedést tapasztaltunk homok és vályog talajoknál. A homok-vályog talajban termesztett növények esetén a gyökér 65-75%-os növekedése volt megfigyelhető, azonban statisztikailag szignifikánsnak nem bizonyult.

A kontroll káposzta leveleinek biomasszatermelése vályog talajon bizonyult a leghatékonyabbnak, míg a legkisebb mértékű homok-vályog talajon volt. 0,1 mg/L öntözővízbeli jódo koncentráció mellett a levelek száraz tömege vályog<homok<homok-

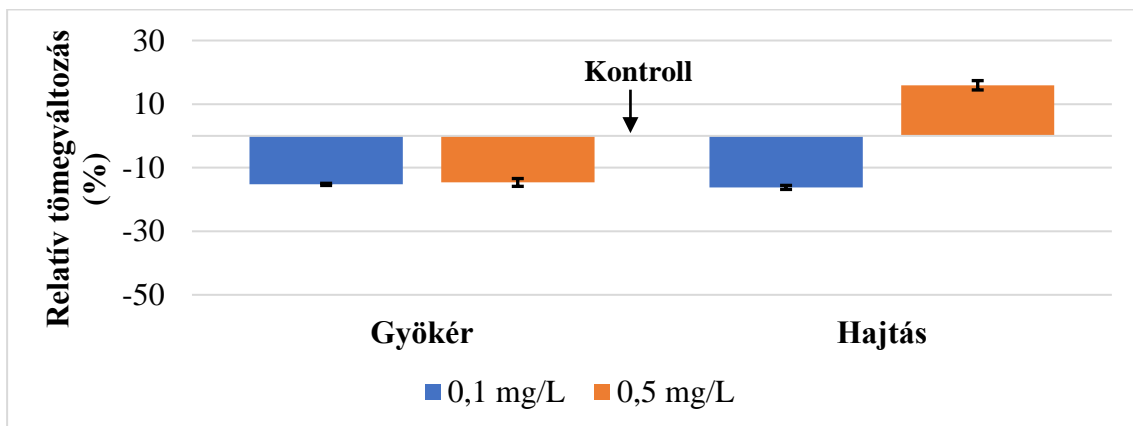
vályog, 0,5 mg/L jód koncentráció mellett pedig homok-vályog < vályog < homok sorrend szerint nőttek. A homok és homok-vályog talajon termesztett káposztanövények leveleinek száraz tömege szignifikánsan, 6-15%-kal és 68-77%-kal nőtt a kontroll növények tömegéhez képest, míg vályogtalajon 0,1 mg I/L kezelés mellett 22%-os csökkenés, 0,5 mg I/L koncentrációjú öntözővíz alkalmazásával pedig 9%-os növekedés volt megfigyelhető, azonban a vályog talajon tapasztalt változások nem voltak szignifikánsnak.

#### 4.2.5. Sárgarépa

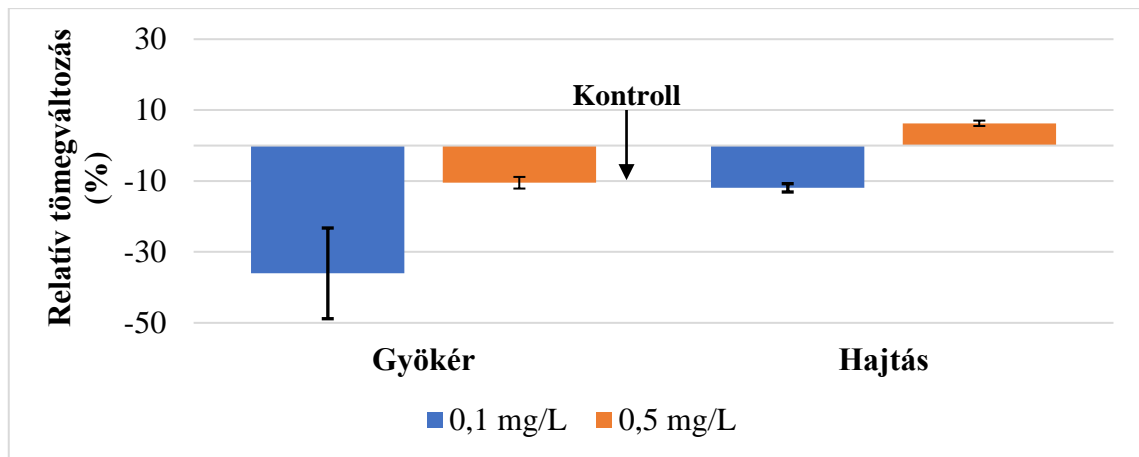
A sárgarépa különböző növényi részeinek átlag száraz tömegeinek relatív változásait a kontroll mintákhoz képest az öntözővízhez adagolt jód koncentrációk függvényében, a 25-27. ábrán mutatom be.



25. ábra Homok talajon nevelt sárgarépa növények különböző részeinek relatív tömegváltozásai. A statisztikailag szignifikáns változásokat csillag jelöli.



26. ábra Homok-vályog talajon nevelt sárgarépa növények különböző részeinek relatív tömegváltozásai. A statisztikailag szignifikáns változásokat csillag jelöli.



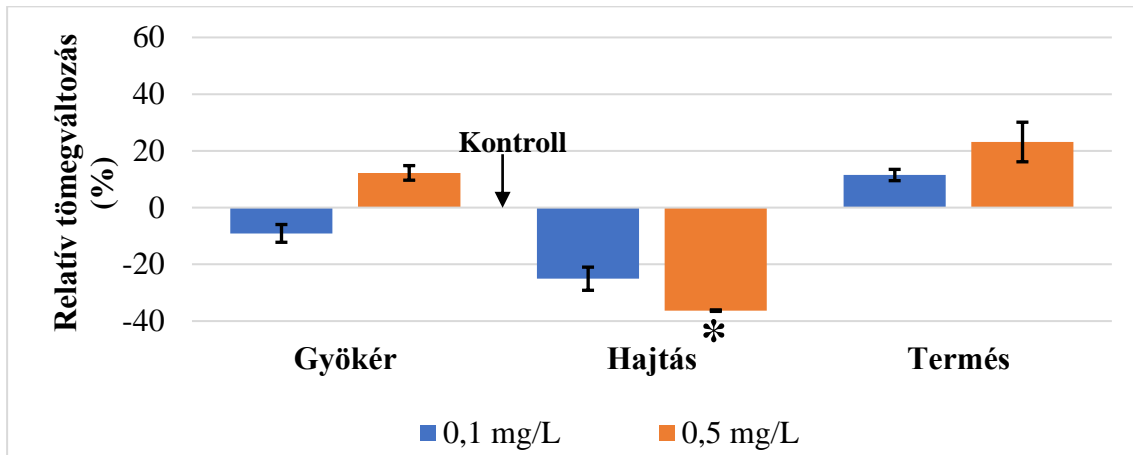
27. ábra Vályog talajon nevelt sárgarépa növények különböző részeinek relatív tömegváltozásai. A statisztikailag szignifikáns változásokat csillag jelöli.

A sárgarépa gyökereit tekintve mind a kontroll, mind a jódozott öntözővízzel kezelt növények száraz tömeg értékei az alábbi sorrendben nőttek a különböző talajtípusok függvényében: vályog < homok < homok-vályog. A gyökér száraz tömegét tekintve elmondható, hogy 0,1 mg/L öntözővízbeli jód koncentráció mellett 18%-os növekedést, míg 0,5 mg I/L dózisonál 19%-os csökkenést tapasztaltunk homoktalajnál. A homok-vályog és vályog talajban termesztett növények esetén a gyökér 10-36%-os és 15%-os csökkenése volt megfigyelhető. A sárgarépa gyökereiben tapasztalt biomassza-változások egyik jód dózis esetén sem voltak szignifikánsak.

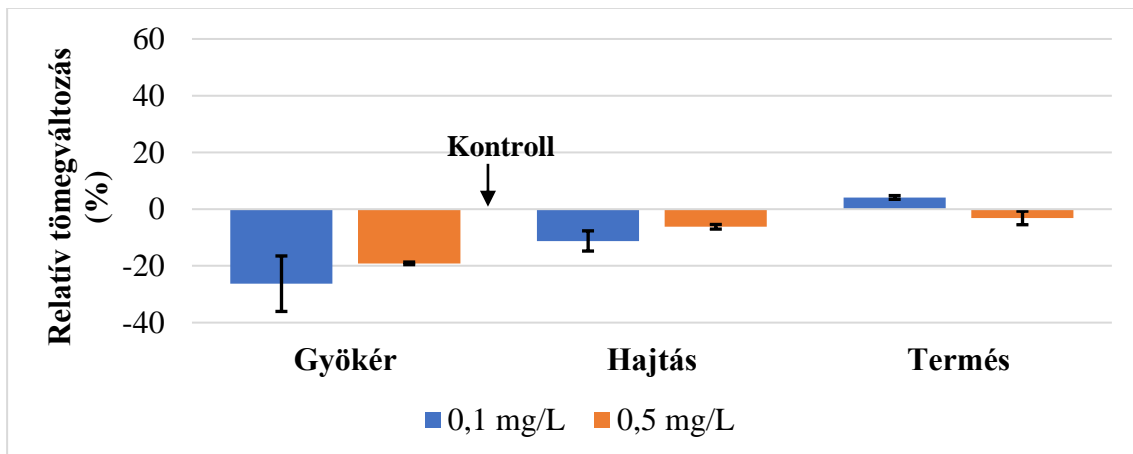
A kontroll sárgarépa hajtásainak biomasszatermelése homok-vályog talajon bizonyult a leghatékonyabbnak, míg vályog talajon volt a legkevésbé hatékony. 0,5 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazása mellett homok-vályog talajon mértük a legnagyobb értékeket, míg a legkisebb mértékű biomasszatermelés vályog talajon volt jellemző, 0,1 mg I/L jódkezelésnél. A hajtások száraz tömeg értékei 11%-kal csökkentek homoktalajon a kezeletlen növényekhez képest. A homok-vályog és vályog talajokon termesztett sárgarépanövények hajtásainak száraz tömege 12% és 16%-kal csökkent a kontroll növények tömegéhez képest 0,1 mg I/L kezelés mellett, míg 0,5 mg I/L koncentrációjú öntözővíz alkalmazásával 6 és 16%-os növekedés volt megfigyelhető, szignifikáns változást azonban nem detektáltunk.

#### 4.2.6. Zöldborsó

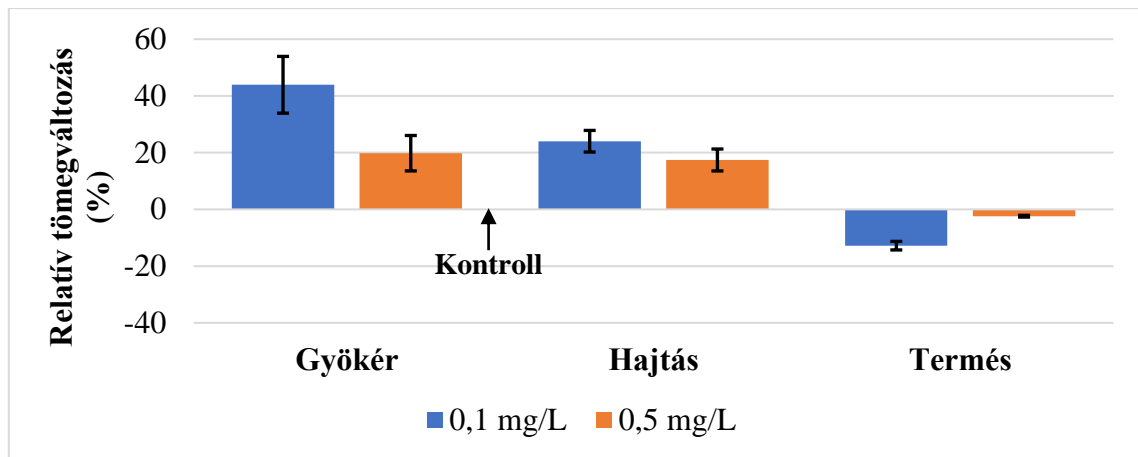
A zöldborsó növényi részek átlag száraz tömegeinek relatív változásait a kontroll mintákhoz képest az öntözővízhez adagolt jód koncentrációk függvényében, a 28-30. ábrán mutatom be.



28. ábra Homok talajon nevelt zöldborsó növények különböző részeinek relatív tömegváltozásai. A statisztikailag szignifikáns változásokat csillag jelöli.



29. ábra Homok-vályog talajon nevelt zöldborsó növények különböző részeinek relatív tömegváltozásai. A statisztikailag szignifikáns változásokat csillag jelöli.



30. ábra Vályog talajon nevelt zöldborsó növények különböző részeinek relatív tömegváltozásai vályog talajon. A statisztikailag szignifikáns változásokat csillag jelöli.

A kontroll zöldborsógyökér száraz tömeg értékei a homoktalajon bizonyultak a legnagyobbak, melyet homok-vályog és vályog talajok követtek. A biomasszatermelés 0,1 mg I/L jóddózisnál az alábbi sorrendben változtak a különböző talajtípusok között: vályog < homok-vályog < homok, míg 0,5 mg/L jód koncentrációnál vályog < homok < homok-vályog sorrend szerint. A homoktalajon termesztett növények gyökerei esetén 0,1 mg/L öntözővízbeli jód koncentráció mellett 10%-os csökkenést tapasztaltunk a kontroll növények tömegéhez képest, míg 0,5 mg I/L kezelés mellett növekedés volt megfigyelhető (11%). A gyökér száraz tömege homok-vályog talajon (19-25%) csökkent a kontroll mintákhoz képest, míg vályog (20-43%) talajon növekedést tapasztaltunk. A gyökér száraz tömeg értékeinek kontroll mintákhoz viszonyított változásai egyik jódkezelésnél sem volt szignifikáns.

A kontroll zöldborsók hajtás részeinek leghatékonyabb biomassza-termelése homok-vályog talajon, míg a legkevésbé hatékony homoktalajon volt megfigyelhető. A jóddal adagolt öntözővíz alkalmazása mellett mindkét dózisonál a vályog talajon mértük a legkisebb száraz tömegeket, míg a legnagyobbakat 0,1 mg/L-nél homok-vályog, 0,5 mg/L-nél pedig homoktalajon, melyek az utóbbi esetében szignifikánsnak bizonyult. A kezelt növények hajtás részeinek száraz tömege homok (23-38%) és homok-vályog talajokon (7-13%) mindkét jódkezelés esetén csökkent, míg a vályog (17-22%) talajban termesztett növényeknél növekedés volt megfigyelhető.

A kontroll zöldborsó termésének biomasszatermelése az alábbi sorrend alapján nőtt a különböző talajtípusok között: vályog < homok < homok-vályog. A 0,1 és 0,5 mg/L öntözővízbeli jóddózisokat tekintve homok-vályog talajon detektáltuk a legnagyobb

száraz tömeg értékeket, míg a legkisebbeket homoktalajon. A homoktalajon termesztett zöldborsónövények terméseinek száraz tömege 10-22%-kal nőtt, míg vályog talajban 2-15%-os csökkenés volt megfigyelhető. A homok-vályog talajon termesztett növények terméseinek száraz tömege 4%-kal nőtt a kontroll növények tömegéhez képest 0,1 mg I/L kezelés mellett, azonban 0,5 mg I/L koncentrációjú öntözővíz alkalmazásával 3%-os csökkenést tapasztaltunk. A száraz tömeg értékek változásai egyik jódkezelés mellett sem bizonyultak szignifikánsnak.

#### 4.2.7 A 6 növény esetében meghatározott száraz tömegek egymással és irodalmi adatokkal történő összehasonlítása

A 6 vizsgált növény jódkezelés hatására bekövetkező száraz tömeg változásaira vonatkozóan megállapítottuk, hogy a jóddal adagolt öntözővíz alkalmazása kis mértékben befolyásolta az egyes növényi részek biomasszatermelését, azonban ezek a változások kevés esetben bizonyultak statisztikailag szignifikánsnak. Az általunk tanulmányozott növények szakirodalomban megtalálható, jódkezelés hatására bekövetkező biomassza-változásokra vonatkozó adatait a 12. táblázatban foglaltam össze.

Növény	Kísérlet típusa	Jód kémiai formája	Alkalmazott jód koncentráció	Kezelés hatása a növényi biomasszára	Irodalom
paradicsom	víz kultúra	I <sup>-</sup> , IO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , I <sup>-</sup> + szalicilsav, IO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + szalicilsav	1 mg/L	nincs változás	Smoleń és mtsai. 2015
paradicsom	levélpermet	I <sup>-</sup> , IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	naponta: 0,16 és 0,21 mg/L kéthetente: 16,6 és 21,4 mg/L	nincs változás	Medrano-Macías és mtsai. 2016b
paradicsom	levélpermet	IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	15 naponta: 39 mg/L	↑	Fuentes és mtsai. 2022
paradicsom	jóddal adagolt öntözővíz	I <sup>-</sup> , IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	500 és 1000 mg/L; 500, 1000, 2000 és 7704 mg/L	↓	Caffagni és mtsai. 2015
paradicsom	jóddal adagolt öntözővíz	I <sup>-</sup> , IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	166, 332, 498 és 830 mg/L; 107, 214, 428 és 642 mg/L	166 és 107 mg/L: ↑, nagyobb koncentrációk: ↓	Ajiwe és mtsai. 2019
paradicsom	jóddal adagolt öntözővíz	I <sup>-</sup> , jodobenzoát	0,8, 1,6, 4,2 és 8,3 mg/L	nincs változás	Halka és mtsai. 2020
paradicsom	műtrágya + levélpermet	IO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + kitozán-KIO <sub>3</sub> komplex	5 és 10 kg/ha	↑	Mageshen és mtsai. 2022
paradicsom	műtrágya + levélpermet	IO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + kitozán-KIO <sub>3</sub> komplex	5 és 10 kg/ha	↑	Mageshen és mtsai. 2023
burgonya	víz kultúra	IO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + Na <sub>2</sub> SeO <sub>3</sub>	8,35 mg/L + 1 mg/L	nincs változás	Smoleń és mtsai. 2018



burgonya	műtrágya	$\text{IO}_3^-$	0,59 kg/ha	nincs változás	Mao és mtsai. 2014
burgonya	műtrágya + levélpermet	$\text{I}^-$ , $\text{IO}_3^-$	0,5, 1 és 2 kg/ha; 0,02, 0,2 és 2 kg/ha	nincs változás	Ledwozyw-Smoleń és mtsai. 2020
burgonya	jóddal adagolt öntözővíz	$\text{IO}_3^-$	10, 20, 40 és 80 mg/kg	20 mg/kg-ig: - 20 mg/kg felett: ↓	Esfandiari és mtsai. 2015
káposzta	víz kultúra	$\text{I}^-$ , $\text{IO}_3^-$	0,05, 0,1, 0,5 1,0, 2,5 és 5,0 mg/L	0,05 mg/L: ↑ 0,1 és 5,0 mg/L: ↓	Weng és mtsai. 2008c
káposzta	műtrágya	$\text{IO}_3^-$	0,59 kg/ha	nincs változás	Mao és mtsai. 2014
sárgarépa	műtrágya	$\text{IO}_3^-$	1 és 5 mg/kg	nincs változás	Dai és mtsai. 2004
sárgarépa	műtrágya	$\text{I}^-$ , $\text{IO}_3^-$	2 kg/ha	nincs változás	Smoleń és mtsai. 2014
sárgarépa	műtrágya	$\text{I}^- + \text{Na}_2\text{SeO}_4$	4 kg/ha + 0,25 kg/ha	nincs változás	Smoleń és mtsai. 2019
sárgarépa	levélpermet	$\text{IO}_3^-$	50 és 500 mg/L	nincs változás	Signore és mtsai. 2018
zöldborsó	víz kultúra	$\text{I}^-$ , $\text{IO}_3^-$	1000 mg/L	↓	Jerše és mtsai. 2017
zöldborsó	levélpermet	$\text{I}^-$ , $\text{IO}_3^-$	1000 mg/L	↑	Jerše és mtsai. 2018

12. táblázat Jódkezelések hatására bekövetkező biomassza-változások szakirodalmi adatai az általunk vizsgált 6 növényre vonatkozóan

A biomassza változásokat tekintve elmondható, hogy a paradicsom és a sárgarépa növényi részeinél egyik alkalmazott jóddózisnál sem tapasztaltunk szignifikáns változásokat, így ezen növények esetén a jódkezelés nem befolyásolta a növények egészséges fejlődését. A paradicsomra vonatkozó eredményeink összhangban vannak Smoleń (2015), Medrano-Macías (2016b) és Halka (2020) kutatási eredményeivel, melyek során azt tapasztalták hidropóniás ( $\text{KI}$  és  $\text{KIO}_3$ : 1 mg/L), levélpermetet ( $\text{KI}$  és  $\text{KIO}_3$ : hetente 0,16 és 0,21 mg/L, kéthetente 16,6 és 21,4 mg/L) és jóddal adagolt öntözővizet ( $\text{KI}$ : 0,8, 1,6, 4,2 és 8,3 mg/L) alkalmazó kísérleteikben, hogy a jódkezelések nem befolyásolták a paradicsomnövények növekedését és fejlődését (Smoleń és mtsai. 2015; Medrano-Macías és mtsai. 2016b; Halka és mtsai. 2020). A szakirodalomban azonban találkozhatunk olyan tanulmányokkal is, melyekben a jóddal történő biofortifikáció serkenti vagy éppen ellenkezőleg, gátolja a paradicsom fejlődését. Ajiwe és munkatársai (2019) paradicsomnövények terméshozamát vizsgálták szabadföldi és üvegházás kísérletekben kálium-jodiddal (166, 332, 498, 830 mg/L) történő öntözéses eljárás alkalmazásával, mely során azt találták, hogy a legkisebb alkalmazott jód koncentráció pozitív hatást gyakorolt a növények terméshozamára (Ajiwe és mtsai. 2019). Ezt a megállapítást erősíti egy 2022-es kutatás is, melyben a levélpermetként

alkalmazott kálium-jodát kezelés (39 mg/L 15 naponta) a termés biomasszájának 23%-os növekedését okozta (Fuentes és mtsai. 2022), továbbá egy 2022-es és egy 2023-as munka is, melyekben  $\text{KIO}_3$  és kitozán- $\text{KIO}_3$  komplex talaj és permet kombinált kezelések (5 és 10 kg/ha) hatására paradicsomnövények tömegének és termés hozamának növekedését tapasztalták (Mageshen és mtsai. 2022, 2023). Caffagni és munkatársai (2015) ezen kísérletekkel szemben kálium-jodiddal (500, 1000 mg/L) adagolt öntözővíz alkalmazása mellett azt találták, hogy a legkisebb alkalmazott jód koncentrációk a biotermés csökkenését okozták (Caffagni és mtsai. 2015). A paradicsomra vonatkozó kutatási eredményeink különbözőségét ezen szakirodalmak megállapításaitól magyarázhatja az, hogy vizsgálataink során nagyságrendekkel kisebb jód dózisokat alkalmaztunk. A sárgarépa tömegváltozásait tekintve, megfigyeléseink megegyeznek a szakirodalomban talált kutatások eredményeivel (Dai és mtsai. 2004; Smoleń és mtsai. 2014, 2019; Signore és mtsai. 2018), melyek szerint a jódkezelés nem okozott szignifikáns változásokat a sárgarépa biomasszájára vonatkozóan.

A zöldbab esetében a szakirodalomban nem találtunk kutatást ezen növények jódfelvételére vonatkozóan.

A burgonya és a zöldborsó növényekben kisebb mértékben és kevesebb esetben, de szintén a száraz tömegek szignifikáns csökkenését tapasztaltuk 0,5 mg/L jód koncentrációnál, burgonyánál a gyökér részben (11%) homok-vályog talajon és a gumóban (10%) vályog talajon, míg a zöldborsó (38%) esetén a hajtásban homoktalajon. A burgonya jód biofortifikációját és biomasszáját egyidejűleg vizsgáló szakirodalmak (Smoleń és mtsai. 2018; Mao és mtsai. 2014; Ledwożyw-Smoleń és mtsai. 2020) nagyrésze arról számol be, hogy a jódkezelések nem okoznak szignifikáns változást a bioterméstermelésben és a termés hozamban, mely megállapítás a fentebb említett, csekély esetben előforduló szignifikáns csökkenés kivételével, összhangban van a kísérleti eredményeinkkel. Esfandiari és munkatársai (2015) által közölt tanulmány szerint kálium-jodát (10, 20, 40, 80 mg/kg) kezelés alkalmazásával, szárazföldi kísérleteik során a burgonyagumók tömegénél 20 mg/kg alkalmazott jód koncentráció fölött bioterméscsökkenés volt megfigyelhető, termés hozam csökkenése mellett (Esfandiari és mtsai. 2015). Az eredményeink ezen szakirodalommal történő összevetése azonban nem lehetséges, mivel a kísérletben kizárólag a burgonyagumók biotermészaváltozásaira fókuszáltak, valamint a kezelés módja és az alkalmazott jóddózisok is jelentősen eltértek. A zöldborsó jódkezelés okozta morfológiai és fiziológiai változásait két szakirodalomban tanulmányozták, melyek eredményei

ellentmondásosak, azonban a két kísérlet körülményei jelentősen eltérnek. Jerše és munkatársai (2017, 2018) két különböző kísérletben vizsgálták a zöldborsó jódfelvételét és biotermelését, az egyik esetben a borsómagok és csírák kálium-jodid (1000 mg I/L) tartalmú oldatban történő áztatásával, illetve szántóföldi kísérletek (fluvisol talaj: 24 g/kg szerves anyag, 4,9 mg/kg NO<sub>3</sub>, 18 mg/kg P, 22 mg/kg K) során, kálium-jodid tartalmú öntözővíz (1000 mg I/L) használatával. Az áztatásos módszer alkalmazása során megállapították, hogy a jódkézelés negatívan befolyásolta a borsócsírák magasságát és biotermelését, azonban a szántóföldi kísérletekben a jóddal adagolt öntözővízzel történő locsolás növelte a borsó termékek hozamát a kontroll növényekhez viszonyítva (Jerše és mtsai. 2017, 2018).

Kutatásunk során a káposzta volt az egyetlen növény, ahol a jódkézelés pozitív hatást gyakorolt a biotermelésre, mely a levélnél szignifikánsnak bizonyult a homok (6%) és homok-vályog (68%) talajokon nevelt növények esetén 0,1 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazása mellett. Weng és munkatársai egy 2008-as kísérletben hasonló tömegváltozásokat figyeltek meg hidropóniás (0,05, 0,1, 0,5, 1,0, 2,5, 5,0 mg I/L), tenyészedényes (10, 25, 50, 100, 150 mg/kg) és szántóföldi (15-150 mg/m<sup>2</sup>) körülmények között nevelt kínai káposzták esetén. Kutatásaik során azt tapasztalták, hogy az alacsony jód koncentrációk (0,05 mg/L, 10-15 mg/kg) alkalmazása serkentő hatást gyakorolt a káposztanövények biotermelésére (Weng és mtsai. 2008c). Mao és munkatársai (2014) szintén kínai káposzta jódfelvételét és terméshozam-változásait tanulmányozták szántóföldi kísérletben (meszes vályogtalaj – pH: 8,16; szerves anyag: 13,6 g/kg; összes nitrogén: 0,86 g/kg; összes jód: 1,710 mg/kg; vízdoldható jód: 0,103 mg/kg), kálium-jodátot (0,59 kg/ha) tartalmazó műtrágya alkalmazásával, mely során a jódkézelés nem befolyásolta a káposztanövények hozamát (Mao és mtsai. 2014). Habár a kísérletünkben használt homok-vályog talaj paraméterei hasonlóak a Mao és munkatársai által alkalmazott meszes homoktalaj jellemzőihez, a kezelés módjának jelentős eltérése miatt a két tanulmány nem összehasonlítható.

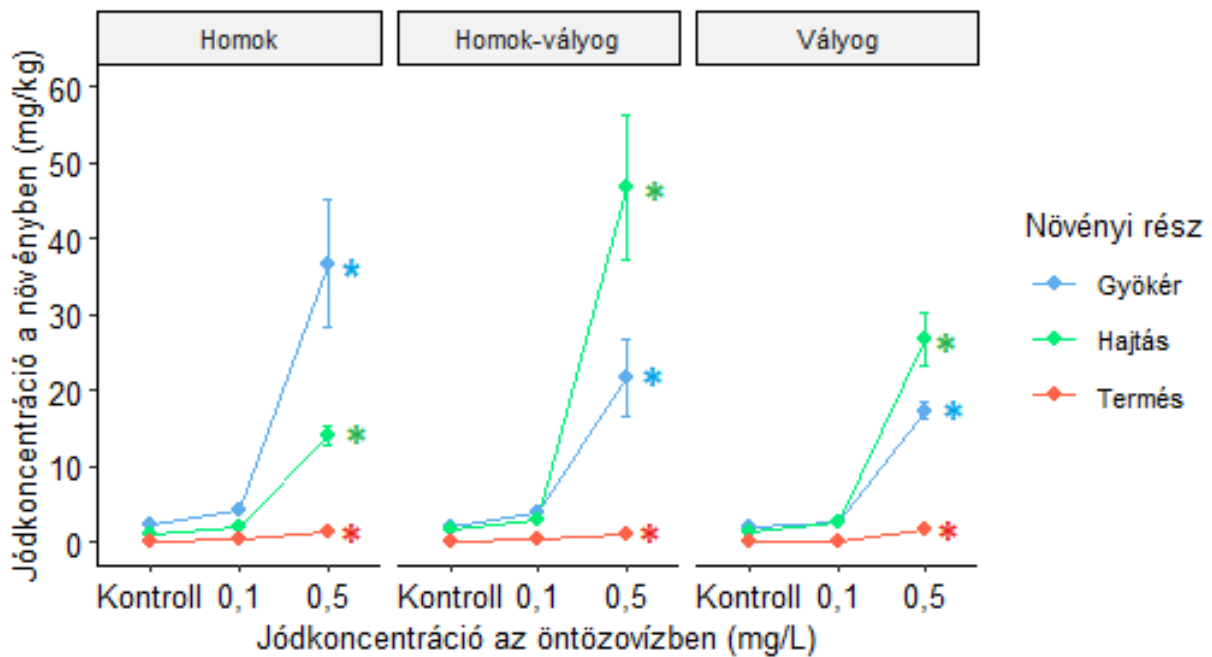
#### ***4.3. Jód koncentráció a különböző növényi részekben***

A növénytípusok jódkoncentrációjának meghatározását a 3.5. és 3.6. fejezetekben ismertetett minta-előkészítési és analitikai mérés technikák segítségével végeztem. A 4.3.1-4.3.6 fejezetekben a három eltérő fizikai-kémiai tulajdonságokkal rendelkező talajon nevelt 6 növény különböző részeinek - valamint az ehhez tartozó részeken

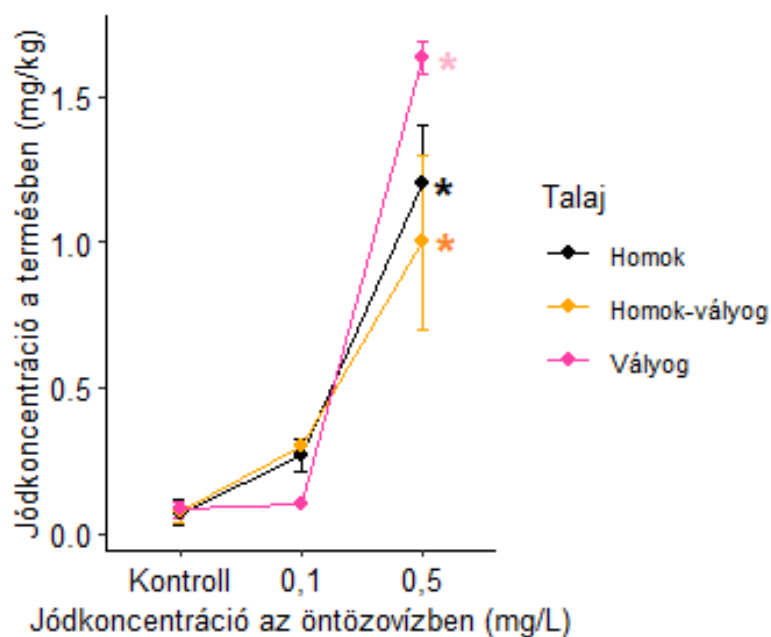
akkumulálódott jód nagyságrendi eltérése miatt ezen értékeket külön ábrázolva - az átlagos (n=3) jód koncentráció értékeit mutatom be, minden esetben az adott vizsgált növényi rész szárazanyag tartalmára vonatkoztatva, a statisztikailag szignifikáns változásokat a kontroll mintákhoz képest csillaggal tüntettem fel. A jód koncentrációk meghatározása során kapott párhuzamos mérések eredményeit a 26-31. mellékletek, a kontrollhoz viszonyított statisztikai adatokat pedig a 32-37. mellékletek tartalmazzák.

#### 4.3.1. Zöldbab

A zöldbab növényi részek, valamint a termés átlag jód koncentráció változásait az öntözővíz jód koncentrációjának függvényében a 31. és a 32. ábra szemlélteti homok, homok-vályog és vályog talajokon.



31. ábra Homok, homok-vályog és vályog talajokon nevelt zöldbabnövények különböző részeinek jód koncentrációi



32. ábra Homok, homok-vályog és vályog talajokon nevelt zöldbabnövények termés részeinek jód koncentrációi

A zöldbabgyökér kontroll csoportjaink átlagos jód koncentrációja 1,9 és 2,1 mg/kg között változott talajtípustól függetlenül. A növény gyökereiben mindhárom talaj és mindkét alkalmazott jódkezelés mellett nőtt a jód koncentrációja, különösen a 0,5 mg I /L dózisznál. A jódkezelések során mindkét dózisznál a vályogtalajnál mértük a legkisebb jód koncentrációkat, míg a homoktalajon nevelt növények gyökerei esetén a legnagyobbakat. A gyökér legnagyobb jód koncentrációját (37 mg/kg) homoktalajon, 0,5 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazása mellett tapasztaltuk, mely a kontroll mintához képest 18x-os növekedést jelentett.

A kontroll zöldbabnövények hajtásainak átlagos jód koncentrációja 1,2-1,4 mg/kg értékek között alakult homok és vályog talajokon, míg homok-vályog talajon nagyobb értéket (6,5 mg/kg) tapasztaltunk. A jóddal kezelt növények gyökérhez hasonlóan a hajtás részek jód koncentrációja is minden esetben folyamatosan nőtt, valamint a hajtások jód koncentrációja is vályog < homok-vályog < homok sorrend szerint növekedett a különböző talajok között. A hajtás maximális jód koncentrációját (47 mg/kg) homok-vályog talajon mértük, 0,5 mg I/L jódkezelés mellett, mely 7x-es felhalmozódást jelentett a kontroll mintákban mért értékekhez képest.

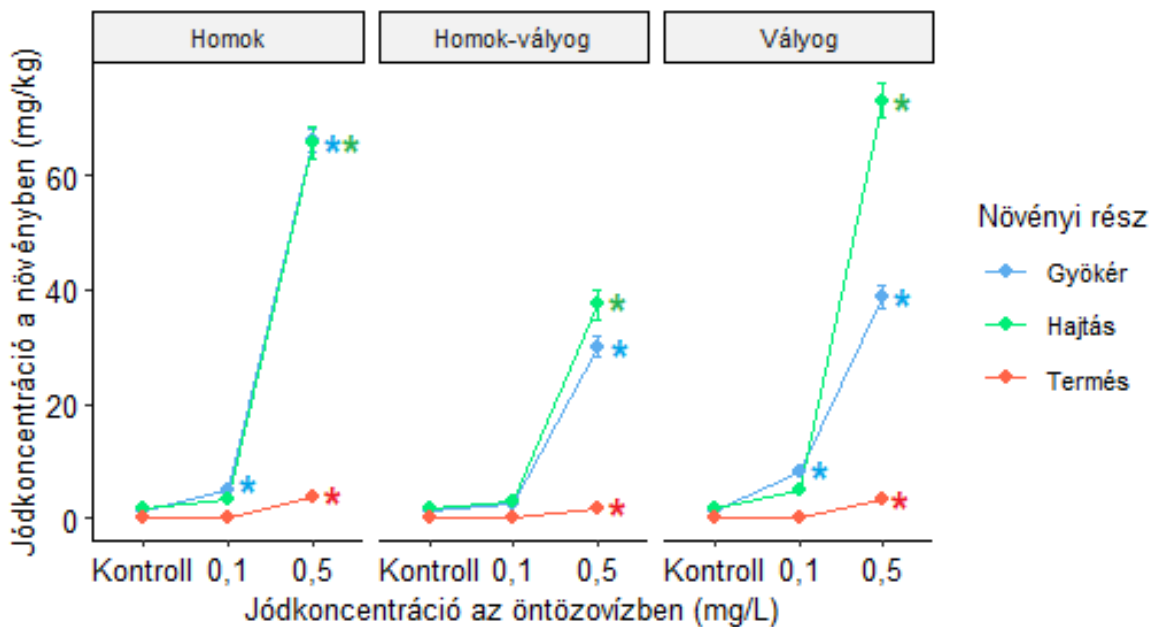
A kontroll növénycsoportok esetén a termések átlagos jód koncentrációja talajtípustól függetlenül 0,06-0,07 mg/kg között változott. A jóddal adagolt öntözővíz alkalmazásával a termések jód koncentrációja folyamatosan nőtt, a maximális jód

koncentrációt pedig (1,6 mg/kg) a vályog talajban nevelt növények termésében mértük, mely a kontroll mintákhoz képest 23x-os akkumulációt jelentett.

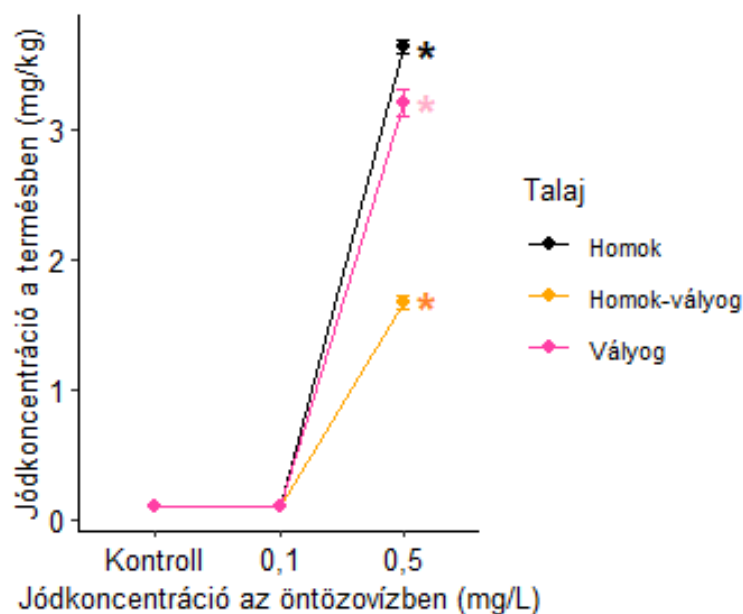
A zöldbabnövényekben mért jód koncentráció változások tekintetében összességében elmondható, hogy szignifikáns változásokat csak a 0,5 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazása okozott, a 0,1 mg/L jóddózis azonban nem.

#### 4.3.2. Paradicsom

A paradicsomnövény különböző részeinek, valamint a termés átlag jód koncentráció változásait az öntözővíz jód koncentrációjának függvényében a 33. és a 34. ábra szemlélteti homok, homok-vályog és vályog talajokon.



33. ábra Homok, homok-vályog és vályog talajokon nevelt paradicsomnövények különböző részeinek jód koncentrációi



34. ábra Homok, homok-vályog és vályog talajokon nevelt paradicsomnövények termés részeinek jód koncentrációi

A kontroll paradicsomnövények gyökereinek átlagos jód koncentrációi 1,2, 1,2 és 1,5 mg/kg értékeknek adódtak homok, homok-vályog és vályog talajokon. A jóddal kezelt növények gyökereiben mindhárom talaj és mindkét alkalmazott jódkezelés mellett nőtt a jód koncentrációja, mely a legnagyobb mértékű 0,5 mg I/L dózisonál volt. A gyökér legnagyobb jód koncentrációját (66 mg/kg) homoktalajon, 0,5 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazása mellett tapasztaltuk, mely a kontroll mintához képest 56x-os növekedést jelentett, míg a legkisebb jód koncentrációt (2,8 mg/kg) homok-vályog talajon, 0,1 mg I/L jódkezelésnél mértük.

A kontroll paradicsomnövények hajtásainak átlagos jód koncentrációja 1,6-1,8 mg/kg értékek között alakult talajtípustól függetlenül. A gyökérhez hasonlóan a hajtás részek jód koncentrációja is mindhárom talajon és mindkét jódkezelésnél folyamatosan nőtt. A hajtás maximális jód koncentrációja 73 mg/kg értéknek adódott vályog talajon, 0,5 mg I/L jódkezelés mellett, mely 41x-ese volt a kontroll mintákban mért értékeknek. A hajtás legkisebb jód koncentrációja 2,8 mg/kg volt, melyet homok-vályog talajon, 0,1 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazásánál tapasztaltunk.

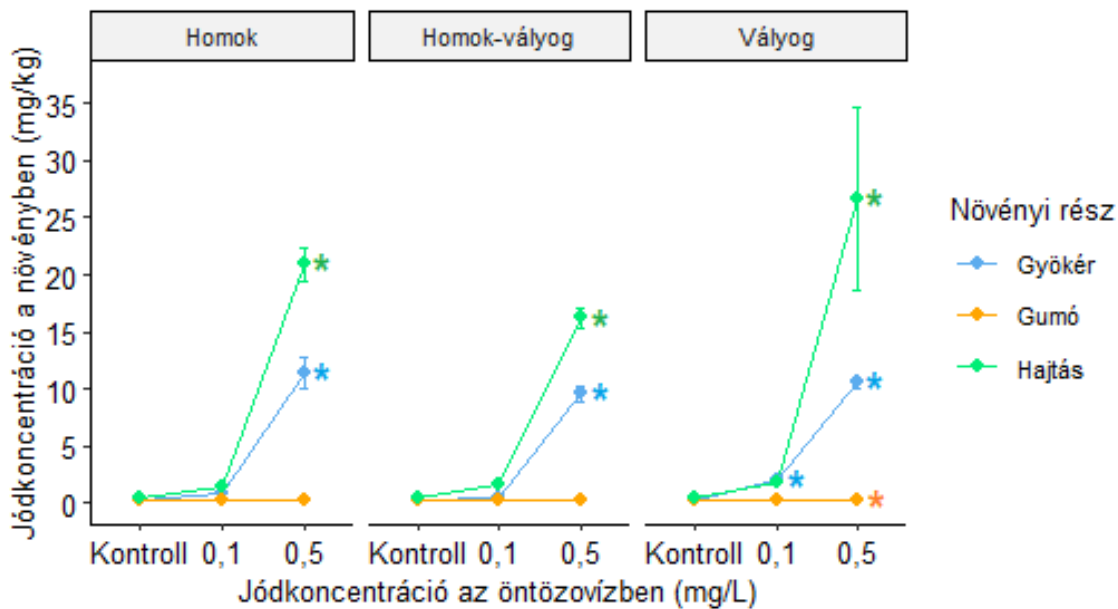
A kontroll növénycsoportok esetén a termések átlagos jód koncentrációja 0,11, 0,09 és 0,08 mg/kg volt homok, homok-vályog és vályog talajokon. A termések jód koncentrációjának folyamatos növekedése mellett, a maximális jód koncentrációt (3,6 mg/kg) a homoktalajban nevelt növények termésében mértük, mely a kontroll mintákhoz

képest 33x-os akkumulációt jelentett. A termékek legkisebb jód koncentráció értéke (0,06 mg/kg) homok-vályog talajon, 0,1 mg I/L jóddózis mellett volt jellemző.

A paradicsom egyes növényi részeiben mért jód koncentráció változások tekintetében összességében azt tapasztaltuk, hogy szignifikáns változásokkal az esetek nagy részében csak a 0,5 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazása járt, 0,1 mg/L jóddózisnál a zöldbab gyökerében, homoktalajon mértünk szignifikáns növekedést.

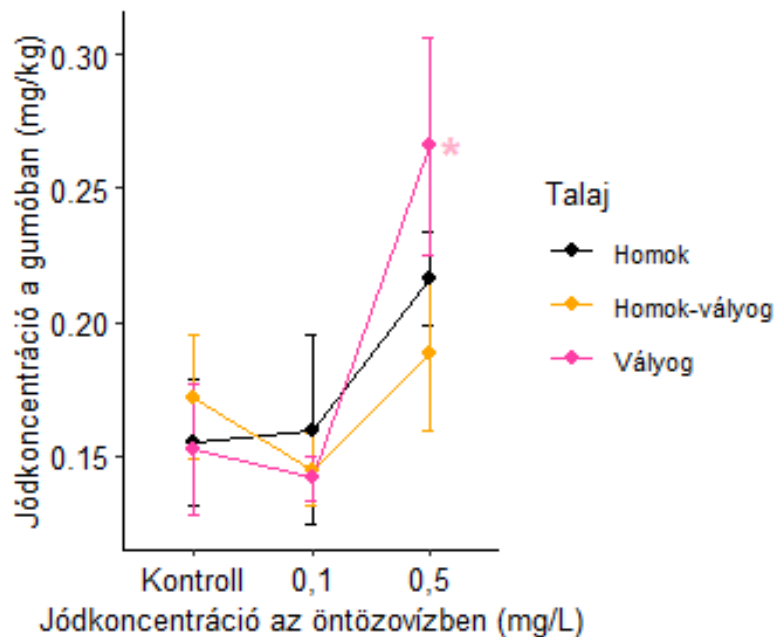
#### 4.3.3. Burgonya

A burgonya növényi részeinek, valamint a gumó átlag jód koncentráció változásait az öntözővíz jód koncentrációjának függvényében a 35. és a 36. ábra szemlélteti homok, homok-vályog és vályog talajokon.



35. ábra Homok, homok-vályog és vályog talajokon nevelt burgonyanövények különböző részeinek jód koncentrációi





36. ábra Homok, homok-vályog és vályog talajokon nevelt burgonyanövények termés részeinek jód koncentrációi

A burgonyagyökér kontroll csoportjaink átlagos jód koncentrációja talajtípustól függetlenül 0,1 és 0,2 mg/kg közötti értékeknek adódott. A növény gyökereiben mindhárom talaj és mindkét alkalmazott jódkezelés mellett nőtt a jód koncentrációja, különösen az öntözővízben alkalmazott 0,5 mg I/L dózisznál. A gyökér legnagyobb jód koncentrációját (11 mg/kg) homok és vályog talajon, 0,5 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazása mellett tapasztaltuk, mely a kontroll mintához képest 110x-es és 55x-ös növekedést jelentett.

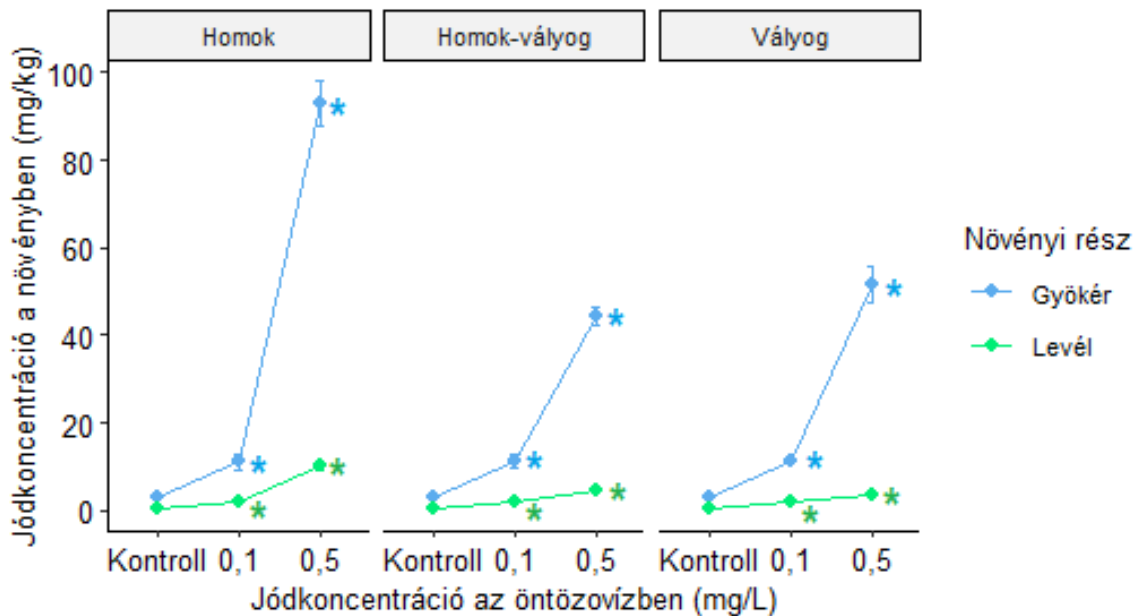
A kontroll burgonyanövények hajtásainak átlagos jód koncentrációja 0,4 mg/kg értéknek adódott mindhárom alkalmazott talajtípuson. A gyökérhez hasonlóan a hajtás részek jód koncentrációja is mindhárom talajon és mindkét jódkezelésnél folyamatosan nőtt. A hajtás maximális jód koncentrációját (27 mg/kg) vályog talajon detektáltuk, 0,5 mg I/L jódkezelés mellett, mely 15x-ös felhalmozódást jelentett a kontroll mintákban mért koncentrációkhoz képest.

A kontroll növénycsoportok esetén a gumók átlagos jód koncentrációja talajtípustól függetlenül 0,2 mg/kg volt. A kezelt növényekben a maximális jód koncentrációt (0,3 mg/kg) a vályogtalajban nevelt növények gumójában mértük, mely a kontroll mintákhoz képest 3x-os akkumulációt jelentett, azonban összességében az állapítható meg, hogy a jódkezelés nem növelte számottevően a gumók jód koncentrációját.

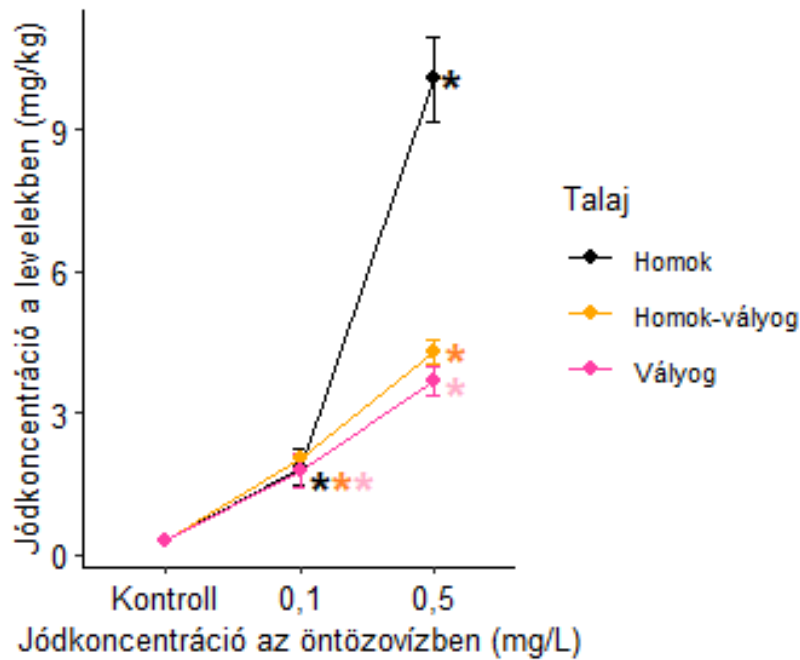
A burgonya gyökér és hajtás részeiben mért jód koncentráció változások tekintetében összességében elmondható, hogy szignifikáns változásokat egyetlen kivétellel a 0,5 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazásánál tapasztaltunk, a 0,1 mg/L jódkezelés csak vályog talajon, a gyökér részben okozott szignifikáns változást. A gumók esetén csak vályog talajon, 0,5 mg I/L jóddózis mellett történt szignifikáns változás.

#### 4.3.4. Káposzta

A káposzta növényi részeinek, valamint a levél átlag jód koncentráció változásai az öntözővíz jód koncentrációjának függvényében a 37. és a 38. ábrán láthatóak homok, homok-vályog és vályog talajokon.



37. ábra Homok, homok-vályog és vályog talajokon nevelt káposztanövények különböző részeinek jód koncentrációi



38. ábra Homok, homok-vályog és vályog talajokon nevelt káposztanövények levél részeinek jód koncentrációi

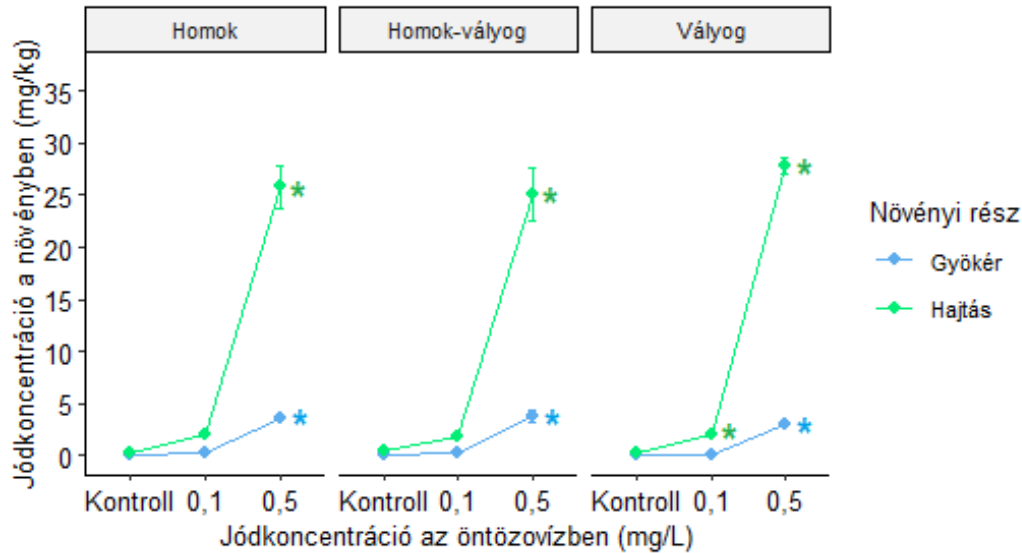
A káposztagyökér kontroll csoportjaink átlagos jód koncentrációja 3,0-3,1 mg/kg értékek között alakult talajtípustól függetlenül. A növény gyökereiben mindhárom talaj és mindkét alkalmazott jódkezelés mellett nőtt a jód koncentrációja, melynek mértéke a 0,5 mg I/L koncentrációnál volt a legnagyobb. A gyökér legnagyobb jód koncentrációját (93 mg/kg) homoktalajon, 0,5 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazása mellett tapasztaltuk, mely a kontroll mintához képest 31x-es növekedést jelentett.

A kontroll káposztanövények leveleinek átlagos jód koncentrációja 0,3 mg/kg értéknek adódott mindhárom talaj esetén. A gyökérhez hasonlóan a hajtás részek jód koncentrációja is mindhárom talajon és mindkét jódkezelésnél folyamatosan nőtt. A levél maximális jód koncentrációját (12 mg/kg) homok-vályog talajon detektáltuk, 0,5 mg I/L jódkezelés mellett, mely 40x-es felhalmozódást jelentett a kontroll mintákban mért koncentrációkhoz képest.

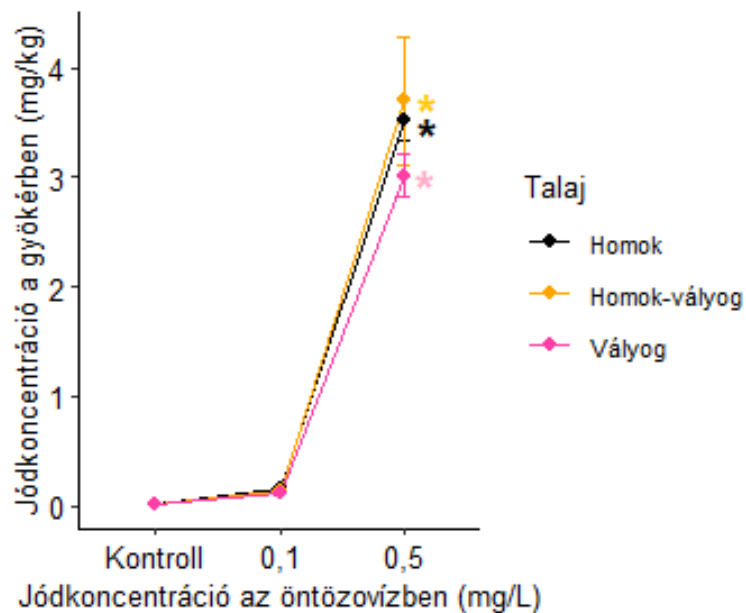
Összességében elmondható, hogy a káposzta egyes részeiben mért jód koncentráció változások 0,1 és 0,5 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazásával is szignifikánsnak bizonyultak a kontroll növényekhez képest.

#### 4.3.5. Sárgarépa

A sárgarépa növényi részek, valamint a gyökér átlag jód koncentráció változásait az öntözővíz jód koncentrációjának függvényében a 39. és a 40. ábra szemlélteti homok, homok-vályog és vályog talajokon.



39. ábra Homok, homok-vályog és vályog talajokon nevelt sárgarépanövények különböző részeinek jód koncentrációi



40. ábra Homok, homok-vályog és vályog talajokon nevelt sárgarépanövények ehető részeinek jód koncentrációi

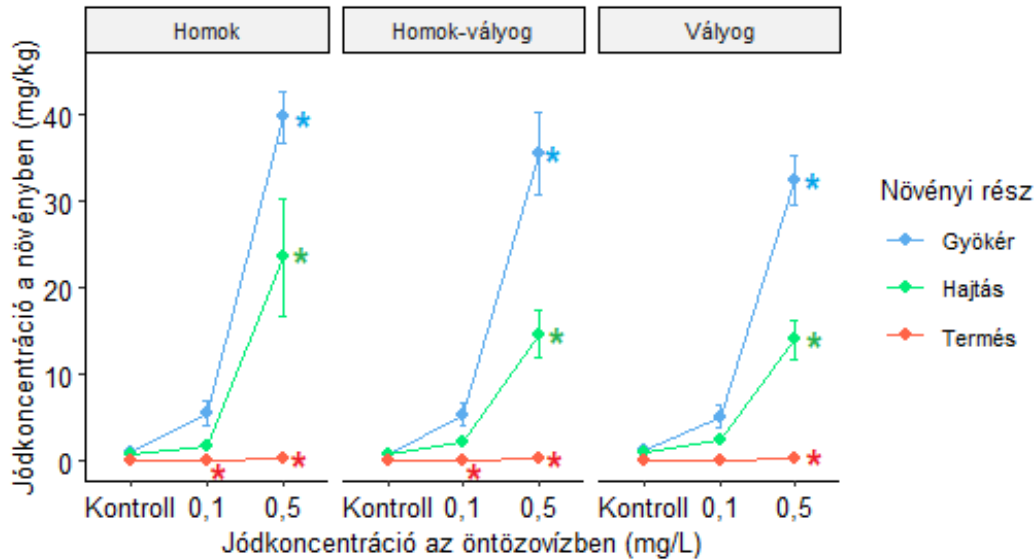
A kezeletlen sárgarépa gyökereiben 0,01 mg/kg átlagos jód koncentrációt mértünk mindhárom alkalmazott talajtípus esetén. A növény gyökereiben mindhárom talaj és mindkét alkalmazott jódkezelés mellett nőtt a jód koncentrációja, a legnagyobb mértékű növekedést pedig 0,5 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazása mellett tapasztaltuk. A gyökér legnagyobb jód koncentrációját (3,7 mg/kg) homok-vályog talajon, 0,5 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazásával tapasztaltuk, mely a kontroll mintához képest 370x-es növekedést jelentett.

A kontroll sárgarépanövények hajtásainak átlagos jód koncentrációja 0,3, 0,4 és 0,3 mg/kg értékeknek adódtak homok, homok-vályog és vályog talajokon. A gyökérhez hasonlóan a hajtás részek jód koncentrációja is mindhárom talajon és mindkét jódkezelésnél folyamatosan nőtt. A hajtás maximális jód koncentrációját (28 mg/kg) vályog talajon mértük, 0,5 mg I/L jódkezelés mellett, mely 93x-os felhalmozódást jelentett a kontroll mintákban mért koncentrációkhoz képest.

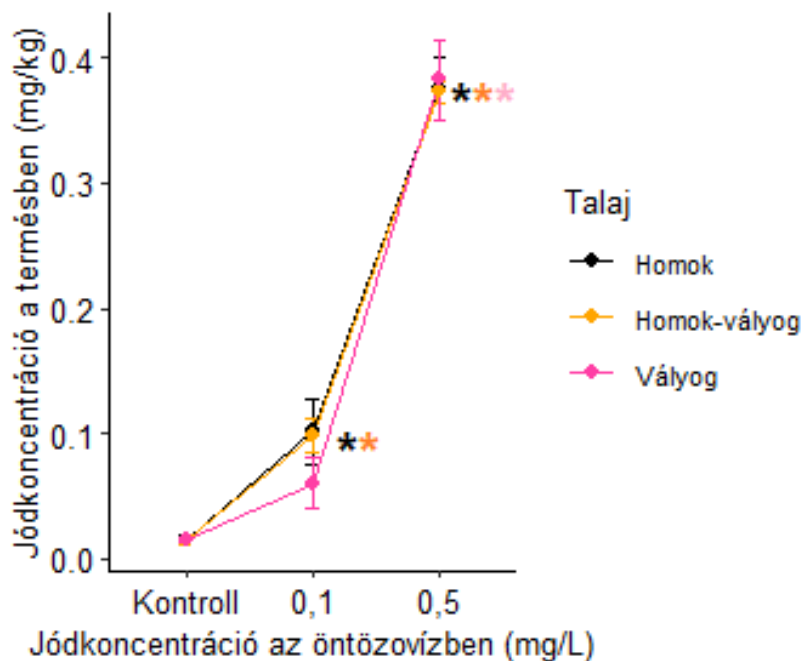
A répa egyes növényi részeiben detektált jód koncentráció változásokat figyelembe véve összességében megállapítható, hogy szignifikáns változásokat egyetlen kivétellel a 0,5 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazása mellett figyeltünk meg, a 0,1 mg/L jóddózis csak vályog talajon, a hajtás részben okozott szignifikáns változást.

#### 4.3.6. Zöldborsó

A zöldborsó növényi részeinek, valamint a termés átlag jód koncentráció változásait az öntözővíz jód koncentrációjának függvényében a 41. és a 42. ábra szemlélteti homok, homok-vályog és vályog talajokon.



41. ábra Homok, homok-vályog és vályog talajokon nevelt zöldborsónövények különböző részeinek jód koncentrációi



42. ábra Homok, homok-vályog és vályog talajokon nevelt zöldborsónövények termés részeinek jód koncentrációi

A kontroll zöldborsógyökerek átlagos jód koncentrációja 1,1, 0,7 és 1,1 mg/kg értékek voltak homok, homok-vályog és vályog talajokon. A kezelt növények gyökereiben mindhárom talajtípusnál és mindkét alkalmazott jódkezelésnél a jód koncentráció növekedését figyeltük meg. A gyökér legnagyobb jód koncentrációját (40 mg/kg) homoktalajon, 0,5 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazásával tapasztaltuk, mely a kontroll mintához képest 36x-os növekedést jelentett, míg a legkisebb jód koncentrációt (5,1 mg/kg) vályog talajon, 0,1 mg I/L jódkezelésnél mértük.

A kezeletlen zöldborsóhajtások átlagos jód koncentrációja 0,6 és 0,9 mg/kg értékek között változott talajtípustól függetlenül. A gyökérhez hasonlóan a hajtás részek jód koncentrációja is minden esetben nőtt. A hajtásban tapasztalt legnagyobb jód koncentráció 24 mg/kg volt homoktalajon, 0,5 mg I/L jódkezelés mellett, mely 40x-es felhalmozódást jelentett a kontroll mintákban mért koncentrációkhoz képest. A hajtás legkisebb jód koncentrációja 1,6 mg/kg volt, melyet homoktalajon, 0,1 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazásával tapasztaltunk.

A kontroll növénycsoportok esetén a termések átlagos jód koncentrációja 0,01 és 0,02 mg/kg között változott. A zöldborsótermések jód koncentrációjának folyamatos növekedése mellett, a maximális jód koncentráció mindhárom talajban 0,4 mg/kg értéknek adódott, mely a kontroll mintákhoz képest homok és homok-vályog talajon 40x-es és vályog talajon 20x-os akkumulációt jelentett. A termések legkisebb jód koncentráció értéke mindhárom talajon 0,1 mg/kg volt.

A zöldborsó növényi részeiben mért jód koncentráció változások a 0,5 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazása mellett minden esetben statisztikailag szignifikánsnak bizonyultak a kontroll növényekhez viszonyítva, míg a 0,1 mg/L jóddózis csak a termés részben homok és homok-vályog típusú talajokon.

#### 4.3.7 A 6 növény esetében meghatározott jód koncentrációk egymással és irodalmi adatokkal történő összehasonlítása

Az általunk vizsgált hat zöldségnövény jódfelvétele kapcsán összességében elmondható, hogy a jóddal adagolt öntözővíz hatására mind a hat növény, minden növényi részében nőtt a jód koncentrációja a kontroll növényekhez képest az öntözővíz jód koncentrációjának emelésével, mely megállapítás harmonizál a szakirodalomban tapasztaltakkal (13. táblázat). Az egyes növényi részekben jellemző jód koncentráció változások azonban az esetek többségében csak 0,5 mg I/L dózis alkalmazása mellett bizonyultak statisztikailag szignifikánsnak. Az egyes növénytípusok ehető részeinek különböző mértékű jódfelvétele az ehető részek eltérő transzspirációs jellemzőivel, továbbá ezen növényi részek közötti anatómiai különbségekkel magyarázhatók (Voogt és mtsai. 2014).

Növény	Kísérlet típusa	Jód kémiai formája	Alkalmazott jód koncentráció	Kezelés hatása a növény jód koncentrációjára	Irodalom
paradicsom	víz kultúra	I <sup>-</sup>	166, 332 és 830 mg/L	↑	Caffagni és mtsai. 2012
paradicsom	műtrágya	I <sup>-</sup>	625, 2500 és 5000 g/ha	nincs változás	Caffagni és mtsai. 2012
paradicsom	levélpermet	I <sup>-</sup>	25 g/L	↑	Caffagni és mtsai. 2012
paradicsom	víz kultúra	I <sup>-</sup> , IO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , I <sup>-</sup> + szalicilsav, IO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + szalicilsav	1 mg/L	↑	Smoleń és mtsai. 2015
paradicsom	víz kultúra	I <sup>-</sup>	830, 1660 és 3320 mg/L	↑	Landini és mtsai. 2011
paradicsom	levélpermet	IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	15 naponta: 39 mg/L	nincs változás	Fuentes és mtsai. 2022
paradicsom	jóddal adagolt öntözővíz	I <sup>-</sup> , IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	500 és 1000 mg/L; 500, 1000, 2000 és 7704 mg/L	↑	Caffagni és mtsai. 2015
paradicsom	víz kultúra	IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	12,5 és 125 mg/L	↑	Voogt és mtsai. 2014
paradicsom	jóddal adagolt öntözővíz	I <sup>-</sup> , jodobenzoát	0,8, 1,6, 4,2 és 8,3 mg/L	↑	Halka és mtsai. 2020
paradicsom	műtrágya	I <sup>-</sup>	10, 25, 50, 100 és 150 mg/kg	↑	Hong és mtsai. 2008
paradicsom	jóddal adagolt öntözővíz	I <sup>-</sup> , 3,5-dijodoszalicilsav, 5-jodoszalicilsav	0,8, 1,6, 4,2 és 8,3 mg/L	↑	Halka és mtsai. 2019
paradicsom	műtrágya + levélpermet	IO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + kitozán-KIO <sub>3</sub> komplex	5 és 10 kg/ha	↑	Mageshen és mtsai. 2022
paradicsom	műtrágya + levélpermet	IO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + kitozán-KIO <sub>3</sub> komplex	5 és 10 kg/ha	↑	Mageshen és mtsai. 2023
burgonya	műtrágya	I <sup>-</sup>	625, 2500 és 5000 g/ha	625 g/ha: -	Caffagni és mtsai. 2012



				2500 és 5000 g/ha: ↑	
burgonya	levélpermet	I <sup>-</sup>	25 g/L	nincs változás	Caffagni és mtsai. 2012
burgonya	víz kultúra	IO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + Na <sub>2</sub> SeO <sub>3</sub>	8,35 mg/L + 1 mg/L	↑	Smoleń és mtsai. 2018
burgonya	műtrágya	IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,59 kg/ha	nincs változás	Mao és mtsai. 2014
burgonya	jóddal adagolt öntözővíz	I, IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	500 és 1000 mg/L; 500, 1000, 2000 és 7704 mg/L	↑	Caffagni és mtsai. 2015
burgonya	műtrágya + levélpermet	I, IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,5, 1 és 2 kg/ha; 0,02, 0,2 és 2 kg/ha	↑	Ledwozyw-Smoleń és mtsai. 2020
káposzta	víz kultúra	I, IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,05, 0,1, 0,5 1,0, 2,5 és 5,0 mg/L	↑	Weng és mtsai. 2008c
káposzta	műtrágya	I + szerves jód	tenyészedény: 10, 25, 50, 100 és 150 mg/kg; szántóföld: 15-150 mg/m <sup>2</sup>	↑	Weng és mtsai. 2008c
káposzta	műtrágya	IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,59 kg/ha	↑	Mao és mtsai. 2014
káposzta	műtrágya	I	10, 25, 50, 100 és 150 mg/kg	↑	Hong és mtsai. 2008
káposzta	levélpermet	I, IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1-5 mg/kg	↑	Bora és Baruah 2018
káposzta	levélpermet	I, IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5, 10 és 15 kg/ha	↑	Ojok és mtsai. 2019
sárgarépa	műtrágya	IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1 és 5 mg/kg	↑	Dai és mtsai. 2004
sárgarépa	műtrágya + levélpermet	I	0,5, 1 és 2 kg/ha; 0,02, 0,2 és 2 kg/ha	↑	Smoleń és mtsai. 2011
sárgarépa	műtrágya	I, IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5 kg/ha	↑	Smoleń és mtsai. 2016
sárgarépa	műtrágya	I + Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>	4 kg/ha + 0,25 kg/ha	↑	Smoleń és mtsai. 2019
sárgarépa	levélpermet	IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	50 és 500 mg/L	↑	Signore és mtsai. 2018
sárgarépa	műtrágya	I	10, 25, 50, 100 és 150 mg/kg	↑	Hong és mtsai. 2008
zöldborsó	víz kultúra	I, IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1000 mg/L	↑	Jerše és mtsai. 2017
zöldborsó	levélpermet	I, IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1000 mg/L	↑	Jerše és mtsai. 2018

13. táblázat Jódkezelések hatására bekövetkező jód koncentráció változások szakirodalmi adatai az általunk vizsgált 6 növényre vonatkozóan

Jelenlegi ismereteink szerint a zöldbab jódfelvételével csak jelen doktori kutatásom során foglalkoztunk, a szakirodalomban nem áll rendelkezésre erre vonatkozó adat.

A paradicsom jód biofortifikációja széles körben kutatott terület, a jód akkumuláció szempontjából az egyik legmegfelelőbb célnövénynek tartják annak ellenére, hogy ezen növény ehető része a termés. A paradicsommal folytatott kísérletünk eredményeit

tekintve elmondható, hogy az alkalmazott jódkézelések hatására és a dózisok emelésével folyamatosan nőtt az ehető növényi részek jód koncentrációja, mely két kivételtől (Caffagni és mtsai. 2012; Fuentes és mtsai. 2022) eltekintve megegyezik a szakirodalmi kutatásokban tapasztaltakkal. Caffagni és munkatársai jódtartalmú műtrágya (2500 és 5000 g KI/ha), Fuentes és munkatársai pedig jódot tartalmazó permet (39 mg  $\text{IO}_3^-/\text{L}$  15 naponta) alkalmazása mellett nem tapasztalták a termés szignifikáns jód koncentráció növekedését a kontroll növényekhez képest. A vonatkozó kísérletekben a paradicsomnövények által akkumulált jód legnagyobb része kivétel nélkül a hajtásban halmozódott fel (Landini és mtsai. 2011; Voogt és mtsai. 2014; Caffagni és mtsai. 2012; Halka és mtsai. 2020), mely eredményt a mi kutatásunk is alátámasztja.

Munkánk során a jód biofortifikáció szempontjából legkevésbé alkalmas célnövénynek a burgonyát találtuk, melynek egyes részeiben ugyan tapasztaltuk a jód koncentráció növekedését, azonban a gumóknál ez csak egyetlen esetben bizonyult statisztikailag szignifikánsnak (vályog talaj, 0,5 mg I/L dózis). Ezen tapasztalásainkat a Caffagni és munkatársai (2012), illetve a Mao és munkatársai (2014) által közölt eredmények is megerősítik, azonban találkozhatunk a szakirodalomban olyan kutatásokkal is, melyekben a gumók szignifikáns jód koncentráció növekedését detektálták (Caffagni és mtsai. 2015; Ledwożyw-Smoleń és mtsai. 2020; Caffagni és mtsai. 2012). Caffagni és munkatársai (2015) jelen kísérletünkhöz hasonlóan kálium-jodiddal adagolt öntözővíz alkalmazása mellett vizsgálták a burgonyanövények jód felvételét, mely során szignifikáns jód koncentráció növekedést sikerült elérniük a gumókban, azonban nagyságrendekkel nagyobb jóddózisokat (500 és 1000 mg/L) alkalmaztak. A burgonyanövényekben jellemző jódtranszlokációra egyetlen kutatásban tértek ki, melyben a burgonya által akkumulált jód eloszlását tekintve az alábbi sorrendet állították fel: gumó < gumóhéj < gyökér < levélnyel < levél (Smoleń és mtsai. 2018). Ezen sorrend jelen kutatásaink eredményeit is jellemzi 0,5 mg/L jód koncentráció alkalmazása mellett, azonban 0,1 mg I/L jóddózisnál a gyökérben akkumulálódott a legkevesebb jód.

A káposztafélék jód akkumulációja a paradicsomhoz hasonlóan széles körben tanulmányozott. Miután a káposzta esetén az ehető növényi rész a levél, így jód biofortifikáció szempontjából a legjelentősebb növénynek számít. A jódkézelések formájától és koncentrációjától függetlenül jelen kutatásunk eredményeihez hasonlóan mindegyik káposztanövényt feldolgozó irodalomban szignifikáns jód koncentráció növekedésről számoltak be (Weng és mtsai. 2008c; Hong és mtsai. 2008; Mao és mtsai. 2014; Bora és Baruah 2018; Ojok és mtsai. 2019). Mao és munkatársai (2014) szántóföldi

kísérletben vizsgálták a káposzta jódfelvételét jódtartalmú műtrágya (0,59 kg KIO<sub>3</sub>/ha) alkalmazásával, mely során a káposzta leveleiben kétszeres jód koncentráció növekedést figyeltek meg a kontroll növényekhez képest (Mao és mtsai. 2014). Jelen kísérletünkben a kezelt növényekben mért maximális jód koncentráció 40-szerese volt a kontroll növényekben detektált jód koncentrációnak, ami a Mao és munkatársai (2014) által végzett kutatásban tapasztaltakhoz képest sokkal jelentősebb mértékű akkumulációt jelent, melyet az eltérő jódkezeléssel és a különböző talajparaméterekkel magyarázhatunk.

A sárgarépa jódfelvételét kizárólag szabadföldi kísérletekben tanulmányozták, melyek során vagy jódtartalmú műtrágyát vagy permetet alkalmaztak. Összességében elmondható, hogy a kísérletek a répanövények jelentős mértékű jód koncentráció növekedését írták le (Dai és mtsai. 2004; Smoleń és mtsai. 2011, 2016, 2019; Signore és mtsai. 2018). Eredményeinket tekintve szintén elmondható a jelentős mértékű jód koncentráció növekedés a kontroll növényekhez képest, azonban csak 0,5 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazása mellett.

A zöldbabhoz hasonlóan a zöldborsó irodalma is igen csekély, mindössze két kutatás foglalkozott ezen növény jódfelvételével és a jód növényfiziológiai hatásaival. Jerše és munkatársai borsócsírákat tanulmányoztak kálium-jodát tartalmú oldatban történő áztatást követően (Jerše és mtsai. 2017), valamint levélpermetet alkalmazva, szántóföldi kísérletben (Jerše és mtsai. 2018). Ezen vizsgálatok során azt találták, hogy a jód kezelést követően nőtt a növények jód koncentrációja, mely növekedésnek a mértéke hatszorosnak bizonyult a kontroll növényekhez viszonyítva szántóföldi körülmények között. A jódkezelések által indukált jód koncentráció növekedés szempontjából eredményeink harmonizálnak ezen kísérletekkel, 0,5 mg/L alkalmazott jód koncentrációnál kizárólag szignifikáns növekedést tapasztaltunk a kontroll növényekhez képest, azonban jelen kutatásunk körülményei között jóval nagyobb mértékű (40x-es) növekedést sikerült elérnünk az egyes növényi részekben.

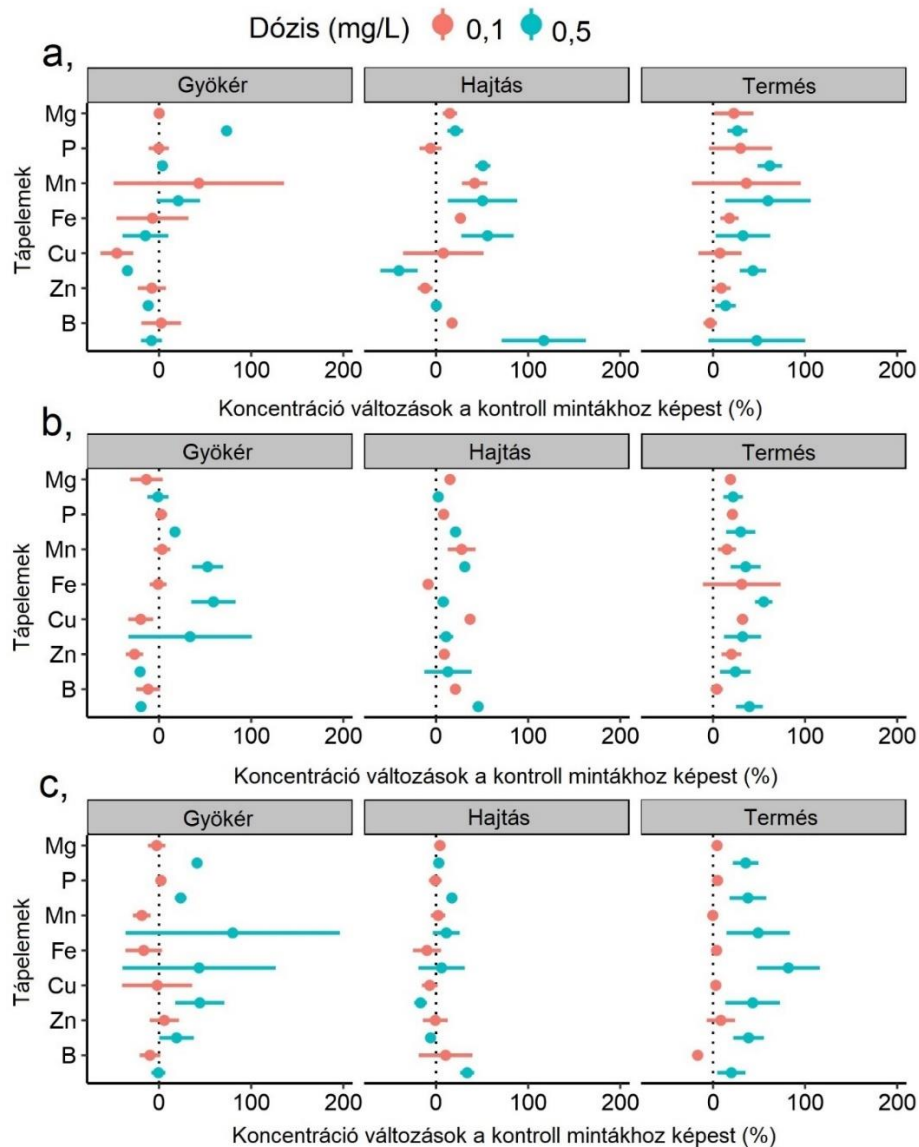
#### ***4.4. Tápelem koncentrációk a különböző növényi részekben***

A növényminták Mg, P, Mn, Fe, Cu, Zn és B koncentrációjának meghatározását a 3.5. és 3.6 fejezetekben ismertetett minta-előkészítési és analitikai mérés technikák segítségével végeztem. A 4.4.1-4.4.6 fejezetekben a három különböző talajon nevelt 6 növény bizonyos relatív tápelem koncentráció-eltéréseit mutatom be, mely során minden

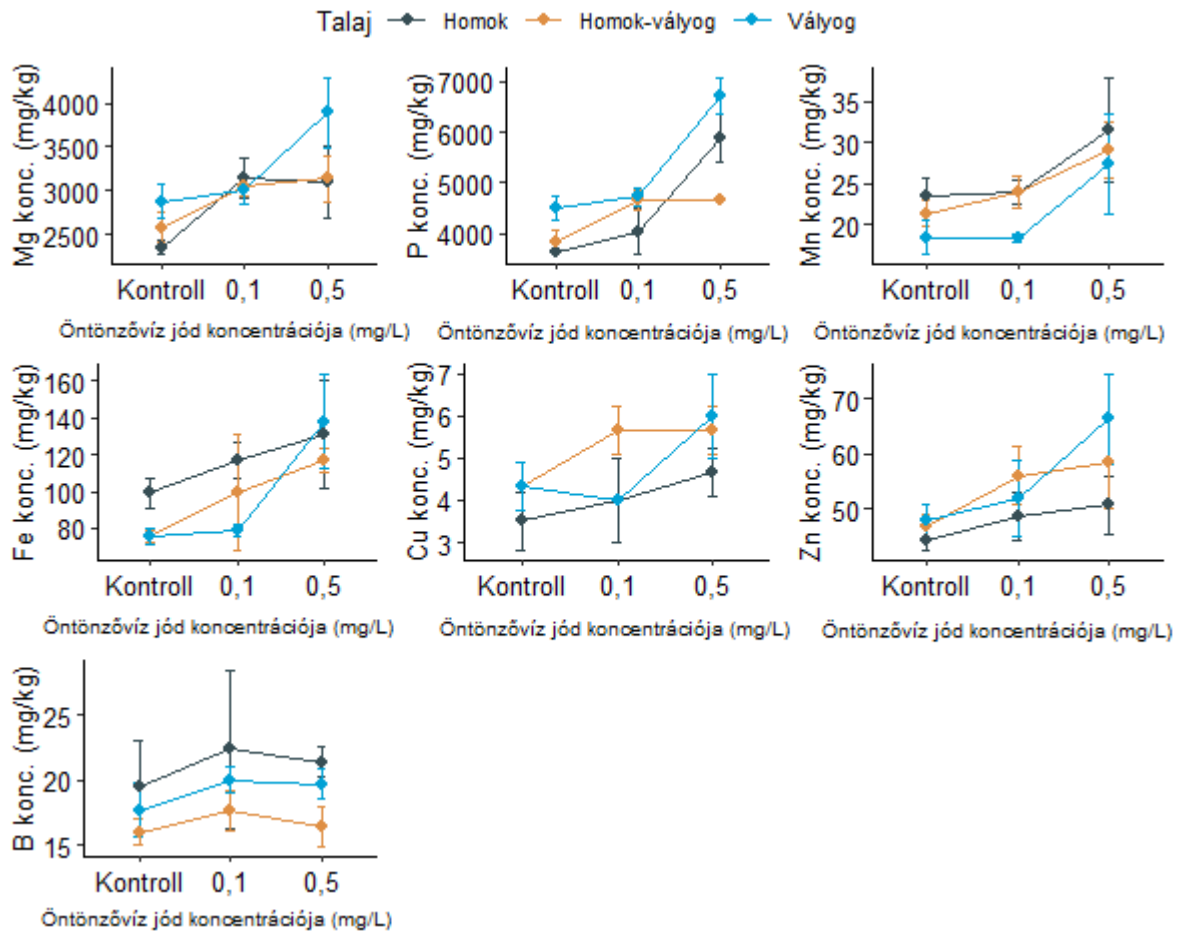
esetben az egyes elemek százalékos eltérése szerepel a kontroll mintákhoz (0) képest, továbbá külön ábrákon szemléltetem a vizsgált növények ehető részeiben mért átlagos tápelem koncentrációk változásait. A tápelem koncentrációk párhuzamos méréseinek eredményeit a 38-43. mellékletek, a kontrollhoz viszonyított statisztikai adatokat pedig a 44-49. mellékletek tartalmazzák.

#### 4.4.1. Zöldbab

A zöldbab növényi részeinek tápelem koncentráció változásait az öntözővíz jó koncentrációjának függvényében a 43. ábra szemlélteti, míg a könnyebb átláthatóság érdekében az ehető növényi részt külön, a 44. ábrán is bemutatom.



43. ábra Homok (a), homok-vályog (b) és vályog (c) talajokon termesztett zöldbabnövények tápelem koncentrációinak változása (%) a kontroll mintákhoz képest



44. ábra Homok, homok-vályog és vályog talajokon termesztett zöldbabnövények átlag tápelem koncentrációinak változása a termésben

A zöldbab gyökerének magnézium koncentrációját tekintve, mindhárom talaj esetén szignifikáns változást tapasztaltunk, mely homok és vályog talajokon 73 és 41% növekedést jelentett a kontroll mintákhoz képest, 0,5 mg I/L jódkezelés mellett, míg a homok-vályog talajnál 14% csökkenést detektáltunk 0,1 mg I/L jóddózisnál. A vas (+59%) koncentrációk változásai kizárólag homok-vályog talajon voltak szignifikánsak, míg a mangán és foszfor koncentrációk homok-vályog (+53 és +17%) és vályog (+80% és +23%) talajokon egyaránt, 0,5 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazása mellett. A növény gyökerében nem tapasztaltuk a réz, cink és bór koncentrációk szignifikáns változását a kontroll mintákhoz képest.

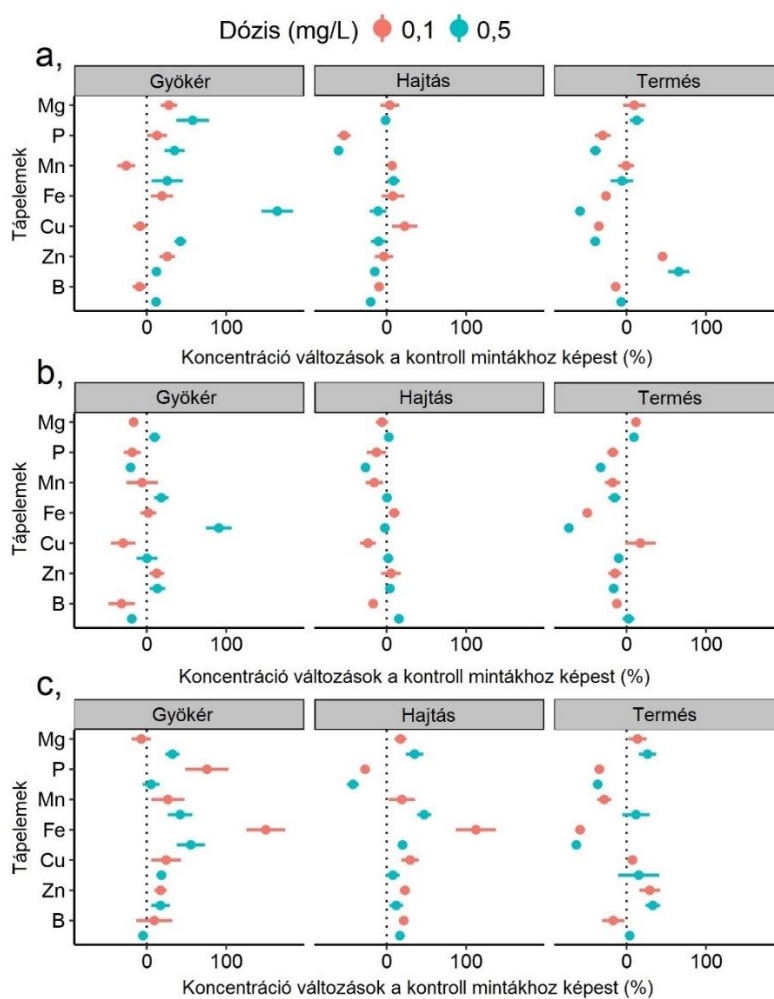
A zöldbab hajtásaiban kizárólag szignifikáns növekedés volt jellemző, a magnézium és foszfor koncentrációk esetén homok (21%, 51%) és homok-vályog (15%, 21%) talajban, a vas (56%) és bór (17%) koncentrációk esetén a homoktalajban, míg a réz (37%) koncentrációknál homok-vályog talajban. A jóddal kezelt növények

hajtásrészeiben mért mangán és cink koncentrációk szignifikánsan nem változtak a kontroll mintákhoz képest.

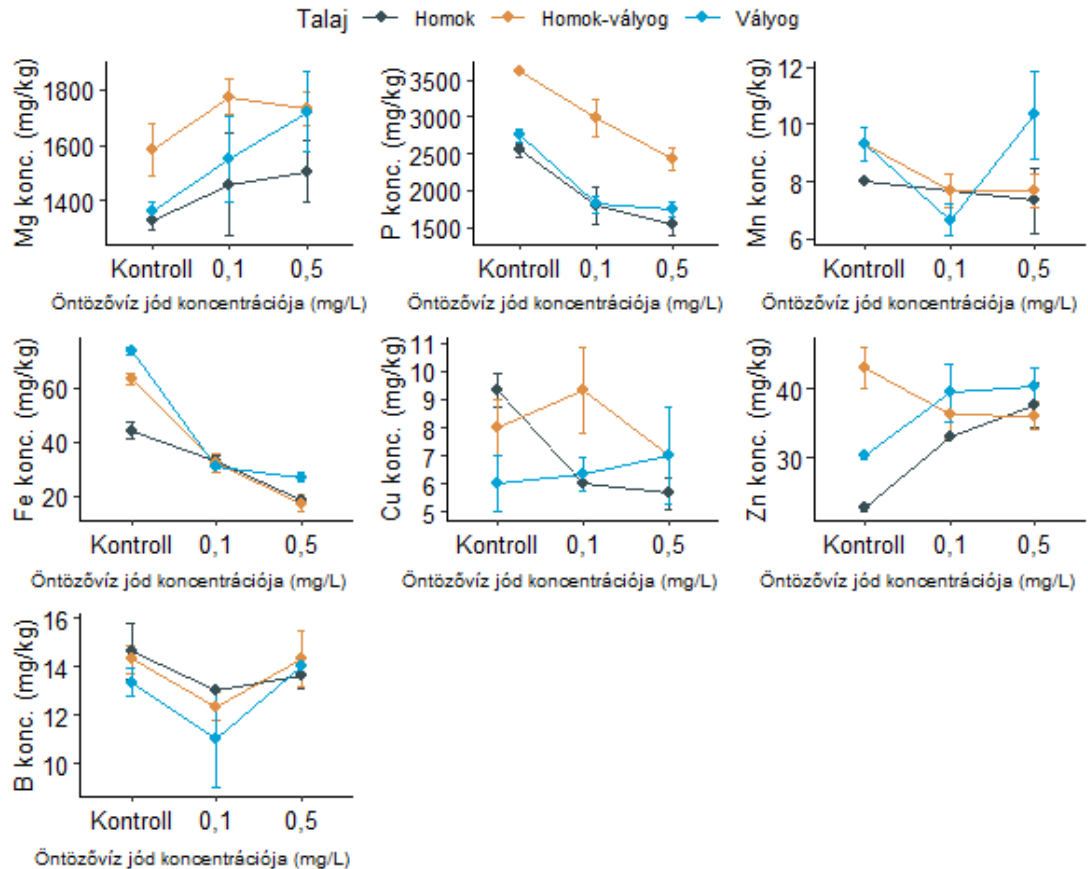
A babtermésekben a hajtásokhoz hasonlóan, kizárólag szignifikáns növekedést tapasztaltunk 0,5 mg I/L jódkezelés mellett, a foszfor (62%, 30% és -24%) esetén mindhárom talajban, a magnéziumnál homok-vályog (22%) és vályog (35%) talajban, a mangánnál (35%) homok-vályog talajban, míg a vas (82%) és cink (-23%) koncentrációknál vályog talajban. A termések réz és bór koncentrációit tekintve nem detektáltunk szignifikáns változást a jódkezelés hatására.

#### 4.4.2. Paradicsom

A paradicsom növényi részeinek tápelem koncentráció változásait az öntözővíz jód koncentrációjának függvényében a 45. ábra, a termést pedig a 46. ábra is összegzi.



45. ábra Homok (a), homok-vályog (b) és vályog (c) talajokon termesztett paradicsomnövények átlag tápelem koncentrációinak változása (%) a kontroll mintákhoz képest



46. ábra Homok, homok-vályog és vályog talajokon termesztett paradicsomnövények átlag tápelem koncentrációinak változása a termésben

A paradicsom gyökerének magnézium koncentrációját tekintve, mindhárom talaj esetén szignifikáns változást tapasztaltunk, mely homok és vályog talajokon 58% és 32% növekedést jelentett a kontroll mintákhoz képest, 0,5 mg I/L jódkelés mellett, míg a homok-vályog talajnál 12% növekedést detektáltunk 0,1 mg I/L jóddózisnál. A paradicsom foszfor koncentrációi a magnéziumhoz hasonlóan mindhárom talajon mutatott szignifikáns változást, mely homoktalajon 35% növekedést, homok-vályog talajon pedig 20% csökkenést jelentett 0,5 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazása mellett, míg vályog talajon 0,1 mg I/L jódkelés mellett 76% növekedést tapasztaltunk. A legjelentősebb koncentráció-változások a vas esetén fordultak elő, ahol homoktalajon 164%, homok-vályog talajon 91% 0,5 mg I/L jóddózisnál, míg vályog talajon 150 és 55% növekedést detektáltunk 0,1 és 0,5 mg I/L jódkelésnél. A réz (+37%) és cink (+26%) koncentrációk változásai kizárólag homoktalajon voltak szignifikánsak, míg a mangánál (+42%) vályog talajon, bórnál (-35%) pedig homok-vályog talajon.

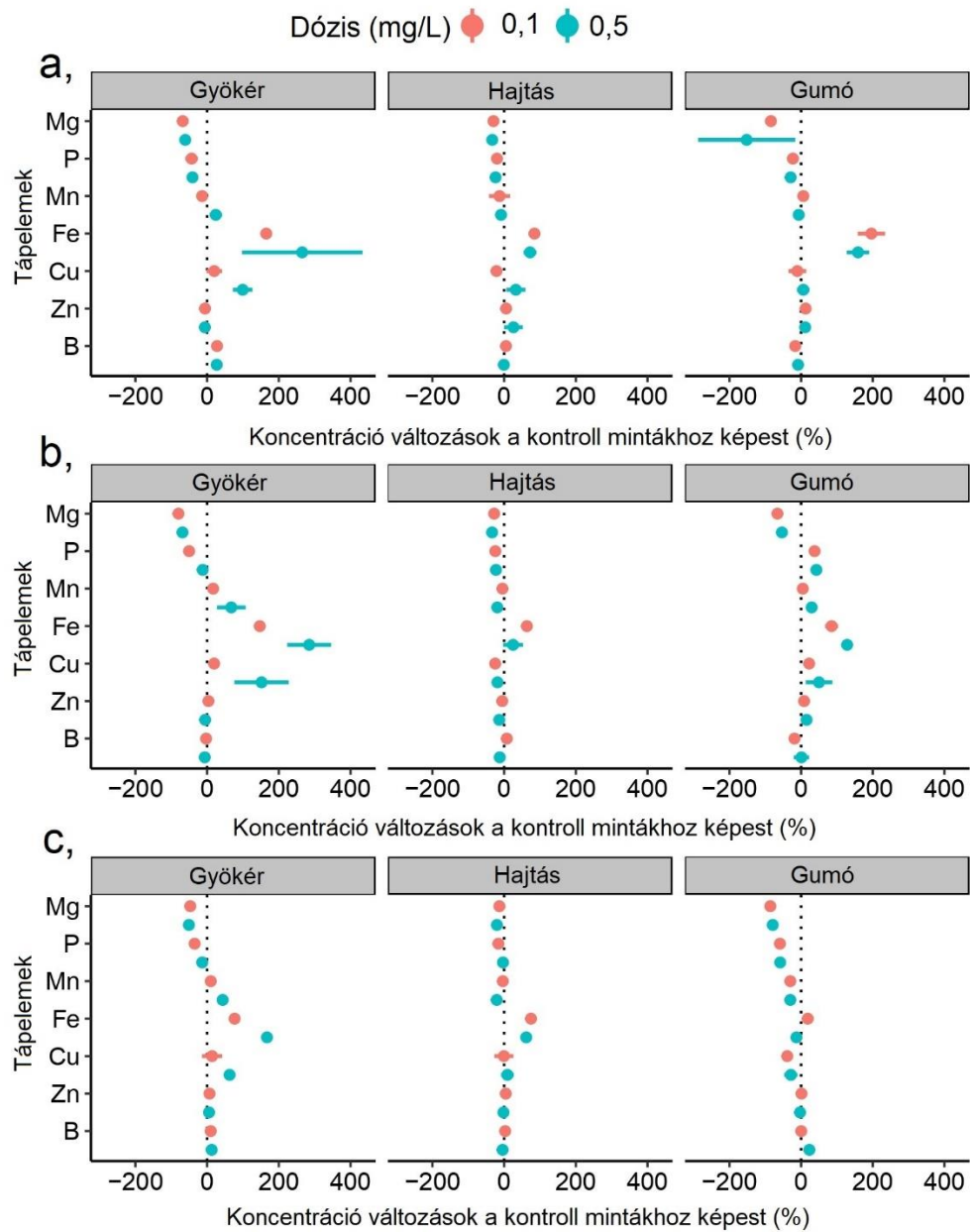
A paradicsom hajtásaiban a foszfor és bór koncentrációkra mindhárom talajon szignifikáns változások voltak jellemzők. Foszfor esetén kizárólag csökkenést tapasztaltunk, melynek mértéke homoktalajon 60%, homok-vályog talajon 27%, vályog talajon pedig 42% volt 0,5 mg I/L jódkézelés mellett. A hajtás bór koncentrációja homok-vályog és vályog talajokon 18%-kal csökkent és 21%-kal nőtt 0,1 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazás mellett, míg 0,5 mg I/L jóddózisnál homoktalajon 20%-kal csökkent, homok-vályog talajon 16%-kal, vályog talajon pedig 16%-kal nőtt. A magnézium (+35%), mangán (+47%), vas (+112%) és cink (+23%) koncentrációk kizárólag vályog talajon mutattak szignifikáns változást, míg a réz homok-vályog (-23%) és vályog (+30%) talajon is.

A paradicsomtermések foszfor (-19-40%) és vas (-25-76%) koncentrációi mindhárom talajtípusban, mindkét alkalmazott jódkézelés mellett szignifikánsan csökkentek a kontroll növényekben mért koncentrációkhoz képest. A termés mangán (-19-24%) és réz (-34-37%) koncentrációját tekintve szintén csökkenést tapasztaltunk a kontroll mintákhoz képest, azonban a magnézium (+11-18%) és cink (+22-54%) koncentrációk szignifikánsan nőttek. A termések bór koncentrációja nem mutatott szignifikáns változást a kontroll mintákban mért értékekhez képest.

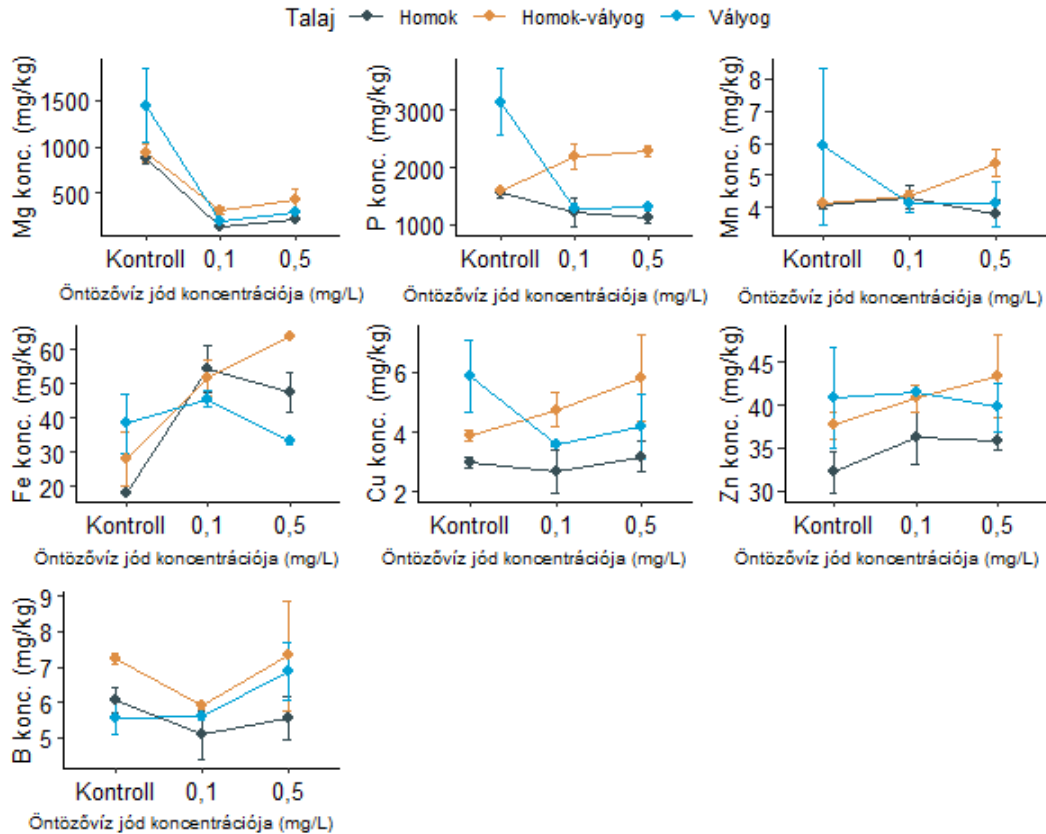


#### 4.4.3. Burgonya

A burgonyanövények különböző részeinek tápelem koncentráció változásait az öntözővíz jódnak koncentrációjának függvényében a 47. ábra, a gumóra vonatkozó adatokat pedig a 48. ábra is bemutatja.



47. ábra Homok (a), homok-vályog (b) és vályog (c) talajokon termesztett burgonyanövények átlag tápelem koncentrációinak változása (%) a kontroll mintákhoz képest



48. ábra Homok, homok-vályog és vályog talajokon termesztett burgonyanövények átlag tápelem koncentrációinak változása a gumóban

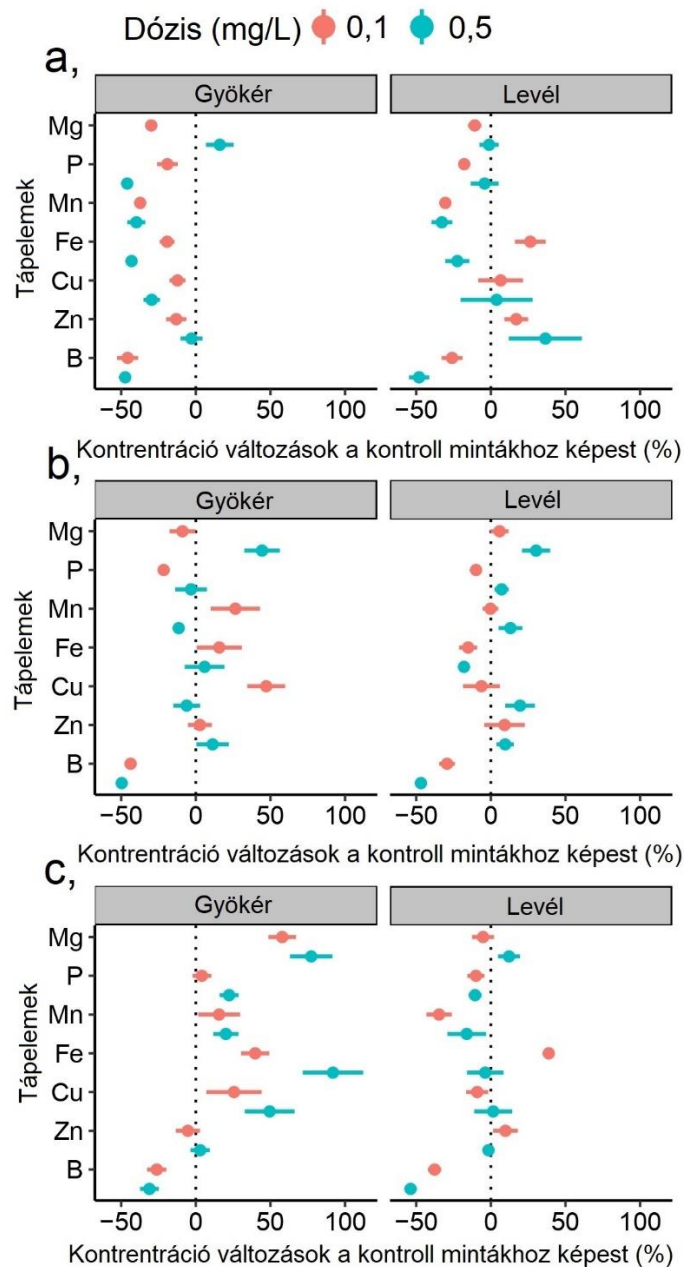
A burgonya gyökerében mért magnézium, vas és réz koncentrációik mindhárom talajon nevelt növény esetén szignifikánsan változtak, mely magnézium esetén 68% és 65%, 80% és 74%, valamint 47% és 51% csökkenést jelentettek 0,1 és 0,5 mg I/L jóddózisok mellett, homok, homok-vályog és vályog talajokon. A gyökér vas koncentrációi rendkívül jelentős növekedést mutattak, melynek mértéke 165% és 168%, 147% és 224%, valamint 39% és 110% volt homok, homok-vályog és vályog talajokon a kontroll mintákhoz képest, 0,1 és 0,5 mg I/L jóddózisok mellett. A réz koncentrációk szintén kizárólag növekedést mutattak, azonban szignifikánsak csak 0,5 mg/L jóddózisú öntözővíz alkalmazása mellett voltak, melynek mértéke 90%, 156% és 64% volt homok, homok-vályog és vályog talajokban termesztett növények esetén. A burgonyagyökér mangán (+68%) koncentrációja esetén szignifikáns növekedést detektáltunk homok-vályog talajon, a bórnál szintén növekedést homok (24%) és vályog (9-13%) talajokon, míg a cink esetén nem volt szignifikáns változás a kontroll mintákhoz képest. A foszfor koncentrációknál 14-35%-os csökkenést tapasztaltunk vályog talajon a kontroll növényekhez képest.

A burgonya hajtásaiban a magnézium és vas koncentrációkra mindhárom talajon szignifikáns változások voltak jellemzők, mely az előbbinél kizárólag csökkenést (20-33%), utóbbinál pedig kizárólag növekedést (62-85%) jelenett. A foszfor és réz koncentrációk homok-vályog talajon mutattak szignifikáns csökkenést, melynek mértéke 23-25% és 18-25% volt. A hajtásrészek mangán, cink és bór koncentrációi nem szignifikánsan nem változtak a kontroll növények hajtásaihoz képest.

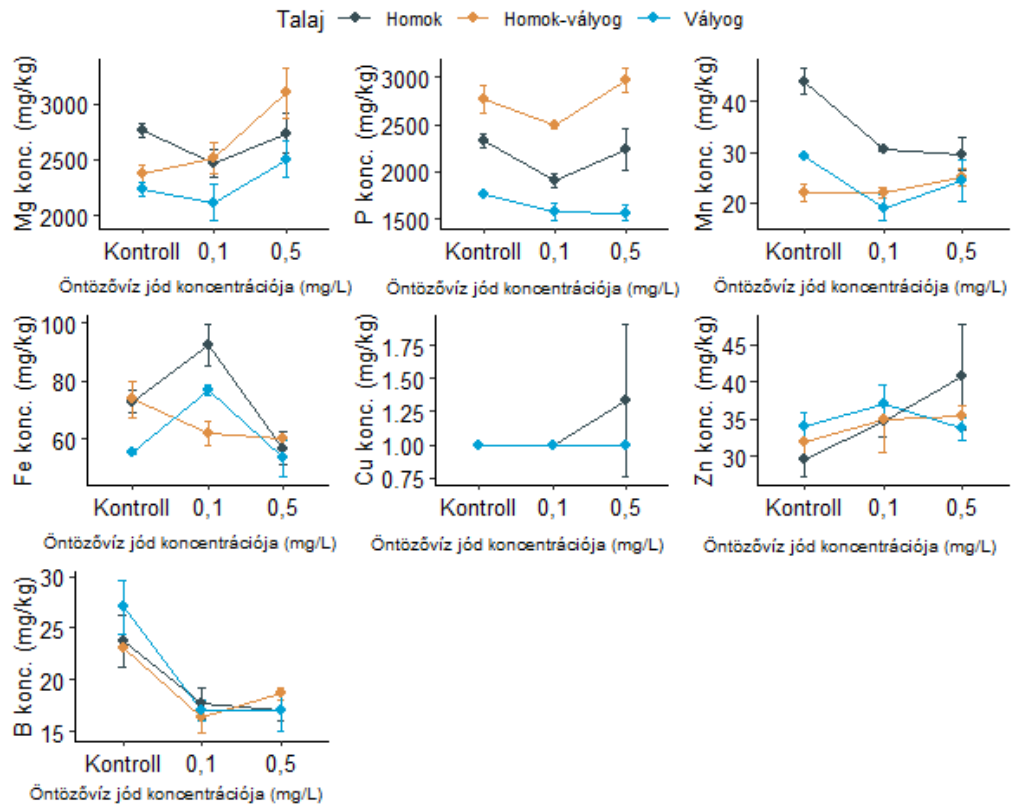
A burgonyagumók magnézium (-61-86%) koncentrációi mindhárom talajtípusban szignifikánsan változtak a kontroll növényekben mért koncentrációkhoz képest, míg a foszfor koncentrációk (+38-43%) csak homok-vályog talajon. A gumó vas (homok és homok-vályog: +86-200%) koncentrációját tekintve jelentős növekedést tapasztaltunk a kontroll mintákhoz képest, míg a mangán, cink és bór koncentrációk szignifikánsan nem változtak. A réz esetén egyetlen esetben, a homok-vályog talajon, 0,1 mg/L jódkészítés mellett fordult elő szignifikáns változás (+25%).

#### 4.4.4. Káposzta

A káposzta különböző növényi részeinek tápelem koncentráció változásait az öntözővíz jód koncentrációjának függvényében a 49. ábra, a levélre vonatkozó adatokat pedig a 50. ábra is szemlélteti.



49. ábra Homok (a), homok-vályog (b) és vályog (c) talajokon termesztett káposztanövények átlag tápelem koncentrációinak változása (%) a kontroll mintákhoz képest



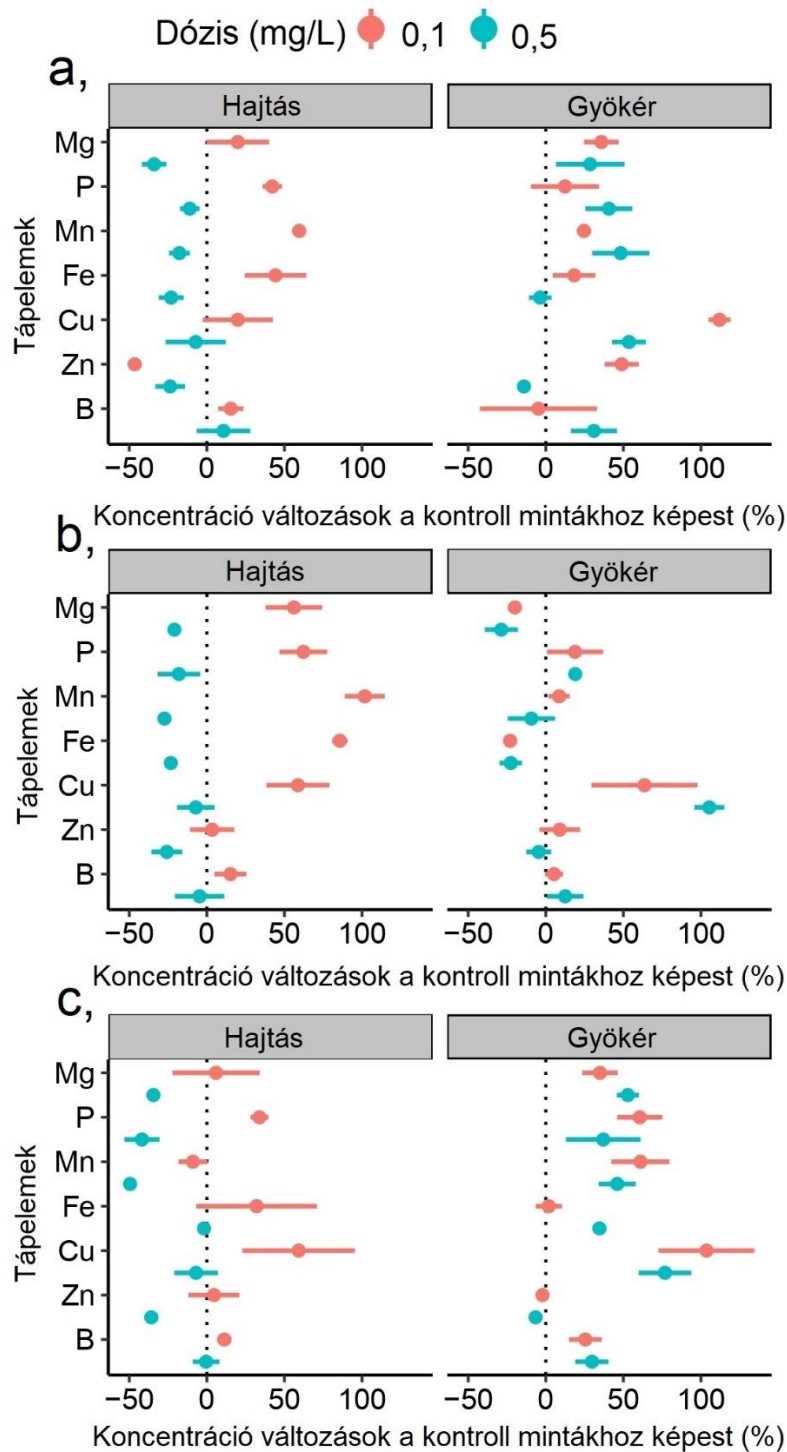
50. ábra Homok, homok-vályog és vályog talajokon termesztett káposztanövények átlag tápelem koncentrációinak változása a levélben

A káposzta gyökerének magnézium, foszfor és bór koncentrációi mindhárom talajtípusban szignifikáns változásokat mutattak, magnézium (homok: -30% és +16%; homok-vályog: -9% és +44%; vályog: +58% és +77%) és bór (-29-50%) és esetén mindkét alkalmazott jóddózisnál, foszfornál pedig homoktalajon (-19%) 0,1 mg I/L, homok-vályogon (-3%) 0,5 mg I/L, vályogon (+4-22%) pedig mindkét jódkézelés során. A gyökér mangán (-37-40%) koncentrációja homoktalajon, vas koncentrációja homok (-19-43%) és vályog (+40-92%) talajon, míg réz (+47%) koncentrációja homok-vályog talajon mutatott szignifikáns változást. A cink esetén szignifikáns koncentráció-változást nem tapasztaltunk.

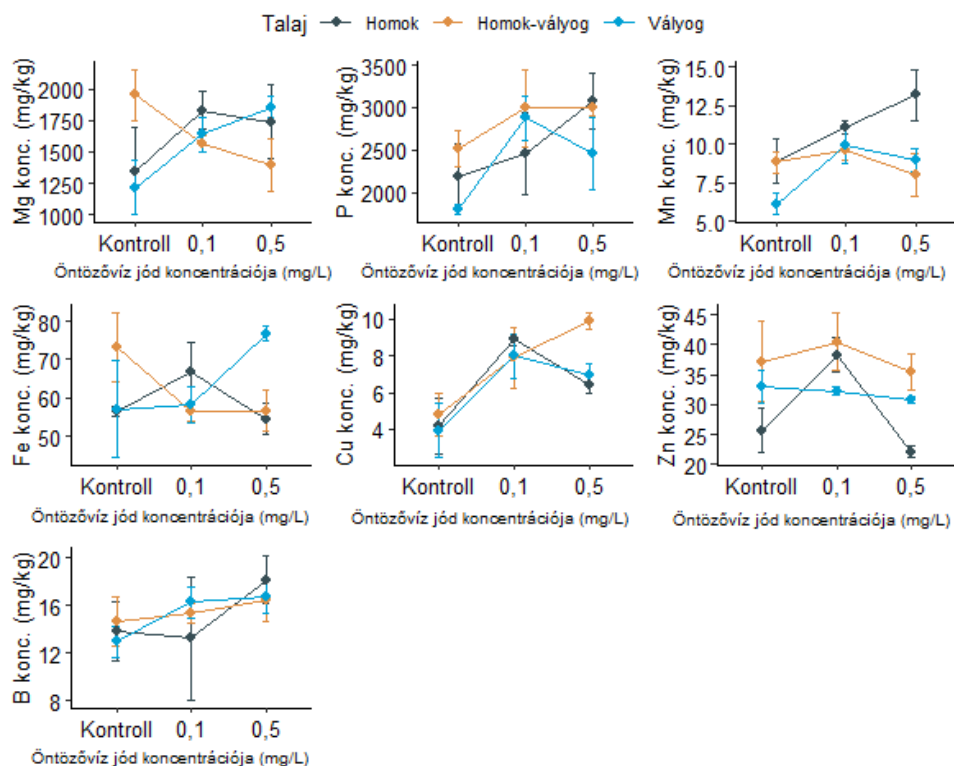
A káposzta leveleiben a vas és bór koncentrációk mindhárom alkalmazott talajban szignifikáns változásokat mutattak, bór (-17-37%) esetén mindkét alkalmazott jódkézelésnél, vas esetén pedig homoktalajon (+26% és -22%) mindkét jóddózisnál, homok-vályog talajon (-18%) 0,5 mg I/L-nél, vályog talajon (+39%) pedig 0,1 mg I/L-nél. A foszfor (+7%) és magnézium (30%) koncentrációk kizárólag homok-vályog talajon változtak szignifikánsan, míg a mangán koncentrációk homok (-31-33%) és vályog (-35%). A káposztalevelek réz és cink koncentrációi tekintetében nem tapasztaltunk szignifikáns változást a kontroll növényben mért értékekhez képest.

#### 4.4.5. Sárgarépa

A sárgarépa különböző részeinek tápelem koncentráció változásait az öntözővíz józ koncentrációjának függvényében a 51. ábrán foglaltam össze, a gyökérre vonatkozó adatokat pedig az 52. ábra is szemlélteti.



51. ábra Homok (a), homok-vályog (b) és vályog (c) talajokon termesztett sárgarépanövények átlag tápelem koncentrációinak változása (%) a kontroll mintákhoz képest



52. ábra Homok, homok-vályog és vályog talajokon termesztett sárgarépanövények átlag tápelem koncentrációinak változása a gyökérben

A sárgarépa gyökerének kizárólag a réz koncentrációja mutatott szignifikáns változást mind a három talajtípusban, melynek mértéke homoktalajban, 0,1 mg I/L kezelés mellett +112%, homok-vályog talajban +64% és +105% 0,1 és 0,5 mg I/L dózis mellett, míg vályog talajban 104% és 77% értékeknek adódtak 0,1 és 0,5 mg I/L dózisú öntözővíz használata mellett. A gyökér foszfor (vályog: +61%), mangán (homok: 48%; vályog: +61 és +46%), cink (homok: +49%) és bór (vályog: +30%) koncentrációját tekintve kizárólag szignifikáns növekedést tapasztaltunk, míg a vas (homok-vályog: -23%) esetén szignifikáns csökkenést. A magnézium koncentrációkat tekintve homok-vályog talajon 0,5 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazásával 29% csökkenést, míg vályog talaj esetén 35% és 53% növekedést detektáltunk 0,1 és 0,5 mg I/L kezeléseknél.

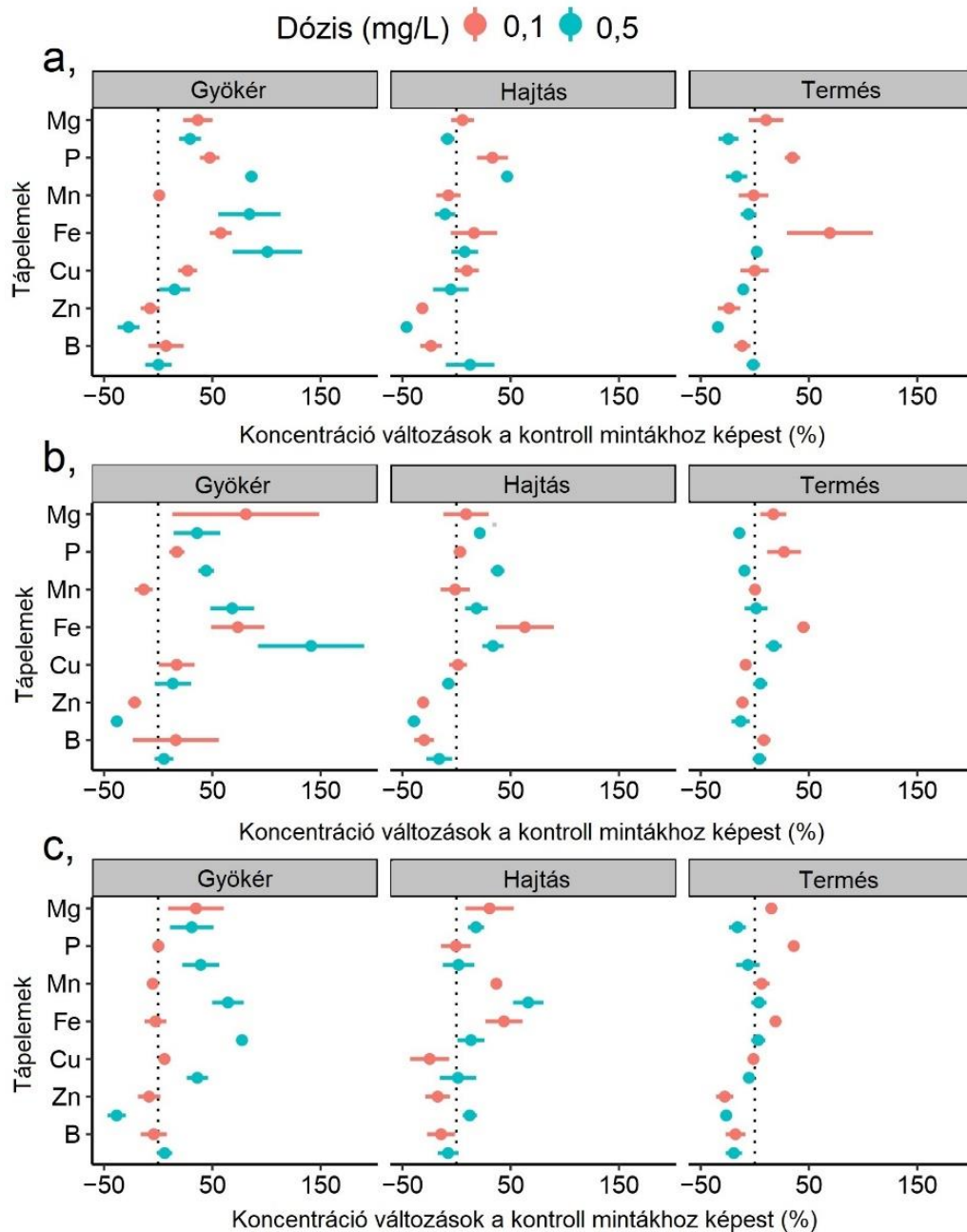
A sárgarépa hajtásaiban mindhárom talajtípusnál szignifikánsan változott a magnézium, foszfor, mangán és a cink koncentrációja is a kontroll növényekben mért koncentrációkhoz képest. A cink (-26-46%) koncentrációk esetén kizárólag szignifikáns csökkenést tapasztaltunk, a foszfor koncentrációk esetén pedig 0,1 mg I/L dózisonál kizárólag növekedést (+34-62%), vályog talajon pedig 0,5 mg I/L kezelés mellett 42% csökkenést. A hajtások magnézium koncentrációja homok és homok-vályog talajokon 28

és 56%-kal nőtt a kontroll mintákhoz képest 0,1 mg I/L dózis mellett, míg 0,5 mg I/L kezelésnél 34%-kal csökkent homok és vályog talajokon. A mangán (+60-102%) és vas (+44-86%) koncentrációk a magnéziumhoz hasonlóan 0,1 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz mellett növekedést mutattak homok és homok-vályog talajokon, míg 0,5 mg I/L dózis mellett mangán koncentráció csökkenést (-18-49%) tapasztaltunk homok, homok-vályog és vályog talajokon, vas (-23%) esetén pedig homok-vályog talajon. A réz koncentrációkat tekintve vályog talajon, 0,1 mg I/L kezelés mellett 59% növekedést detektáltunk, míg a bór koncentrációk nem változtak a kezelt növényekben a kontroll mintákhoz képest.

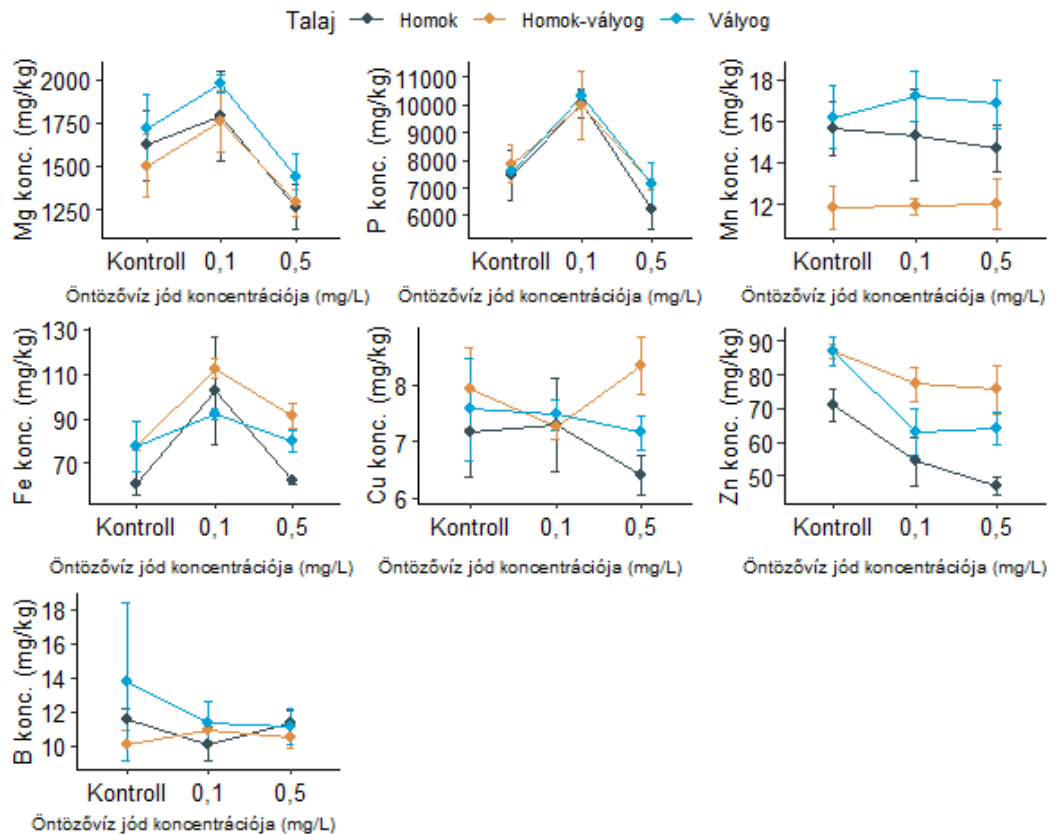


#### 4.4.6. Zöldborsó

A zöldborsó különböző növényi részeinek tápelem koncentráció változásait az öntözővíz jó d koncentrációjának függvényében a 53. ábrán tüntettem fel, míg a termésre vonatkozó változásokat az 54. ábra is bemutatja.



53. ábra Homok (a), homok-vályog (b) és vályog (c) talajokon termesztett zöldborsónövények átlag tápelem koncentrációinak változása (%) a kontroll mintákhoz képest



54. ábra Homok, homok-vályog és vályog talajokon termesztett zöldborsónövények átlag tápelem koncentrációinak változása a termésben

A zöldborsó gyökerének foszfor, mangán, vas és cink koncentrációi mindhárom alkalmazott talajtípus esetén mutattak szignifikáns változásokat. A foszfor (+39-86%), mangán (+64-84%) és vas (+58-141%) esetén kizárólag növekedést tapasztaltunk a kontroll mintákhoz képest, míg a cink (-22-38%) esetén kizárólag csökkenést. A gyökér magnézium koncentrációját tekintve homoktalajon 37 és 29% növekedés volt jellemző 0,1 és 0,5 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazása mellett, a réz koncentrációknál pedig 36% növekedés vályog talajon, 0,5 mg I/L kezelés során. A zöldborsó gyökereiben nem tapasztaltuk a bór koncentráció szignifikáns változást a kontroll növényekhez képest.

A gyökérhez hasonlóan a zöldborsó hajtásaiban kizárólag szignifikáns növekedést detektáltunk a foszfor (+33-47%), mangán (+37-66%) és vas (+44-63%) koncentrációk tekintetében, míg a cink (-31-46%) és bór (-30%) esetén kizárólag csökkenést. A magnézium és réz koncentrációkban szignifikáns változást nem tapasztaltunk.

A zöldborsótermések foszfor koncentrációja 35, 27 és 36%-kal növekedett homok, homok-vályog és vályog talajokban 0,1 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazása mellett. A vas koncentrációk esetén szintén szignifikáns növekedést tapasztaltunk, melynek mértéke homoktalajon 69% 0,1 mg I/L dózissnál, homok vályog talajon pedig

45 és 18% voltak 0,1 és 0,5 mg I/L kezelés mellett. A gyökér és hajtás részekhez hasonlóan a cink (-2-34%) koncentrációk a termésekben is csökkentek a kontroll növényekhez képest homok és vályog talajokon. A magnézium, mangán, réz és bór koncentrációk tekintetében nem detektáltunk szignifikáns változásokat a kontroll mintákhoz képest.

#### *4.4.7 A 6 növény esetében meghatározott tápelem koncentrációk egymással és irodalmi adatokkal történő összehasonlítása*

Összességében elmondható, hogy a jódadagolás hatására a 7 vizsgált esszenciális elem koncentrációja különböző mértékben változott, legjelentősebbeket a vas esetén, míg a legkisebb mértékűeket a cink, réz és bór esetében tapasztaltuk. A jód biofortifikáció tápelemekre irányuló hatásairól rendkívül kevés szakirodalom áll rendelkezésre, mely tanulmányok a paradicsom, burgonya és sárgarépa növények tápelem koncentrációinak (Mg, P, Mn, Fe, Cu, Zn) vizsgálatára vonatkoznak.

A magnézium koncentrációk legnagyobb mértékű változásait a burgonya esetén tapasztaltuk, ahol kizárólag csökkenés volt jellemző, melynek mértéke a gyökérnél 20-86%, a hajtásnál 47-80%, a gumónál pedig a legjelentősebb, 61-86% volt. A statisztikailag szignifikáns változásokat tekintve paradicsomnál és zöldborsónál kizárólag növekedést tapasztaltunk, paradicsom esetén mindhárom növényi résznél (12-58%), míg a zöldborsónál a gyökérben (29-37%). A paradicsomnövényekben tapasztalt magnézium koncentráció növekedés nem harmonizál a szakirodalomban fellelhető eredményekkel, miszerint egy 2018-as tanulmányban koktélpáradicsomok kálium-jodid (1 mg/L) kezelése nem eredményezett szignifikáns foszfor koncentráció változást (Islam és mtsai. 2018). A káposzta (58-77%) és a sárgarépa (35-53%) magnézium koncentrációit mindkét alkalmazott jóddózis mellett jelentős mértékű növekedés jellemezte vályog talajon, míg a zöldborsónál statisztikailag szignifikáns változásokat nem tapasztaltunk a kontroll mintákhoz képest. A sárgarépa tanulmányozása során tapasztalt magnézium koncentráció változás harmonizál egy, a szakirodalomban talált szabadföldi kísérlettel, mely során 0,5 kg I/ha kezelés mellett szignifikáns magnézium koncentráció növekedést tapasztaltak (Smoleń és mtsai. 2011).

A zöldborsó növényben kizárólag a foszfor koncentráció növekedését detektáltuk mindhárom növényi részben, mely a zöldbab termésében igen jelentős, 21-62%-os növekedés volt. A paradicsom és a burgonya foszfortartalmát tekintve elmondható, hogy

a paradicsom esetén a termésben és a hajtásban, míg a burgonyánál a gyökérben és a hajtásban csökkenést volt jellemző. Paradicsomnál kizárólag a gyökérben fordult elő foszfor koncentráció növekedés, burgonyánál pedig a homok-vályog talajban nevelt növények gumóiban (38-43%). Islam és munkatársai (2018) a magnéziumhoz hasonlóan a foszfor esetén sem tapasztaltak szignifikáns változást paradicsomnövényekben (Islam és mtsai. 2018). A káposzta gyökereinél csak a vályog talajon nevelt növényekben tapasztaltunk foszfor koncentráció növekedést, homok és homok-vályog talajokon pedig csökkenést, továbbá a káposztalevél foszfortartalma homok-vályog talajon kis mértékben (7%) nőtt a kontroll növényekhez képest. A sárgarépa foszfor koncentráció változásait tekintve elmondható, hogy a vályog talajban nevelt növények hajtásainál 42%-os csökkenés volt megfigyelhető 0,5 mg I/L dózis mellett, azonban a többi esetben növekedést tapasztaltunk, mellyel szemben egy 2011-es szabadföldi kísérletben 1 és 2 kg I/ha kezelés mellett foszfor koncentráció növekedést detektáltak a répa gyökerében (Smoleń és mtsai. 2011)

A mangán koncentráció változását tekintve megállapítottuk, hogy a zöldbabban és a burgonyában szignifikánsan nőtt, a gyökér részekben 53 és 57, míg az ehető részekben 35 és 25%-kal. A burgonyában mért értékek összhangban állnak egy 2015-ös kísérlet eredményeivel, melyben a kálium-tartalmú műtrágya alkalmazása a mangán koncentráció növekedését okozta a burgonyagumókban (Esfandiari és mtsai. 2015). A paradicsom (19-24%) és a káposzta (16-35%) ehető részeiben kizárólag a mangán koncentráció csökkenését tapasztaltuk, mellyel szemben Islam és munkatársai (2018) jódkezelés hatására nem tapasztalták koktélpáradicsomok mangántartalmának változását (Islam és mtsai. 2018). A sárgarépa ehető részeiben a mangán koncentráció szignifikáns növekedését (46-61%) tapasztaltuk, míg a zöldborsó esetén kis mértékű csökkenés (1-6%) volt megfigyelhető a homoktalajon nevelt növényekben.

A legnagyobb mértékű koncentráció változásokat a vas esetén tapasztaltuk, mely a zöldbabban (56-82%), a burgonyában (39-224%) és a zöldborsóban (18-141%) jelentős növekedés formájában nyilvánult meg. A paradicsomnál egészen más tendenciát figyeltünk meg, miszerint a növény ehető részében 25-76%-os vas koncentráció csökkenés volt jellemző jóddózistól és talajtípustól függetlenül. Ezen megfigyelésünkkel ellentétes eredmények születtek Islam és munkatársai (2018) kísérletében, melyben a paradicsomnövényekben vizsgált tápelemek közül kizárólag a vas koncentrációja mutatott szignifikáns növekedést (Islam és mtsai. 2018). A vályog talajban nevelt káposztanövények ehető részében 39%-os vas koncentráció növekedést találtunk, mellyel

szemben a sárgarépa gyökerében 23%-os csökkenést figyeltünk meg. Smoleń és munkatársai (2011) az eredményeinkkel ellentétben kálium-jodid talajkezelés és permetezés mellett a répa ehető részeiben található vas mennyiségének növekedését tapasztalták (Smoleń és mtsai. 2011).

A növényekben található réztartalmat tekintve elmondható, hogy a zöldbab, burgonya, káposzta és zöldborsó ehető részeiben nem fordult elő szignifikáns koncentráció változás a kontroll növényekhez képest, mellyel szemben egy 2015-ös kutatásban a burgonyagumók réz koncentrációjának növekedéséről számoltak be kálium-jodáttal történő talajkezelést követően (Esfandiari és mtsai. 2015). A paradicsomnövények termésében 34-37%-os csökkenés volt megfigyelhető homoktalajon, míg Islam és munkatársai (2018) nem detektáltak szignifikáns réz koncentráció változást paradicsomnövényekben. A legjelentősebb réztartalom változások a sárgarépa esetén voltak jellemzőek, ahol a növény ehető részében 54-112%-os növekedést figyeltünk meg.

Statistikailag szignifikáns cink koncentráció változásokat a burgonya és a káposzta egyes növényi részeiben nem tapasztaltunk, mely a burgonyára vonatkozóan összhangban áll az Esfandiari és munkatársai (2015) által közölt eredményekkel (Esfandiari és mtsai. 2015). A cink koncentrációja zöldbab esetén a vályog (0,5 mg I/L: 39%), a paradicsom esetén pedig a homok (41-54%) és homok-vályog (22-25%) talajokon nőtt a kontroll mintákhoz képest. Islam és munkatársai nem tapasztaltak szignifikáns cink koncentráció változást paradicsomnövények termésében (Islam és mtsai. 2018). A homoktalajban nevelt, 0,1 mg/L jód koncentrációjú öntözővízzel kezelt sárgarépanövények ehető részében 49%-os növekedést figyeltünk meg, mely harmonizál egy 2011-es kísérlet eredményeivel, ahol jóddal történő talajkezelést és permetezést követően az ehető növényi részek cink koncentrációjának növekedését tapasztalták (Smoleń és mtsai. 2011), ugyanakkor a hajtásnál 26-46%-os csökkenést figyeltünk meg. A legjelentősebb cinktartalom változásokat a sárgaborsónál figyeltük meg mindhárom növényi részben, mely változások minden esetben csökkenést (gyökér: 22-38%; hajtás: 31-46%; termés: 2-34%) jelentettek.

A legkisebb mértékű koncentráció változások a bórnál voltak jellemzőek, ahol a zöldbab, paradicsom, burgonya, sárgarépa és zöldborsó ehető részeiben nem fordult elő szignifikáns változás a kontroll növényekhez viszonyítva. Ezzel szemben a káposzta esetén jelentős mértékű csökkenést (19-50%) tapasztaltunk mindhárom növényi résznél, mindkét alkalmazott jód koncentrációnál és mindhárom talajon.

Eredményeinkből látható, hogy a növényekben található jód és tápelemek egyértelműen kölcsönhatásba lépnek egymással, azonban a szakirodalomban nagyon kevés információ áll rendelkezésünkre a jód más elemekre gyakorolt hatásáról és a különböző kölcsönhatások okairól és ezen adatok a sokszor eltérő kezelési típusok és alkalmazott jódkoncentrációk függvényében sokszor nehezen hasonlíthatók össze egymással.

## 5. Összefoglalás

Doktori kutatásomat egy Nemzeti Versenyképességi és Kiválósági Program (NVKP\_16-1-2016-0044) pályázat keretei között készítettem el a HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont Vízi Ökológiai Intézetében.

Doktori értekezésem szakirodalmi áttekintésében bemutattam a jód fizikai és kémiai tulajdonságaira, a környezetben való előfordulására, valamint az emberélettani jelentőségére irányuló tanulmányokat. Átfogó képet adtam különböző növények jódfelvételének hatékonyságáról vízkultúrát, ásványi műtrágyát, levélpermetezést és jóddal adagolt öntözővizet alkalmazó kutatásokon keresztül, valamint a jód egyes növényi részekben történő felhalmozódásának mértékéről és ennek hatásairól a növények fotoszintetikus hatékonyságára, klorofill tartalmára, biomassza-termelésére és tápelem koncentrációira vonatkozóan.

Munkám során tenyészedeényekben nevelt zöldbab (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Golden Goal), paradicsom (*Solanum lycopersicum* L. cv. Mano), burgonya (*Solanum tuberosum* L. cv. Balatoni rózsza), káposzta (*Brassica oleracea* L. var. capitata cv. Zora), sárgarépa (*Daucus carota* L. var. sativus cv. Nantes-2) és zöldborsó (*Pisum sativum* L. var. Rajnai törpe) különböző részeinek (gyökér, hajtás, ehető növényi rész) fotoszintetikus aktivitását, klorofill koncentrációját, biomassza-változásait, valamint jód és esszenciális tápelem felvételét vizsgáltam kálium-jodiddal (0,1 és 0,5 mg I/L) adalékolt öntözővíz alkalmazásával.

A fotoszintetikus aktivitás (Fv/Fm) és a klorofill koncentráció (CCI) a növények fotoszintetikus hatékonyságának és növényélettani állapotának egyik legfontosabb jellemzői, melyekből a növény aktuális stressz állapotára következtethetünk. Az általunk vizsgált, jóddal kezelt növények Fv/Fm arányait és CCI értékeit tekintve, kis mértékű változásokat tapasztaltunk a kontroll csoportokhoz viszonyítva, azonban statisztikailag szignifikáns eltéréseket nem detektáltunk. A legkisebb Fv/Fm arányokat és klorofill koncentráció értékeket a burgonya, míg a legnagyobbakat a káposzta leveleiben mértük, azonban mind az 5 növény esetén megállapítottuk, hogy a jódkezelések nem hatottak negatívan a fotoszintetikus hatékonyságukra és a klorofilltartalmukra.

A 6 vizsgált növény jóddal adagolt öntözővízzel történő locsolása során a száraz tömegek eltérő mértékben változtak a kontroll növényekhez képest. A paradicsom és a sárgarépa növényi részeiben egyik alkalmazott jód koncentrációjú öntözővíz sem okozott szignifikáns változásokat, így ezen növények esetén megállapítottuk, hogy a jódkezelés

nem befolyásolta az egészséges fejlődési folyamatokat. Ezen növényekkel ellentétben a zöldbab gyökerében, hajtásában és termésében is előfordult szignifikáns biomassza-csökkenés a jódkezelések hatására, a gyökér esetén mindkét alkalmazott jód koncentrációjú öntözővíz mellett homoktalajon, a hajtásnál a kisebb jóddózis mellett homok-vályog talajon, míg a termés esetében a nagyobb jód koncentrációnál vályog talajon. A burgonya és a zöldborsó vizsgálata során a zöldbabhoz viszonyítva kisebb mértékben, de 0,5 mg I/L dózis mellett detektáltunk szignifikáns csökkenést a száraz tömegekben, burgonyánál a gyökérben homok-vályog talajon és a gumóban vályog talajon, míg a zöldborsónál a hajtásban homoktalajon. Kutatásunk során a káposzta bizonyult az egyetlen olyan kísérleti növénynek, mely esetén a jódkezelések hatására statisztikailag szignifikáns növekedés volt jellemző az ehető növényi rész száraz tömeg értékeire vonatkozóan, melyet a homok és homok vályog talajokon nevelt növényeknél figyeltünk meg, mindkét jóddózis alkalmazása esetén.

A jód koncentráció változásának nyomon követése során megállapítottuk, hogy a jóddal adagolt öntözővíz alkalmazásának hatására mind a 6 zöldség növényi részeiben nőtt a jód koncentrációja a kontroll növénycsoportokhoz viszonyítva, az öntözővíz jód koncentrációjának emelésével. A különböző növényi részekben mért növekvő jód koncentrációk az esetek nagy részében csak 0,5 mg/L jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazásával adódott statisztikailag szignifikánsnak. Munkánk során a zöldbabot, a burgonyát és a zöldborsót találtuk a legkevésbé, míg a káposztát, a paradicsomot és a sárgarépat a leginkább alkalmas célnövényeknek a jód növényi részekben történő dúsulásának szempontjából.

A növényekben vizsgált tápelem koncentrációk tekintetében megállapítottuk, hogy a különböző jóddózisú öntözővizek alkalmazásának hatására a növények tápelem koncentrációi különböző mértékben változtak, továbbá mindegyik vizsgált tápelemnél előfordultak szignifikáns eltérések. A legnagyobb mértékű koncentráció változások a vasnál fordultak elő, míg a legcsekélyebbek a cinknél, réznél és bórnál, azonban a rendelkezésre álló kevés szakirodalom és ezen kutatások során alkalmazott eltérő kezelési típusok és jódkoncentrációk következtében az eredmények nehezen hasonlíthatóak össze.



## Vetési Viktória PhD értekezésének kivonata

A jód (I) nélkülözhetetlen elem a pajzsmirigy által termelt tiroxin és trijód-tironin hormonok képződésében, melynek elégtelen bevitele jódiányos betegségek kialakulásához vezethet, mint például a golyva. Az Egészségügyi Világszervezet becslései szerint az elégtelen jódbevitel körülbelül 2 milliárd embert érint világszerte.

Kutatásunkban a jód akkumulációját és transzlokációját vizsgáltam tenyészedényekben, három különböző talaj típuson (homok, homok-vályog, vályog) termesztett zöldbab, paradicsom, burgonya, káposzta, sárgarépa és zöldborsó növényekben 0,1 és 0,5 mg I/L koncentrációjú öntözővíz alkalmazásával. Kísérleteink során a különböző növényi részek (gyökér, hajtás, ehető növényi rész) fotoszintetikus aktivitását, klorofill tartalmát, biomassa-változásait, valamint jód és tápelem koncentrációinak alakulását vizsgáltam.

Megállapítottuk, hogy az általunk vizsgált növények fotoszintetikus aktivitásának és klorofill koncentrációjának változásai a jódkezelések mellett nem bizonyultak statisztikailag szignifikánsnak. A jódkezelt zöldségnövények biomassa-termelését tekintve, a paradicsom és sárgarépa esetén nem detektáltunk szignifikáns tömegváltozásokat, azonban a zöldbab, burgonya és zöldborsó egyes növényi részeiben előfordult statisztikailag szignifikáns növekedésgátlás, míg a káposzta esetében a jódadagolás kedvezően befolyásolta az ehető növényi rész tömegnövekedését homok és homok-vályog talajokon. Összességében elmondható, hogy a jóddal adagolt öntözővíz alkalmazásának hatására mind a 6 növény részeiben nőtt a jód koncentrációja a kontroll csoportokhoz viszonyítva, szignifikáns növekedést elsősorban 0,5 mg I/L dózis mellett tapasztaltunk. Az eltérő jód koncentrációjú öntözővizek alkalmazása különbözően befolyásolta a tápelemek koncentrációt, mely változások mértéke legnagyobbak a vasnál, míg legcsekélyebbnek a cinknél, a réznél és a bórnál bizonyultak.

Összességében elmondható, hogy munkánk során a burgonyát találtuk a legkevésbé alkalmas zöldségnövénynek a jód biofortifikáció szempontjából, míg a jód felhalmozódását és transzlokációját figyelembe véve a káposzta bizonyult legalkalmasabb célnövénynek.

## **Abstract of PhD thesis by Viktória Vetési**

Iodine (I) is an essential element in the synthesis of thyroxine and triiodothyronine hormones and low intake of this element resulted in iodine deficiency disorders e.g. goiter. Based on the estimation of World Health Organization the insufficient iodine intake affects ca. 2 billion people in the world.

In our study iodine accumulation and translocation processes of green bean, tomato, potato, cabbage, carrot and green pea plants cultivated in three different soils (sand, sandy silt, silt) were investigated by applying irrigation water containing iodine in concentration of 0.1 and 0.5 mg/L. During our experiments photosynthetic efficiency, chlorophyll concentration, biomass production as well as concentration changes of iodine and essential nutrient elements in the different plant tissues (root, aerial and edible parts) were followed.

It was established that photosynthetic efficiency and chlorophyll concentration in all plants were not influenced statistically by the iodide addition. Significant differences in biomass production of tomato and carrot plants irrigated with iodine containing water was not observed, in some plant parts of green bean, potato and green pea a significant inhibitory effect was detected, while yield of cabbage leaves cultivated in sand and sandy silt soils was stimulated. It can be said that increasing iodine concentration in the irrigation water resulted in higher target element accumulation for all plant parts comparing with the control samples, significant differences primarily was detected by using 0.5 mg I/L dosage. Iodine addition had various influence on the nutrient element transport within the plants, the highest changes were reported in case of iron, while the lowest for zinc, copper, and boron.

Summarizing our experimental work, it can be established, that potato seemed to be the least suitable food plant for iodine biofortification, while considering the accumulation and translocation results of iodine cabbage was the most favourable one.

## Új tudományos eredmények összefoglalása

1. A növényfiziológiai paraméterek (fotoszintetikus aktivitás, klorofilltartalom) mérései során 0,1 és 0,5 mg I/L koncentrációjú öntözővizek alkalmazása mellett nem tapasztaltam statisztikailag szignifikáns változásokat a kontroll mintákhoz képest, így megállapítottam, hogy az alkalmazott jódkezelések nem gyakoroltak negatív hatást az általam vizsgált zöldségnövények egészséges fejlődésére egyik alkalmazott talajtípus esetében sem.
2. Megállapítottam, hogy 0,1 és 0,5 mg I/L dózisu jódkezelések nem okoztak statisztikailag szignifikáns eltéréseket az általam vizsgált paradicsom és a sárgarépa száraz tömeg értékeire vonatkozóan egyik alkalmazott talajtípus esetén sem. 0,5 mg/L jóddózis alkalmazása mellett a zöldbab gyökerében (homok talaj), termésében (vályog talaj), a burgonya gyökerében (homok-vályog talaj) és gumójában (vályog talaj), valamint a zöldborsó hajtásában (homok talaj) szignifikáns növekedésgátlást tapasztaltam. A káposztát tekintve elmondható, hogy mindkét jód koncentrációjú öntözővíz alkalmazása szignifikánsan pozitív hatást gyakorolt az eheto részek biomassza-termelésére homok és homok-vályog talajokon.
3. A jód koncentráció változásainak vizsgálata során megállapítottam, hogy az általunk alkalmazott jódkezelések hatására mind a 6 zöldségnövény gyöker, hajtás és eheto részeiben nőtt a jód koncentrációja a kontroll növénycsoportokkal összehasonlítva homok, homok-vályog és vályog talajokon, mely növekedés az esetek többségében 0,5 mg I/L jódkezelések alkalmazása mellett statisztikailag szignifikánsnak bizonyult.
4. Megállapítottam, hogy 0,1 és 0,5 mg/L jódkoncentrációjú öntözővizek alkalmazása befolyásolta a növényekben az általam vizsgált esszenciális elemek koncentrációit, mely változások a vizsgált célnövény, az alkalmazott talajtípus és jódkezelés függvényében legnagyobb mértékben a vasnál fordultak elő, míg a legkisebb eltéréseket a cinknél, réznél és bórnál tapasztaltam.
5. A jód biofortifikációja szempontjából megállapítottam, hogy az általunk alkalmazott vizsgálati körülmények és jód koncentrációk mellett a zöldbab, burgonya, és a zöldborsó bizonyult a legkevésbé alkalmas célnövényeknek, 100 g friss zöldség elfogyasztása mindössze egy felnőtt ember átlagos napi ajánlott jód beviteli mennyiségének 11, 3 és 9 %-át fedezné.

6. A jód akkumulációját tekintve a káposzta bizonyult a legmegfelelőbb célnövénynek, megállapítottam, hogy 100 g friss káposztalevél elfogyasztása fedezné egy felnőtt ember átlagos ajánlott jód beviteli mennyiségének 80%-át.

## Irodalomjegyzék

AAKRE I. – MORSETH M. S. – DAHL L. – HENJUM S. – KJELLEVOLD M. – MOE V. – SMITH L. – MARKHUS M. W. 2020: Iodine status during pregnancy and at 6 weeks, 6, 12 and 18 months post-partum. – *Maternal & Child Nutrition*. 17(1). <https://doi.org/10.1111/mcn.13050>

ABEL M. H. – KOREVAAR T. I. M. – ERLUND I. – VILLANGER G. D. – CASPERSEN I. H. – AROHONKA P. – ALEXANDER J. – MELTZER H. M. – BRANTSÆTER A. L. 2018: Iodine intake is associated with thyroid function in mild to moderately iodine deficient pregnant woman. *Thyroid*. 28(10). pp. 1359-1371. <https://doi.org/10.1089/thy.2018.0305>

AJIWE S. T. – POPOOLA A. R. – AFOLABI C. G. – ODUWAYE O. A. – GANIYU S. A. – FAJINMI O. B. – CHIKALEKE V. A. – IMONMION J. E. – ADIGUN J. A. – TAIWO B. F. – UZOEMEKA I. P. 2019: Effect of iodine biofortification on incidence and severity of Fusarium wilt and yield of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). – *Nigerian Journal of Biotechnology*. 36(1). pp. 146-151. <https://doi.org/10.4314/njb.v36i1.19>

ALSHAAL T. – EL-RAMADY H. 2017: Foliar application: from plant nutrition to biofortification. – *Environment, Biodiversity and Soil Security*. 1. pp. 71-83. <https://doi.org/10.21608/JENVBS.2017.1089.1006>

ANDERSEN S. – GUAN H. – TENG W. – LAURBERG P. 2009: Speciation of iodine in high iodine groundwater in China associated with goitre and hypothyroidism. – *Biological Trace Element Research*. 128. pp. 95-103. <https://doi.org/10.1007/s12011-008-8257-x>

ANDERSSON M. – BENOIST B. – DARNTON-HILL I. – DELANGE F. 2007: Iodine Deficiency in Europe: A continuing public health program. – *World Health Organization, UNICEF*.

ANDERSSON M. – KARUMBUNATHAN V. – ZIMMERMANN M. B. 2012: Global iodine status in 2011 and trends over the past decade. – *The Journal of Nutrition, Nutritional Epidemiology*. 142. pp. 744-750. <https://doi.org/10.3945/jn.111.149393>

ATHAR T. – KHAN M. K. – PANDEY A. – YILMAZ F. G. – HAMURCU M. – HAKKI E. E. – GEZGIN S. 2020: Biofortification and the involved modern approaches. – *Journal Elementology*. 25(2). pp. 717-731. <https://doi.org/10.5601/jelem.2020.25.1.1911>

ATMIS V. – BÜLBÜL B. – BAHŞI R. – GÜMÜŞSOY M. – YALÇIN A. – DOĞAN Z. – DEMİR Ö. – ERDOĞAN M. – ATLI T. 2021: Iodine concentration and prevalence of thyroid disease in older people after salt iodization in Turkey. – *Eastern Mediterranean Health Journal*. 27(2). pp. 151-158. <https://doi.org/10.26719/2021.27.2.151>

AUGUSTINE R. – KALYANASUNDARAM D. 2020: Agronomic biofortification of food crops with micronutrients. – *Plant Archives*. 20(2). pp. 1383-1387.

AZIZI F. 2007: Iodized oil: its role in the management of iodine deficiency disorders. – *International Journal of Endocrinology and Metabolism*. 2. pp. 91-98.

BACKER H. – HOLLOWELL J. 2000: Use of iodine for water disinfection: iodine toxicity and maximum recommended dose. – *Environmental Health Perspectives*. 108(8). pp. 679-684. <https://doi.org/10.1289/ehp.00108679>

BANSODE R. – KUMAR S. 2015: Biofortification – A novel tool to reduce micronutrient malnutrition. – *Indian Research Journal of Genetics and Biotechnology*. 7(2). pp. 205-208.

BENOIST B. – MCLEAN E. – ANDERSSON M. – ROGERS L. 2008: Iodine deficiency in 2007: Global progress since 2003. – *Food and Nutrition Bulletin*. 29(3). <https://doi.org/10.1177/156482650802900305>

BLASCO B. – RÍOS J. J. – SÁNCHEZ-RODRÍGEZ E. – RUBIO-WILHELMI M. M. – LEYVA R. – ROMERO L. – RUIZ J. M. 2012: Study of the interactions between iodine and mineral nutrients in lettuce plants. – *Journal of Plant Nutrition*. 35. pp. 1958-1969. <https://doi.org/10.1080/01904167.2012.716889>

BLIKRA M. J. – HENJUM S. – AAKRE I. 2022: Iodine from brown algae in human nutrition, with an emphasis on bioaccessibility, bioavailability, chemistry, and effects of processing: A systematic review. – *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 21. pp. 1517-1536. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12918>

BORA I. P. – BARUAH A. 2018: Iodine bio-fortification in leafy vegetables cultivated under different agroclimatic zones of Assam. – *International Journal of Current Research*. 10(8). pp. 72582-72587.

BOUIS H. – BIROL E. – BOY E. – GANNON B. – HAAS J. – LOW J. – MEHTA S. – MICHAUX K. – MUDYAHOTO B. – PFEIFFER W. – QAIM M. – REINBERG C. – ROCHEFORDS T. – STEIN A. J. – STROBBLE S. – STRAETEN D. – VERBEECKE V. – WELCH R. 2020: Food biofortification – Reaping the benefits of science to overcome hidden hunger. – *Council for Agricultural Science and Technology*. 69.

BRUULSEMA T. W. – HEFFER P. – WELCH R. M. – ÇAKMAK I. – MORAN K. 2012: Fertilizing crops to improve human health: a scientific review. – *Food and Nutrition Security*. 1.

BUDKE C. – STRATEN S. – MÜHLING K. H. – BROLL G. 2020A: Iodine biofortification of field-grown strawberries – Approaches and their limitations. – *Scientia Horticulturae*. 269. 109317. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109317>

BUDKE C. – MÜHLING K. H. – DAUM D. 2020B: Iodine uptake and translocation in apple trees grown under protected cultivation. – *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 183. pp. 468-481. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.638671>

CAFFAGNI A. – PECCHIONI N. – MERIGGI P. – BUCCI V. – SABATINI E. – ACCIARRI N. – CIRIACI T. – PULCINI L. – FELICIONI N. – BERETTA M. – MILC J. 2012: Iodine uptake and distribution in horticultural and fruit tree species. – *Italian Journal of Agronomy*. 7(3). <https://doi.org/10.4081/ija.2012.e32>

CAFFAGNI A. – ARRU L. – MERIGGI P. – MILC J. – PERATA P. – PECCHIONI N. 2015: Iodine fortification plant screening process and accumulation in tomato fruits and potato tubers. - *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 42. pp. 706-718. <https://doi.org/10.1080/00103624.2011.550372>

CERRETANI L. – COMANDINI P. – FUMANELLI D. – SCAZZINA F. – CHIAVARO E. 2014: Evaluation of iodine content and stability in recipes prepared with biofortified potatoes. - *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. (65(7)). pp. 797-802. <https://doi.org/10.3109/09637486.2014.917155>

COMANDINI P. – CERRETANI L. – RINALDI M. – CICHELLI A. – CHIAVARO E. 2013: Stability of iodine during cooking: investigation on biofortified and not fortified vegetables. – *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 64(7). pp. 857-861. <https://doi.org/10.3109/09637486.2013.798270>

DAI J. – ZHU Y. – ZHANG M. – HUANG Y. 2004: Selecting iodine-enriched vegetables and the residual effect of iodate application to soil. – *Biological Trace Element Research*. 101. pp. 265-276. <https://doi.org/10.1385/BTER:101:3:265>

DAI J. L. – ZHANG M. – HU Q. H. – HUANG Y. Z. – WANG R. Q. – ZHU Y. G. 2009: Adsorption and desorption of iodine by various Chinese soils: II. iodide and iodate. – *Geoderma*. 153. pp. 130-135. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2003.10.007>

DELANGE F. 1994: The disorders induced by iodine deficiency. – *Thyroid*. 4(1). pp. 107-128. <https://doi.org/10.1089/thy.1994.4.107>

DOLD S. – ZIMMERMANN M. B. – BAUMGARTNER J. – DAVAZ T. – GALETTI V. – BRAEGGER C. – ANDERSSON M. 2016: A dose-response crossover iodine balance study to determine iodine requirements. – *The American Journal of Clinical Nutrition*. 104. pp. 620-628. <https://doi.org/10.3945/ajcn.116.134049>

DUAN L. – WANG W. – SUN Y. – ZHANG C. SUN Y. 2020: Hydrogeochemical characteristics and health effects of iodine in groundwater in Wei River basin. – *Exposure and Health*. 12. pp. 369-383. <https://doi.org/10.1007/s12403-020-00348-7>

DUBORSKÁ E. – MATULOVÁ M. – VACULOVIC T. – MATÚŠ P. – URÍK M. 2021: Iodine fractions in soil and their determination. – *Forests*. 12. 1512. <https://doi.org/10.3390/f12111512>

EASTMAN C. J. – ZIMMERMANN M. B. 2018: The Iodine Deficiency Disorders. – *Endotext* [Internetes forrás: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK285556/> - Utolsó letöltés: 2024.03.23.].

EGNÉR H. - RIEHM H. - DOMINGO W. R. 1960: Investigations on chemical soil analysis as the basis for estimating soil fertility. II. Chemical extraction methods for phosphorus and potassium determination. - *Kungliga Lantbrukshögskolans Annaler*. 26. pp. 199–215.

ELVBAKKEN K. T. – MELTZER H. M. 2021: Research, knowledge, and policy on goitre and iodine in Norway (1850-2016). – *Centaurus*. 63(2). pp. 396-415. <https://doi.org/10.1111/1600-0498.12371>



- ERSHOW A. G. – SKEAFF S. A. – MERKEL J. M. – PEHRSSON P. R. 2018: Development of databases on iodine in foods and dietary supplements. – *Nutrients*. 10(1). 100. <https://doi.org/10.3390/nu10010100>
- ESFANDIARI E. – ABDOLI M. – RAHMATI M. 2015: Evaluation of iodate toxicity on growth, morpho-physiological characteristics and mineral nutrients concentrations of potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Agria). – *Azarian Journal of Agriculture*. 2(4). pp. 99-107.
- FUGE R. – JOHNSON C. C. 1986: The geochemistry of iodine – a review. – *Environmental Geochemistry and Health*. 8(2). pp. 31-54. <https://doi.org/10.1007/BF02311063>
- FUGE R. – JOHNSON C. C. 2015: Iodine and human health, the role of environmental geochemistry and diet, a review. – *Applied Geochemistry*. 63. pp. 282-302. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2015.09.013>
- FUENTES J. E. G. – CASTELLANOS B. F. H. – MARTÍNEZ E. N. R. – ORTIZ W. A. N. – MENDOZA A. B. – MACÍAS J. M. 2022: Outcomes of foliar iodine application on growth, minerals and antioxidants in tomato plants under salt stress. – *Folia Horticulturae*. 34(1). pp. 1-11. <https://doi.org/10.2478/fhort-2022-0003>
- GERASIMOV G. 2002: Progress of IDD elimination through Universal Salt Iodization in the Czech Republic, Slovakia, Hungary and Poland. – *UNICEF*, Regional Office for Central and Eastern Europe, Commonwealth of Independent States and the Baltic States.
- GOLOB A. – KROFLIČ A. – JERŠE A. – MARŠIĆ N. K. – ŠIRCELJ H. – STIBILJ V. – GERM M. 2020: Response of pumpkin to different concentrations and forms of selenium and iodine, and their combinations. – *Plants*. 9(7). 899. <https://doi.org/10.3390/plants9070899>
- GOLUBKINA N. – MOLDOVAN A. – KEKINA H. – KHARCHENKO V. – SEKARA A. – VASILEVA V. – SKRYPNIK L. – TALLARITA A. – CARUSO G. 2021: Joint biofortification of plants with selenium and iodine: new field of discoveries. – *Plants*. 10. 1352. <https://doi.org/10.3390/plants10071352>
- GOMATHI M. – VETHAMONI P. I. – GOPINATH P. 2017: Biofortification in vegetable crops. – A review. – *Chemical Science Review and Letters*. 6(22). pp. 1227-1237.

GONZALI S. – KIFERLE C. – PERATA P. 2017: Iodine biofortification of crops: agronomic biofortification, metabolic engineering and iodine bioavailability. – *Current Opinion in Biotechnology*. 44. pp. 16-26. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2016.10.004>

GRZANKA M. – SMOLEŃ S. – KOVÁČIK P. 2020: Effect of vanadium on the uptake and distribution of organic and inorganic forms of iodine in sweetcorn plants during early-stage development. – *Agronomy*. 10. 1666. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111666>

GRIFF T. – CZAKÓ K. – LUGASI A. – MARTOS É. 2009: Iodine content of mother's milk – Hungarian representative survey, 2006. – *Orvosi Hetilap*. 150(30). pp. 1407-1411.

HALDIMANN M. – BLANC A. A. – BLONDEAU K. 2005: Iodine content of food groups. – *Journal of Food Composition and Analysis*. 18(6). pp. 461-471. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2004.06.003>

HALKA M. – SMOLEŃ S. - LEDWOŻYW-SMOLEŃ I. – SADY W. 2019: Comparison of effects of potassium iodide and iodosalicylates on the antioxidant potential and iodine accumulation in young tomato plants. – *Journal of Plant Growth Regulation*. 39. pp. 282-295. <https://doi.org/10.1007/s00344-019-09981-2>

HALKA M. - SMOLEŃ S. - LEDWOŻYW-SMOLEŃ I. 2020: Antioxidant potential and iodine accumulation in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) seedlings as the effect of the application of three iodobenzoates. – *Folia Horticulturae*. 32(2). pp. 1-17. <https://doi.org/10.2478/fhort-2020-0019>

HERNANDO V. – ANILZA B. – HERNÁN S. C. 2015: Iodine Deficiency Disorders. – *Journal of Thyroid Disorders & Therapy*. 4(1). <https://doi.org/10.4172/2167-7948.1000172>

HONG C. – WENG H. – QIN Y. – YAN A. – XIE L. 2008: Transfer of iodine from soil to vegetables by applying exogenous iodine. – *Agronomy for Sustainable Development*. 28. pp. 575-583. <https://doi.org/10.1051/agro:2008033>

HONG C. – FU Z. Y. – PENG L. – FENG H. Y. – JUN L. S. 2016: Relationship between iodine content in household iodized salt and thyroid volume distribution in children. – *Biomedical and Environmental Sciences*. 29(6). pp. 391-397. <https://doi.org/10.3967/bes2016.051>

HOTHORN T. – BRETZ F. – WESTFALL P. 2008: Simultaneous inference in general parametric models. – *Biometrical Journal*. 50. pp. 346-363. <https://doi.org/10.1002/bimj.200810425>

HUMPHREY O. S. – YOUNG S. D. – BAILEY E. H. – CROUT N. M. J. – ANDER E. L. – WATTS M. J. 2018: Iodine soil dynamics and methods of measurement: a review. – *Environmental Science: Processes & Impacts*. 20(87). <https://doi.org/10.1039/C7EM00491E>

HUMPHREY O. S. – YOUNG S. D. – CROUT N. M. J. – BAILEY E. H. – ANDER E. L. – WATTS M. J. 2020: Short-term iodine dynamics in soil solution. – *Environmental Science & Technology*. 54(3). pp. 1443-1450. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b02296>

ISLAM M. Z. – MELE M. A. – BAEK J. P. – KANG H. 2018: Iron, iodine and selenium effects on quality, shelf life and microbial activity of cherry tomatoes. – *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 46(2). pp. 388-392.

ISO 11261:1995 1995: Soil quality – Determination of total nitrogen – Modified Kjeldahl method.

JAHREIS G. – HAUSMANN W. – KIESSLING G. – FRANKE K. – LEITERER M. 2001: Bioavailability of iodine from normal diets rich in dairy products – results of balance studies in women. – *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes*. 109. pp. 163-167. <https://doi.org/10.1055/s-2001-14840>

JENSEN H. – ORTH B. – REISER R. – BÜRGE D. – LEHTO N. J. – ALMOND P. – GAW S. – THOMSON B. – LILBURNE L. – ROBINSON B. 2019: Environmental parameters affecting the concentration of iodine in New Zealand pasture. – *Journal of Environmental Quality*. 48. pp. 1517-1523. <https://doi.org/10.2134/jeq2019.03.0128>

JERŠE A. – KACJAN-MARŠIĆ N. – ŠIRCELJ H. – GERM M. – KROFLIČ A. – STIBILJ V. 2017: Seed soaking in I and Se solutions increases concentrations of both elements and changes morphological and some physiological parameters of pea sprouts. – *Plant Physiology and Biochemistry*. 118. pp. 285-294. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.06.009>

JERŠE A. – MARŠIĆ N. K. – KROFLIČ A. – GERM M. – ŠIRCELJ H. – STIBILJ V. 2018: Is foliar enrichment of pea plants with iodine and selenium appropriate for production of

functional food? – *Food Chemistry*. 267. pp. 368-375.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.112>

JHA A. B. – WARKENTIN D. 2020: Biofortification of pulse crops: status and future perspectives. – *Plants*. 9. 73. <https://doi.org/10.3390/plants9010073>

JOHANSON K. J. 2000: Iodine in soil. – *The Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala*.

JOHNSON C. C. 2003: The geochemistry of iodine and its application to environmental strategies for reducing the risks from iodine deficiency disorders (IDD). *British Geological Survey, Keyworth, Nottingham*.

KABATA-PENDIAS A. 2001: Trace Elements in Soils and Plants, Third Edition. - *CRC Press, Poland*. pp. 17-18.

KAPUSTA-DUCH J. - BIEŻANOWSKA-KOPEĆ R. – SMOLEŃ S. – PYSZ M. – KOPEĆ A. – PIĄTKOWSKA E. – RAKOCZY R. – KORONOWICZ A. – SKOCZYŁAS Ł. – LESZCZYŃSKA T. 2017: The effect of preliminary processing and different methods of cooking on the iodine content and selected antioxidative properties of carrot (*Daucus carota* L.) biofortified with (potassium) iodine. – *Folia Horticulturae*. 29(1). pp. 11-24. <https://doi.org/10.1515/fhort-2017-0002>

KASSAMBARA A. 2019: ggpubr: ‘ggplot2’ Based Publication Ready Plots. R package version 0.2.4. 2019. - Available online: <https://CRAN.R-project.org/package=ggpubr> (accessed on 15 April 2022).

KASTORI R. R. – MAKSIMOVIĆ I. V. - PUTNIK-DELIĆ M. I. 2021: Iodine and the higher plants. – *Matica Srpska Journal for Natural Sciences*. 141. pp. 119-137. <https://doi.org/10.2298/ZMSPN2141119K>

KIFERLE C. – GONZALI S. – HOLWERDA H. T. – IBACETA R. R. – PERATA P. 2013: Tomato fruits: a good target for iodine biofortification. – *Frontiers in Plant Science*. 4. 205. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00205>

KIFERLE C. – MARTINELLI M. – SALZANO A. M. – GONZALI S. – BELTRAMI S. – SALVADORI P. A. – HORA K. – HOLWERDA H. T. – SCALONI A. – PERATA P. 2021:

Evidences for a nutritional role of iodine in plants. – *Frontiers in Plant Science*. 12. 616868. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.616868>

KOUKKOU E. G. – ROUPAS N. D. – MARKOU K. B. 2017: Effect of excess iodine intake on thyroid on human health. – *Minerva Medicina*. 108(2). pp. 136-146. <https://doi.org/10.23736/S0026-4806.17.04923-0>

KRZEPILKO A. - ZYCH-WEŻYK I. – MOLAS J. 2015: Alternative ways of enriching the human diet with iodine. - *Journal of Pre-Clinical and Clinical Research*. 9(2). pp. 167-171. <https://doi.org/10.5604/18982395.1186500>

KRZEPILKO A. – PRAŻAK R. - SKWARYŁO-BEDNARZ B. – MOLAS J. 2019: Agronomic biofortification as a means of enriching plant foodstuffs with iodine. – *Acta Agrobotanica*. 72(2). 1766. <https://doi.org/10.5586/aa.1766>

LAL M. K. – KUMAR A. – KARDILE H. – RAIGOND P. – CHANGAN S. S. – THAKUR N. – DUTT S. – TIWARI R. K. – CHOURASIA K. N. – KUMAR D. – SINGH B. 2020: Biofortification of vegetables. – *Advances in Agri-Food Biotechnology*. pp. 105-129. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-2874-3\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-15-2874-3_5)

LANDINI, M. – GONZALI S. – PERATA P. 2011: Iodine biofortification in tomato. – *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 174. pp. 480-486. <https://doi.org/10.1002/jpln.201000395>

LÁNG F. 1998: Növényélettan, A növényi anyagcsere. - *ELTE Eötvös Kiadó, Budapest*. pp. 138-139, 175.

LEBLANC C. – COLIN C. – COSSE A. – DELAGE L. – BARRE S. – MORIN P. – FIÉVET B. – VOISEUX C. – AMBROISE Y. – VERHAEGHE E. – AMOUROUX D. – DONARD O. – TESSIER E. – POTIN P. 2006: Iodine transfers in the coastal marine environment: the key role of brown algae and of their vanadium-dependent haloperoxidases. – *Biochimie*. 88. pp. 1773-1785. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2006.09.001>

LEDWOŻYW-SMOLEŃ I. – SMOLEŃ S. – ROŻEK S. – SADY W. – STRZETELSKI P. 2020: Iodine biofortification of potato (*Solanum tuberosum* L.) grown in field. – *Agronomy*. 10. 1916. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121916>

LEHR J. J. – WYBENGA J. M. – ROSANOW M. 1958: Iodine as a micronutrient for tomatoes. - *Plant Physiology*. 33(6). pp. 421-427.

LI M. – EASTMAN C. J. 2012: The changing epidemiology of iodine deficiency. – *Nature Reviews Endocrinology*. 8. pp. 434-440. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2012.43>

LOCH J. - NOSTICZIUS Á. 2004: Agrokémia és növényvédelmi kémia. - pp. 10-22.

MAGESHEN VR. – SANTHY P – MEENA S. – LATHA MR. – SENTHIL A – SARASWATHI T – JANAKI P. 2022: Residual effect of biofortified iodine in soil, plant, crop yield and quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). – *Research on Crops*. 23(4). pp. 801-807. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2022.ROC-838>

MAGESHEN VR. – SANTHY P. – MEENA S. – LATHA MR. – REDDY KIRAN KALYAN V. S. – ASWITHA K. – MANIMARAN G. – KRITHIKA C. – SATHIYABAMA N. 2023: The Long-term Impact of Biofortified Iodine on Tomato (*Lycopersicon esculentum*) Growth, Yield and Quality. – *Indian Journal of Agricultural Research*. <https://doi.org/10.18805/IJARE.A-6162>

MAHAJAN A. S. – SORRIBAS M. – MARTÍN J. C. G. – MACDONALD S. M. – GIL M. – PLANE J. M. C. – SAIZ-LOPEZ A. 2011: Concurrent observations of atomic iodine, molecular iodine and ultrafine particles in a coastal environment. – *Atmospheric Chemistry and Physics*. 11. pp. 2545-2555. <https://doi.org/10.5194/acp-11-2545-2011>

MAO H. – WANG J. – WANG Z. – ZAN Y. – LYONS G. – ZOU C. 2014: Using agronomic biofortification to boost zinc, selenium, and iodine concentrations of food crops grown on the loess plateau in China. – *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 14(2). pp. 459-470. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162014005000036>

MEDRANO-MACÍAS J. – LEJA-MARTÍNEZ P. – GONZÁLEZ-MORALES S. – JUÁREZ-MALDONADO A. – BENAVIDES-MENDOZA A. 2016A: Use of iodine to biofortify and promote growth and stress tolerance in crops. – *Frontiers in Plant Science*. 7. 1146. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01146>

MEDRANO-MACÍAS J. – LEJA-MARTÍNEZ P. – JUÁREZ-MALDONADO A. – ROCHA-ESTRADA A. – BENAVIDES-MENDOZA A. 2016B: Effect of iodine application on

antioxidants in tomato seedling. – *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 22(2).  
<http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2015.12.025>

MENON K. – SKEAFF S. A. 2016: Iodine Deficiency Disorders. *The Encyclopedia of Food and Health, Elsevier*. 3. pp. 437-443.

MILINOVIC J. – MATA P. – DINIZ M. – NORONHA J. P. 2020: Edible macroalgae: beneficial resource of iodine. – *American Journal of Biomedical Science & Research*. 8(4). pp. 285-289. <https://doi.org/10.34297/AJBSR.2020.08.001288>

MOHIUDDIN M. – ALI J. – LETA M. K. – WASEEM M. – IRSHAD M. – HUSSAIN Z. 2021: Estimation of iodine leaching in soil amended with organic and inorganic materials using HYDRUS 1-D model. – *Sustainability*. 13(19). 10967. <https://doi.org/10.3390/su131910967>

MORAN J. E. 2002: Sources of iodine and iodine 129 in rivers. – *Water Resources Research*. 38(8). pp. 1149. <https://doi.org/10.1029/2001WR000622>

MORIYASU R. – EVANS N. – BOLSTER K. M. – HARDISTY D. S. – MOFFETT J. W. 2019: The distribution and redox speciation of iodine in the Eastern Tropical North Pacific Ocean. – *Global Biogeochemical Cycles*. 34(2). <https://doi.org/10.1029/2019GB006302>

MSZ-08-0206/2:1978 1978: Evaluation of some chemical properties of the soil. Laboratory tests (pH value, phenolphthalein alkalinity expressed in soda, total water soluble salt content, hydrolytic (y1 value) and exchangeable acidity (y2 value). - *Hungarian Standard Association, Budapest, Hungary*.

MSZ-08-0215:1978 1978: Determination of the Cation Adsorption Capacity of the Soil. Modified Mechlich Technique. - *Hungarian Standard Association, Budapest, Hungary*.

MSZ-08-0452:1980 1980: Use of high-capacity analyser systems for soils analyses. Quantitative determination of the organic carbon content of the soil on Contiflo analyzer system. - *Hungarian Standard Association, Budapest, Hungary*.

MSZ 20135:1999 1999: Determination of the soluble nutrient element content of the soil. - *Hungarian Standard Association, Budapest, Hungary*.

MURAMATSU Y. – YOSHIDA S. 1999: Effects of microorganisms on the fate of iodine on the soil environment. – *Geomicrobiology Journal*. 16(1). pp. 85-93. <https://doi.org/10.1080/014904599270776>

MURAMATSU Y. – YOSHIDA S. – FEHN U. – AMACHI S. – OHMOMO Y. 2004: Studies with natural and anthropogenic iodine isotopes: iodine distribution and cycling in the global environment. – *Journal of Environmental Radioactivity*. 74. pp. 221-232. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2004.01.011>

NATH S. K. – MOINIER B. – THUILLIER F. – RONGIER M. – DESJEUX J. F. 1992: Urinary excretion of iodide and fluoride from supplemented food grade salt. – *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*. 62. pp. 66-72.

NAZERI P. – TAHMASEBINEJAD Z. – HEDAYATI M. – MIRMIRAN P. – AZIZI F. 2020: Is breast milk iodine concentration an influential factor in growth- and obesity-related hormones and infants' growth parameters? – *Maternal & Child Nutrition*. 17(1). <https://doi.org/10.1111/mcn.13078>

NEVEN K. Y. – MARIEN C. B. D. – JANSSEN B. G. – ROLES H. A. – WAEGENEERS N. – NAWROT T. S. – RUTTENS A. 2020: Variability of iodine concentrations in the human placenta. – *Scientific Reports*. 10. 161. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56775-3>

OJOK J. – OMARA P. – OPOLOT E. – ODONGO W. – OLUM S. – GIJS D. L. – GELLYNCK X. – STEUR H. – ONGENG D. 2019: Iodine agronomic biofortification of cabbage (*Brassica oleracea var. capitata*) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) is effective under farmer conditions. – *Agronomy*. 9. 797. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120797>

OLADIPO I. C. – ISHOLA O. S. 2020: Biofortification and Human Health. – *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 9(7). pp. 247-271. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.907.028>

OLUM S. – GELLYNCK X. – OKELLO C. – WEBALE D. – ODONGO W. – ONGENG D. – STEUR H. 2018: Stakeholders' perceptions of agronomic iodine biofortification: a SWOT-AHP Analysis in Northern Uganda. – *Nutrients*. 10. 407. <https://doi.org/10.3390/nu10040407>

ÖZDEMİR A. 2018: Relationships of formation, migration, and trapping between petroleum and iodine. – *Natural and Engineering Sciences*. 3(3). pp. 110-153.



PÁLDY A. – MÁLNÁSI T. 2009: Magyarország környezetegészségügyi helyzetének értékelése. – *Országos Környezetegészségügyi Intézet, Budapest.*

C. S. – ANAND K. – SINAWAT S. – AHMED F. U. 2000: Economic evaluation of water iodization program in Thailand. – *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health.* 31(4). pp. 762-768. [https://doi.org/10.1016/S0895-4356\(98\)90101-9](https://doi.org/10.1016/S0895-4356(98)90101-9)

PANDAV C. S. – YADAV K. – SRIVASTAVA R. – PANDAV R. – KARMARKAR M. G. 2013: Iodine deficiency disorders (IDD) control in India. – *Indian Journal of Medical Research.* 138(3). pp. 418-433.

PÁNDICS T. 2017: Magyarország ivóvíz jodid-tartalmának felmérése. – *Országos Közegészségügyi Intézet, Budapest.*

PEARCE E. N. 2017: Iodine Deficiency Disorders and Their Elimination. *Springer.* [https://doi.org/10.4103/ijmr.IJMR\\_852\\_17](https://doi.org/10.4103/ijmr.IJMR_852_17)

PEHRSSON P. R. – ROSELAND J. M. – PATTERSON K. Y. – PHILLIPS K. M. – SPUNGEN J. H. – ANDREWS K. W. – GUSEV P. A. – GAHCHE J. J. – HAGGANS C. J. – MERKEL J. M. – ERSHOW A. G. 2022: Iodine in foods and dietary supplements: A collaborative database developed by NIH, FDA and USDA. – *Journal of Food Composition and Analysis.* 109. 104369. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104369>

PRASAD B.V. G. – MOHANTA S. – RAHAMAN S. – BAREILY P. 2015: Bio-fortification in horticultural crops. - *Journal of Agricultural Engineering and Food Technology.* 2(2). pp. 95-99.

PUCCINELLI M. – LANDI M. – MAGGINI R. – PARDOSSI A. – INCROCCI L. 2021: Iodine biofortification of sweet basil and lettuce grown in two hydroponic systems. – *Scientia Horticulturae.* 276. 109783.

REIJDEN O. L. – GALETTI V. – BÜRKI S. – ZEDER C. – KRZYSZEK A. – HALDIMANN M. – BERARD J. – ZIMMERMANN M. B. – HERTER-AEBERLI I. 2019: Iodine bioavailability from cow milk: a randomized, crossover balance study in healthy iodine-replete adults. – *The American Journal of Clinical Nutrition.* 110(1). pp. 102-110. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqz092>

RANA R. – RAGHUVANSHI R. S. 2011: Effect of different cooking methods on iodine losses. – *Journal of Food Science and Technology*. 50(6). pp. 1212-1216. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0436-7>

RANGEL I. E. D. – TÉLLEZ L. I. T. – ORTIZ H. O. – MALDONADO A. J. MORALES S. G. – GONZÁLES B. C. – FUENTE M. C. – MENDOZA A. B. 2020: Comparison of iodide, iodate, and iodine-chitosan complexes for the biofortification of lettuce. – *Applied Sciences*. 10. 2378. <https://doi.org/10.3390/app10072378>

R CORE TEAM 2019: A language and environment for statistical computing. - *R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria*.

REN Q. – FAN J. – ZHANG Z. – ZHENG X. – DELONG G. R. 2008: An environmental approach to correcting iodine deficiency: Supplementing iodine in soil by iodination of irrigation water in remote areas. – *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 22. pp. 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2007.09.003>

ROBERTSON D. E. – CATALDO D. A. – NAPIER B. A. – KRUPKA K. M. – SASSER L. B. 2003: Literature review and assessment of plant and animal transfer factors used in performance assessment modelling. - *Division of Systems Analysis and Regulatory Effectiveness, Office of Nuclear Regulatory Research, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington*.

ROHNER F. – ZIMMERMANN M. – JOOSTE P. – PANDAV C. – CALDWELL K. – RAGHAVAN R. – RAITEN D. J. 2014: Biomarkers of nutrition for development – iodine review. – *The Journal of Nutrition*. 144(8). pp. 1322-1342. <https://doi.org/10.3945/jn.113.181974>

ROSELAND J. M. – PHILLIPS K. M. – PATTERSON K. Y. – PEHRSSON P. R. – BAHADUR R. – ERSHOW A. G. – SOMANCHI M. 2020: Large variability of iodine content in retail cow's milk in the U.S. – *Nutrients*. 12(5). pp. 1246. <https://doi.org/10.3390/nu12051246>

SAIZ-LOPEZ A. – PLANE J. M. C. – BAKER A. R. – CARPENTER L. J. – GLASOW R. – MARTÍN J. C. G. – McFIGGANS G. – SAUNDERS R. W. 2011: Atmospheric chemistry of iodine. *Chemical Reviews*. 112(3). <https://doi.org/10.1021/cr200029u>

SALAU B. A. – AJANI E. O. – ODUFUWA K. T. – ADEGBESAN B. O. – SOLADOYE M. O. 2010: Effect of processing on iodine content of some selected plants food. - *African Journal of Biotechnology*. 9. pp. 1200-1204.

SALTZMAN A. – BIROL E. – BOUIS H. E. – BOY E. – MOURA F. F. – ISLAM Y. – PFEIFFER W. H. 2013: Biofortification: progress toward a more nourishing future. – *Global Food Security*. 2(1). pp. 9-17.

SEKI M. – OIKAWA J. – TAGUCHI T. – OHNUKI T. – MURAMATSU Y. – SAKAMOTO K. – AMACHI S. 2013: Laccase-catalyzed oxidation of iodide and formation of organically bound iodine in soils. – *Environmental Science & Technology*. 47(1). pp. 390-397. <https://doi.org/10.1021/es303228n>

SIGNORE A. – RENNA M. – D'IMPERIO M. – SERIO F. – SANTAMARIA P. 2018: Preliminary evidences of biofortification with iodine of “Carota di Polignano”, An Italian carrot landrace. – *Frontiers in Plant Science*. 9. 170. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00170>

SLINGERLAND M. 2007: Biofortification in a Food Chain Approach in West Africa. - *CUL Initiatives in Publishing (CIP)*, Cornell University, Ithaca, New York.

SMOLEŃ S. – ROŻEK S. – STRZETELSKI P. - LEDWOŻYW-SMOLEŃ I. 2011: Preliminary evaluation of the influence of soil fertilization and foliar nutrition with iodine on the effectiveness of iodine biofortification and mineral composition of carrot. – *Journal of Elementology*. 16(1). pp. 103-114.

SMOLEŃ S. – SADY W. 2012: Influence of iodine form and application method on the effectiveness of iodine biofortification, nitrogen metabolism as well as the content of mineral nutrients and heavy metals in spinach plants (*Spinacia oleracea* L.). – *Scientia Horticulturae*. 143. pp. 176-183. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.06.006>

SMOLEŃ S. – SADY W. - LEDWOŻYW-SMOLEŃ I. – STRZETELSKI P. – LISZKA-SKOCZYLAS M. – ROŻEK S. 2014: Quality of fresh and stored carrots depending on iodine and nitrogen fertilization. – *Food Chemistry*. 159. pp. 316-322. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.024>

SMOLEŃ S. – WIERZBIŃSKA J. – SADY W. – KOŁTON A. – WISZNIEWSKA A. - LISZKA-SKOCZYLAS M. 2015: Iodine biofortification with additional application of salicylic acid

affects yield and selected parameters of chemical composition of tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L.). - *Scientia Horticulturae*. 188. pp. 89-96. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.03.023>

SMOLEŃ S. – SKOCZYŁAS Ł. - LEDWOŻYW-SMOLEŃ I. – RAKOCZY R. – KOPEĆ A. – PIĄTKOWSKA E. P. – BIEŻANOWSKA-KOPEĆ R. – KORONOWICZ A. – KAPUSTA-DUCH J. 2016: Biofortification of carrot (*Daucus carota* L.) with iodine and selenium in a field experiment - *Frontiers in Plant Science*. 7. pp. 1-17. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00730>

SMOLEŃ S. – KOWALSKA I. – SKOCZYŁAS Ł. – LISZKA-SKOCZYŁAS M. – GRZANKA M. – HALKA M. – SADY W. 2018: The effects of salicylic acid on biofortification with iodine and selenium and the quality of potato cultivated in the NFT system. – *Scientia Horticulturae*. 240. pp. 530-543. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.060>

SMOLEŃ S. – BARANSKI R. - LEDWOŻYW-SMOLEŃ I. – SKOCZYŁAS Ł. – SADY W. 2019: Combined biofortification of carrot with iodine and selenium. – *Food Chemistry*. 300. 125202. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125202>

SMYTH P. P. A. 2021: Iodine, seaweed, and the thyroid. – *European Thyroid Journal*. 10. pp. 101-108. <https://doi.org/10.1159/000512971>

SOLYMOŠI T. – FARKAS I. 2003: 2032 iskoláskorú gyermek pajzsmirigy-ultrahangvizsgálatából levonható néhány tanulság: a jódeállottság és az attól független tényezők szerepe a golyva kialakulásában. – *Gyermekgyógyászat*. 54(3). pp. 55-62.

UMALY R. C. – POEL L. W. 1971: Effects of iodine in various formulations on the growth of barley and pea plants in nutrient solution culture. – *Annals of Botany*. 35(1). pp. 127-131. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a084451>

VOOGT W. – STEENHUIZEN J. – EVELEENS B. 2014: Uptake and distribution of iodine in cucumber, sweet pepper, round, and cherry tomato. - *Wageningen UR Glastuinbouw*. pp. 7-13.

WAKEEL A. – FAROOQ M. – BASHIR K. – OZTURK L. 2018: Micronutrient malnutrition and biofortification: recent advances and future perspectives. - *Plant Micronutrient Use*

*Efficiency, Elsevier*. pp. 225-243. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-812104-7.00017-4>

WENG H. – WENG J. – YAN A. – HONG C. – YONG W. – QIN Y. 2008A: Increment of iodine content in vegetable plants by applying iodized fertilizer and the residual characteristics of iodine in soil. - *Biological Trace Element Research*. 123. pp. 218–228. <https://doi.org/10.1007/s12011-008-8094-y>

WENG H. – YAN A. – HONG C. – XIE L. – QIN Y. – CHENG C. 2008B: Uptake of different species of iodine by water spinach and its effect to growth. – *Biological Trace Element Research*. 124(2). pp. 184-194. <https://doi.org/10.1007/s12011-008-8137-4>

WENG H. – HONG C. – YAN A. – PAN L. – QIN Y. – BAO L. – XIE L. 2008C: Mechanism of iodine uptake by cabbage: effects of iodine species and where it is stored. – *Biological Trace Element Research*. 125. pp. 59-71. <https://doi.org/10.1007/s12011-008-8155-2>

WHITE P. J. – BROADLEY M. R. 2008: Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets – iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. – *New Phytologist*. 182. pp. 49-84. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02738.x>

WHITEHEAD, D. C. 1984. The distribution and transformations of iodine in the environment. – *Environment International*. 10. pp. 321-339.

WHO 2004: Iodine status worldwide, WHO Global Database on Iodine Deficiency.

WHO 2014: Guideline: Fortification of food-grade salt with iodine for the prevention and control of iodine deficiency disorders.

ZHANG Y. – CAO H. – WANG M. – ZOU Z. – ZHOU P. – WANG X. – JIN J. 2023: A review of iodine in plants with biofortification: Uptake, accumulation, transportation, function, and toxicity. – *Science of the Total Environment*. 878. 163203. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163203>

ZIKANKUBA V. L. – MTEREMKO D. – JAMES A. 2019: Staple crops biofortification linking agriculture, food and nutrition towards eliminating hidden hunger. – *European Journal*

*of Nutrition & Food Safety*. 9(2). pp. 112-121.  
<https://doi.org/10.9734/ejnfs/2019/v9i230050>

ZIMMERMANN M. B. – JOOSTE P. L. – PANDAV C. S. 2008: Iodine-deficiency disorders. *The Lancet*. 372(9645). pp. 1251-1262. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)61005-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)61005-3)

ZIMMERMANN M. B. 2009: Iodine deficiency. – *Endocrine Reviews*. 30(4). pp. 376-408.  
<https://doi.org/10.1210/er.2009-0011>

ZIMMERMANN M. B. – ANDERSSON M. 2021: Global perspectives in endocrinology: Coverage of iodized salt programs and iodine status 2020. – *European Journal of Endocrinology*. 185(1). <https://doi.org/10.1530/EJE-21-0171>

## Mellékletek

### 1. melléklet Hoagland-tápanyag kémiai összetétele

MAKROELEMEK		MIKROELEMEK	
Komponens	Koncentráció (mmol/L)	Komponens	Koncentráció (μmol/L)
KNO <sub>3</sub>	1,25	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	11,6
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,25	MnCl <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	4,60
MgSO <sub>4</sub>	0,50	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0,19
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0,25	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	0,12
		CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	0,08
		Fe-citrát	100

### 2. melléklet NIST SRM 1573a paradicsomlevél referencia minta mikrohullámú feltárása és elemanalitikai mérése során kapott visszanyerési értékek

Vizsgált elem	Mért érték (mg/kg)	Referencia érték (mg/kg)	Visszanyerés (%)
<b>I</b>	0,93 ± 0,07	0,85	101
<b>Mg</b>	10800 ± 200	12000	90
<b>P</b>	2080 ± 60	2160 ± 40	96
<b>Mn</b>	230 ± 2	246 ± 8	94
<b>Fe</b>	365 ± 14	368 ± 7	99
<b>Cu</b>	4,57 ± 0,13	4,70 ± 0,14	97
<b>Zn</b>	32,8 ± 0,3	30,9 ± 0,7	106
<b>B</b>	35,9 ± 0,4	33,3 ± 0,7	107

3. melléklet Jódtartalmú öntözővízzel locsolt, homok, homok-vályog és vályog talajokon nevelt zöldbab leveleinek fotoszintetikus aktivitás és klorofilltartalom értékei három párhuzamos mérés során

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	1.		2.		3.	
		Fv/Fm	CCI	Fv/Fm	CCI	Fv/Fm	CCI
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	0,738	10,8	0,722	15,8	0,746	27,6
	<i>0,1 mg/L</i>	0,816	15,0	0,712	9,70	0,663	9,90
	<i>0,5 mg/L</i>	0,782	12,9	0,780	16,3	0,772	17,1
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	0,795	21,4	0,730	18,9	0,768	21,6
	<i>0,1 mg/L</i>	0,802	18,4	0,747	16,0	0,807	19,1
	<i>0,5 mg/L</i>	0,802	29,2	0,794	18,5	0,784	21,6
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	0,796	15,5	0,751	18,3	0,772	23,5
	<i>0,1 mg/L</i>	0,791	20,2	0,816	23,8	0,786	30,9
	<i>0,5 mg/L</i>	0,791	16,2	0,723	24,6	0,791	22,1



4. melléklet Jód tartalmú öntözővízzel locsolt, homok, homok-vályog és vályog talajokon nevelt paradicsom leveleinek fotoszintetikus aktivitás és klorofilltartalom értékei három párhuzamos mérés során

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	1.		2.		3.	
		Fv/Fm	CCI	Fv/Fm	CCI	Fv/Fm	CCI
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	0,787	11,0	0,776	10,4	0,794	16,0
	<i>0,1 mg/L</i>	0,783	14,8	0,791	13,1	0,801	14,1
	<i>0,5 mg/L</i>	0,795	18,7	0,789	16,2	0,766	15,7
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	0,796	11,5	0,785	9,80	0,796	11,5
	<i>0,1 mg/L</i>	0,819	22,9	0,815	27,7	0,796	12,3
	<i>0,5 mg/L</i>	0,802	20,2	0,789	23,0	0,781	14,7
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	0,762	11,1	0,800	11,0	0,752	25,8
	<i>0,1 mg/L</i>	0,783	28,6	0,762	9,70	0,785	19,7
	<i>0,5 mg/L</i>	0,740	12,1	0,729	17,9	0,767	16,6

5. melléklet Jódtartalmú öntözővízzel locsolt, homok, homok-vályog és vályog talajokon nevelt burgonya leveleinek fotoszintetikus aktivitás és klorofilltartalom értékei három párhuzamos mérés során

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	1.		2.		3.	
		Fv/Fm	CCI	Fv/Fm	CCI	Fv/Fm	CCI
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	0,699	12,0	0,646	10,0	0,657	11,3
	<i>0,1 mg/L</i>	0,705	11,5	0,752	17,0	0,692	17,6
	<i>0,5 mg/L</i>	0,754	16,6	0,649	18,1	0,670	14,7
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	0,780	12,2	0,730	11,4	0,691	15,6
	<i>0,1 mg/L</i>	0,695	12,3	0,697	10,7	0,686	11,0
	<i>0,5 mg/L</i>	0,774	13,6	0,691	11,4	0,719	9,70
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	0,763	17,5	0,741	21,3	0,674	18,1
	<i>0,1 mg/L</i>	0,714	24,2	0,753	25,5	0,774	26,5
	<i>0,5 mg/L</i>	0,738	20,1	0,763	19,7	0,693	27,1

6. melléklet Jódtartalmú öntözővízzel locsolt, homok, homok-vályog és vályog talajokon nevelt káposzta leveleinek fotoszintetikus aktivitás és klorofilltartalom értékei három párhuzamos mérés során

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	1.		2.		3.	
		Fv/Fm	CCI	Fv/Fm	CCI	Fv/Fm	CCI
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	0,832	24,1	0,833	16,1	0,828	22,6
	<i>0,1 mg/L</i>	0,814	26,0	0,816	21,1	0,828	23,8
	<i>0,5 mg/L</i>	0,807	39,0	0,821	21,5	0,826	19,1
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	0,813	21,3	0,835	32,6	0,830	19,2
	<i>0,1 mg/L</i>	0,827	24,4	0,838	25,8	0,839	31,4
	<i>0,5 mg/L</i>	0,813	25,6	0,828	18,1	0,811	27,8
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	0,839	51,9	0,789	24,2	0,835	22,9
	<i>0,1 mg/L</i>	0,835	32,2	0,840	23,9	0,837	31,6
	<i>0,5 mg/L</i>	0,815	18,5	0,896	53,9	0,819	26,0

7. melléklet Jódtartalmú öntözővízzel locsolt, homok, homok-vályog és vályog talajokon nevelt zöldborsó leveleinek fotoszintetikus aktivitás és klorofilltartalom értékei három párhuzamos mérés során

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	1.		2.		3.	
		Fv/Fm	CCI	Fv/Fm	CCI	Fv/Fm	CCI
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	0,795	21,8	0,794	20,4	0,726	17,6
	<i>0,1 mg/L</i>	0,799	19,4	0,795	13,1	0,779	26,7
	<i>0,5 mg/L</i>	0,761	15,6	0,791	29,4	0,778	45,4
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	0,754	19,6	0,713	11,5	0,820	35,6
	<i>0,1 mg/L</i>	0,803	18,5	0,753	21,0	0,790	25,8
	<i>0,5 mg/L</i>	0,504	4,8	0,732	12,6	0,784	46,9
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	0,792	26,4	0,805	22,1	n.a.*	n.a.*
	<i>0,1 mg/L</i>	0,693	9,9	0,766	13,3	n.a.*	n.a.*
	<i>0,5 mg/L</i>	0,691	10,8	0,757	15,9	n.a.*	n.a.*

\*nincs adat

8. melléklet Zöldborsó részeinek (gyökér, hajtás, termés) nedves tömeg értékei (g) különböző jód koncentrációjú öntözővizek alkalmazásával, három párhuzamos mérés során

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Gyökér (g)			Hajtás (g)			Termés (g)		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	58,6	66,6	48,0	72,6	69,9	93,8	107	67,0	n.a.*
	<i>0,1 mg/L</i>	24,0	21,6	25,2	79,2	71,8	74,6	93,8	89,0	90,6
	<i>0,5 mg/L</i>	33,0	28,0	29,2	54,2	55,5	53,4	50,2	46,6	43,4
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	12,8	14,0	9,20	71,6	79,4	67,8	127	129	114
	<i>0,1 mg/L</i>	10,4	8,00	7,40	63,6	55,2	59,8	108	103	107
	<i>0,5 mg/L</i>	10,6	11,2	9,80	66,8	64,4	57,2	99,6	104	105
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	14,0	10,8	13,4	72,8	65,6	62,2	112	93,4	113
	<i>0,1 mg/L</i>	13,2	16,4	18,4	63,6	67,0	61,8	103	96,6	105
	<i>0,5 mg/L</i>	14,8	18,0	18,0	60,6	59,8	65,8	77,4	93,2	77,6

\*nincs adat

9. melléklet Paradicsom részeinek (gyökér, hajtás, termés) nedves tömeg értékei (g) különböző jód koncentrációjú öntözővizek alkalmazásával, három párhuzamos mérés során

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Gyökér (g)			Hajtás (g)			Termés (g)		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	20,0	20,4	16,6	119	118	131	320	435	361
	<i>0,1 mg/L</i>	16,2	14,6	18,0	153	144	103	327	460	468
	<i>0,5 mg/L</i>	24,4	19,4	20,8	143	128	128	202	413	266
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	18,0	16,6	15,8	142	146	146	475	156	273
	<i>0,1 mg/L</i>	14,0	18,8	11,2	161	137	179	378	385	252
	<i>0,5 mg/L</i>	13,8	20,2	14,6	143	157	113	248	343	426
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	33,2	29,6	30,2	145	136	160	319	416	177
	<i>0,1 mg/L</i>	20,8	26,6	34,0	153	158	133	224	333	205
	<i>0,5 mg/L</i>	23,2	24,4	21,8	113	143	103	305	281	250

10. melléklet Burgonya részeinek (gyökér, hajtás, gumó) nedves tömeg értékei (g) különböző jód koncentrációjú öntözővizek alkalmazásával, három párhuzamos mérés során

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Gyökér (g)			Hajtás (g)			Gumó (g)		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	20,6	25,0	20,2	73,8	83,4	66,6	193	198	184
	<i>0,1 mg/L</i>	28,7	29,2	38,2	71,2	85,2	69,2	189	185	161
	<i>0,5 mg/L</i>	34,0	31,6	37,2	69,0	81,2	78,8	173	187	189
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	21,8	17,6	18,6	77,8	70,4	78,0	183	210	181
	<i>0,1 mg/L</i>	17,8	21,6	22,6	68,4	73,4	72,6	184	198	206
	<i>0,5 mg/L</i>	11,6	12,0	13,8	65,8	69,0	60,4	166	198	165
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	19,8	22,1	28,2	87,0	73,2	70,8	200	187	185
	<i>0,1 mg/L</i>	39,4	34,4	32,6	80,2	77,6	74,2	182	192	176
	<i>0,5 mg/L</i>	38,4	30,6	33,8	74,6	66,8	69,0	198	174	184

11. melléklet Káposzta részeinek (gyökér, levél) nedves tömeg értékei (g) különböző jódkoncentrációjú öntözővizek alkalmazásával, három párhuzamos mérés során

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció	Gyökér (g)			Levél (g)		
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	4,20	3,70	5,20	600	608	671
	<i>0,1 mg/L</i>	3,20	4,60	3,20	556	575	654
	<i>0,5 mg/L</i>	3,30	2,20	3,30	474	498	519
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	2,60	3,30	2,30	472	456	352
	<i>0,1 mg/L</i>	3,90	3,10	2,70	598	558	537
	<i>0,5 mg/L</i>	2,70	4,10	3,60	561	503	585
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	3,80	3,70	4,80	546	522	607
	<i>0,1 mg/L</i>	2,20	1,60	2,60	506	434	551
	<i>0,5 mg/L</i>	5,40	3,70	3,60	547	570	557

12. melléklet. Sárgarépa részeinek (gyökér, levél) nedves tömeg értékei (g) különböző jódkoncentrációjú öntözővizek alkalmazásával, három párhuzamos mérés során

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció	Gyökér (g)			Levél (g)		
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	117	114	76,6	48,0	52,2	50,8
	<i>0,1 mg/L</i>	158	92,8	112	52,4	60,6	53,2
	<i>0,5 mg/L</i>	121	94,6	84,2	51,0	50,8	46,4
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	153	153	181	58,8	49,6	41,8
	<i>0,1 mg/L</i>	146	127	123	58,6	56,4	53,6
	<i>0,5 mg/L</i>	147	142	136	64,0	55,2	64,0
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	78,0	94,0	88,2	45,2	46,0	42,0
	<i>0,1 mg/L</i>	107	48,4	76,0	50,6	47,0	40,0
	<i>0,5 mg/L</i>	87,2	80,8	68,4	49,0	44,4	46,4

13. melléklet Zöldborsó részeinek (gyökér, hajtás, termés) nedves tömeg értékei (g) különböző jód koncentrációjú öntözővizek alkalmazásával, három párhuzamos mérés során

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Gyökér (g)			Hajtás (g)			Termés (g)		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	6,60	9,40	9,60	15,4	21,0	20,2	37,4	37,4	44,4
	<i>0,1 mg/L</i>	9,00	6,20	8,00	23,4	27,4	18,4	36,0	37,0	35,4
	<i>0,5 mg/L</i>	12,2	6,80	8,00	25,8	28,4	29,2	43,8	37,6	32,0
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	4,60	3,60	4,60	20,8	31,0	21,8	30,0	39,6	45,4
	<i>0,1 mg/L</i>	3,80	3,80	6,60	17,4	24,8	31,8	38,4	41,2	42,6
	<i>0,5 mg/L</i>	4,20	6,00	4,20	17,8	15,8	33,4	26,8	31,8	43,6
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	3,80	4,40	3,40	8,40	20,6	21,2	22,4	34,4	34,8
	<i>0,1 mg/L</i>	1,60	5,60	3,80	7,40	14,8	10,0	19,0	26,2	19,8
	<i>0,5 mg/L</i>	5,00	3,00	6,40	10,2	8,20	19,0	23,8	19,2	33,0

14. melléklet. Zöldbab részeinek (gyökér, hajtás, termés) száraz tömeg értékei különböző jód koncentrációjú öntözővizek alkalmazásával, három párhuzamos mérés során

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Gyökér (g)			Hajtás (g)			Termés (g)		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	2,66	4,28	5,36	13,2	14,1	20,7	10,8	5,64	n.a.*
	<i>0,1 mg/L</i>	3,17	2,78	1,24	13,1	13,1	5,90	9,55	8,67	2,26
	<i>0,5 mg/L</i>	2,40	2,58	1,45	10,1	13,0	9,09	6,62	4,37	3,59
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	1,67	1,75	1,48	12,7	12,1	12,0	13,2	13,3	14,1
	<i>0,1 mg/L</i>	1,49	1,43	1,36	11,4	9,59	8,94	12,5	13,2	13,9
	<i>0,5 mg/L</i>	1,46	1,73	1,48	11,4	10,4	10,2	9,63	11,1	12,6
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	2,14	2,09	1,81	13,5	12,5	13,6	12,1	9,42	12,3
	<i>0,1 mg/L</i>	1,63	2,35	2,35	13,3	12,0	9,64	11,2	10,6	10,8
	<i>0,5 mg/L</i>	1,89	2,17	2,10	12,2	11,3	12,4	7,50	9,38	7,25

\*nincs adat

15. melléklet. Paradicsom részeinek (gyökér, hajtás, termés) száraz tömeg értékei különböző jód koncentrációjú öntözővizek alkalmazásával, három párhuzamos mérés során

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Gyökér (g)			Hajtás (g)			Termés (g)		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	3,09	2,79	3,01	27,0	19,9	24,4	21,7	27,5	25,3
	<i>0,1 mg/L</i>	3,28	2,67	2,95	35,8	30,1	n.a.*	21,5	31,2	25,9
	<i>0,5 mg/L</i>	4,00	3,20	3,66	30,1	27,0	32,7	11,7	23,8	17,0
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	2,72	2,30	2,53	26,5	23,7	24,6	33,3	9,30	18,4
	<i>0,1 mg/L</i>	2,62	2,70	2,41	43,1	n.a.*	39,3	27,5	20,2	17,0
	<i>0,5 mg/L</i>	2,25	3,08	3,02	27,0	31,3	31,1	15,2	19,3	27,5
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	4,66	3,38	4,45	33,2	24,9	36,9	23,8	24,2	13,7
	<i>0,1 mg/L</i>	3,33	3,90	4,02	29,7	37,3	27,6	14,9	24,0	13,9
	<i>0,5 mg/L</i>	3,35	3,54	2,73	23,6	n.a.*	17,2	19,0	18,9	15,9

\*nincs adat

16. melléklet. Burgonya részeinek (gyökér, hajtás, gumó) száraz tömeg értékei különböző jód koncentrációjú öntözővizek alkalmazásával, három párhuzamos mérés során

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Gyökér (g)			Hajtás (g)			Gumó (g)		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	2,29	2,69	2,29	9,32	10,7	9,13	38,3	40,0	36,0
	<i>0,1 mg/L</i>	n.a.*	3,12	3,70	9,20	10,5	8,83	39,1	37,9	31,2
	<i>0,5 mg/L</i>	3,12	2,99	3,70	9,27	10,9	9,93	38,1	47,1	44,5
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	2,36	2,03	2,47	8,67	8,06	10,2	36,3	39,6	34,1
	<i>0,1 mg/L</i>	1,89	2,19	2,57	8,25	8,30	8,77	37,0	38,6	41,4
	<i>0,5 mg/L</i>	1,46	2,93	1,75	9,27	8,62	7,23	29,3	40,8	43,2
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	2,37	n.a.*	2,80	10,3	13,5	9,23	37,0	36,9	36,4
	<i>0,1 mg/L</i>	3,05	2,94	2,59	12,1	10,3	11,9	35,9	39,2	35,0
	<i>0,5 mg/L</i>	3,02	3,41	2,91	10,8	9,72	10,4	n.a.*	32,9	33,1

\*nincs adat



17. melléklet. Káposzta részeinek (gyökér, levél) száraz tömeg értékei különböző jó d koncentrációjú öntözővizek alkalmazásával, három párhuzamos mérés során

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jó d koncentráció	Gyökér (g)			Levél (g)		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	n.a.*	2,29	2,59	n.a.*	49,9	56,7
	0,1 mg/L	2,12	2,87	2,05	56,6	58,0	55,4
	0,5 mg/L	2,76	n.a.*	2,55	60,1	n.a.*	62,9
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	1,44	1,82	0,94	37,5	n.a.*	30,1
	0,1 mg/L	2,75	1,85	2,33	57,6	n.a.*	56,1
	0,5 mg/L	2,15	2,71	n.a.*	66,8	53,0	n.a.*
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	1,95	2,10	2,48	56,7	53,5	57,8
	0,1 mg/L	n.a.*	0,89	1,62	43,3	35,0	52,7
	0,5 mg/L	3,62	2,40	2,80	62,7	59,0	n.a.*

\*nincs adat

18. melléklet. Sárgarépa részeinek (gyökér, hajtás) száraz tömeg értékei különböző jó d koncentrációjú öntözővizek alkalmazásával, három párhuzamos mérés során

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jó d koncentráció	Gyökér (g)			Levél (g)		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	18,3	20,0	12,6	13,3	13,9	13,4
	0,1 mg/L	26,4	17,0	17,0	11,1	13,9	11,3
	0,5 mg/L	17,3	11,4	12,5	12,5	12,7	10,8
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	23,1	26,2	27,3	16,6	13,9	10,9
	0,1 mg/L	21,7	22,1	21,1	11,2	11,6	12,1
	0,5 mg/L	22,2	23,4	19,8	16,3	14,5	17,4
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	13,2	13,9	15,6	12,5	11,1	10,5
	0,1 mg/L	n.a.*	6,83	11,4	9,30	11,1	9,58
	0,5 mg/L	14,6	13,0	10,7	13,6	10,7	12,0

\*nincs adat

19. melléklet. Zöldborsó részeinek (gyökér, hajtás, termés) száraz tömeg értékei különböző jód koncentrációjú öntözővizek alkalmazásával, három párhuzamos mérés során

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Gyökér (g)			Hajtás (g)			Termés (g)		
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	0,70	0,57	1,13	3,89	5,24	4,95	10,3	10,2	8,25
	<i>0,1 mg/L</i>	1,21	0,81	0,62	6,03	7,38	5,38	11,1	8,30	8,29
	<i>0,5 mg/L</i>	0,89	0,61	0,64	7,39	7,31	7,41	10,7	8,65	5,69
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	0,65	0,42	0,73	4,72	7,75	6,55	8,56	13,5	9,70
	<i>0,1 mg/L</i>	0,55	0,75	1,14	5,68	5,99	9,75	8,80	12,0	9,76
	<i>0,5 mg/L</i>	0,56	1,02	0,64	5,87	6,04	8,37	10,9	10,6	11,4
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	0,61	0,87	0,45	3,74	5,86	6,04	8,83	11,0	6,39
	<i>0,1 mg/L</i>	0,18	0,72	0,44	3,56	4,89	4,16	9,97	11,3	8,89
	<i>0,5 mg/L</i>	0,59	0,35	0,68	4,45	3,45	5,42	8,08	8,54	10,3

20. melléklet. Zöldbab részeinek (gyökér, hajtás, termés) átlag száraz tömeg és szórás (RSD%) értékei különböző jód koncentrációjú öntözővizek alkalmazásával, a jódkezelések közötti, statisztikailag szignifikáns különbségek jelölésével ( $p < 0,05$ ; lineáris regresszió és Tukey test)

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Gyökér (g)	Hajtás (g)	Termés (g)
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	4,10 <sup>a</sup> (33)	16,0 <sup>a</sup> (26)	8,23 <sup>a</sup> (44)
	<i>0,1 mg/L</i>	2,40 <sup>b</sup> (43)	10,7 <sup>a</sup> (39)	6,82 <sup>a</sup> (58)
	<i>0,5 mg/L</i>	2,14 <sup>b</sup> (28)	10,7 <sup>a</sup> (19)	4,86 <sup>a</sup> (32)
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	1,64 <sup>a</sup> (9)	12,3 <sup>a</sup> (3)	13,6 <sup>a</sup> (4)
	<i>0,1 mg/L</i>	1,43 <sup>a</sup> (5)	9,96 <sup>b</sup> (13)	13,2 <sup>a</sup> (5)
	<i>0,5 mg/L</i>	1,56 <sup>a</sup> (10)	10,7 <sup>a</sup> (6)	11,1 <sup>a</sup> (13)
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	2,01 <sup>a</sup> (9)	13,2 <sup>a</sup> (5)	11,3 <sup>a</sup> (14)
	<i>0,1 mg/L</i>	2,11 <sup>a</sup> (20)	11,7 <sup>a</sup> (16)	10,9 <sup>a</sup> (3)
	<i>0,5 mg/L</i>	2,05 <sup>a</sup> (7)	12,0 <sup>a</sup> (5)	8,05 <sup>b</sup> (14)

21. melléklet. Paradicsom részeinek (gyökér, hajtás, termés) átlag száraz tömeg és szórás (RSD%) értékei különböző jód koncentrációjú öntözővizek alkalmazásával a jódkezelések közötti, statisztikailag szignifikáns különbségek jelölésével ( $p < 0,05$ ; lineáris regresszió és Tukey test)

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Gyökér (g)	Hajtás (g)	Termés (g)
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	2,96 <sup>a</sup> (5)	23,7 <sup>a</sup> (15)	24,8 <sup>a</sup> (12)
	0,1 mg/L	2,97 <sup>a</sup> (10)	33,0 <sup>a</sup> (12)	26,2 <sup>a</sup> (19)
	0,5 mg/L	3,62 <sup>a</sup> (11)	29,9 <sup>a</sup> (9)	20,4 <sup>a</sup> (24)
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	2,52 <sup>a</sup> (8)	24,9 <sup>a</sup> (6)	13,9 <sup>a</sup> (46)
	0,1 mg/L	2,58 <sup>a</sup> (6)	41,2 <sup>a</sup> (7)	21,6 <sup>a</sup> (25)
	0,5 mg/L	2,78 <sup>a</sup> (17)	29,8 <sup>a</sup> (8)	17,3 <sup>a</sup> (17)
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	4,16 <sup>a</sup> (16)	31,7 <sup>a</sup> (19)	20,6 <sup>a</sup> (29)
	0,1 mg/L	3,75 <sup>a</sup> (10)	31,5 <sup>a</sup> (16)	14,4 <sup>a</sup> (5)
	0,5 mg/L	3,21 <sup>a</sup> (13)	20,4 <sup>a</sup> (22)	17,9 <sup>a</sup> (10)

22. melléklet. Burgonya részeinek (gyökér, hajtás, gumó) átlag száraz tömeg és szórás (RSD%) értékei különböző jód koncentrációjú öntözővizek alkalmazásával a jódkezelések közötti, statisztikailag szignifikáns különbségek jelölésével ( $p < 0,05$ ; lineáris regresszió és Tukey test)

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Gyökér (g)	Hajtás (g)	Gumó (g)
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	2,42 <sup>a</sup> (10)	9,72 <sup>a</sup> (9)	38,1 <sup>a</sup> (5)
	0,1 mg/L	3,41 <sup>a</sup> (12)	9,51 <sup>a</sup> (9)	36,0 <sup>a</sup> (12)
	0,5 mg/L	3,27 <sup>a</sup> (12)	10,0 <sup>a</sup> (8)	43,2 <sup>a</sup> (11)
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	2,29 <sup>a</sup> (10)	8,98 <sup>a</sup> (12)	36,7 <sup>a</sup> (7)
	0,1 mg/L	2,22 <sup>a</sup> (15)	8,44 <sup>a</sup> (3)	39,0 <sup>a</sup> (6)
	0,5 mg/L	2,04 <sup>b</sup> (38)	8,37 <sup>a</sup> (12)	37,8 <sup>a</sup> (20)
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	2,58 <sup>a</sup> (12)	11,0 <sup>a</sup> (20)	36,8 <sup>a</sup> (1)
	0,1 mg/L	2,86 <sup>a</sup> (8)	11,4 <sup>a</sup> (9)	36,7 <sup>a</sup> (6)
	0,5 mg/L	3,11 <sup>a</sup> (8)	10,3 <sup>a</sup> (5)	33,0 <sup>b</sup> (0,4)

23. melléklet. Káposzta részeinek (gyökér, levél) átlag száraz tömeg és szórás (RSD%) értékei különböző jód koncentrációjú öntözővizek alkalmazásával, a jódkezelések közötti, statisztikailag szignifikáns különbségek jelölésével ( $p < 0,05$ ; lineáris regresszió és Tukey test)

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Gyökér (g)	Levél (g)
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	2,44 <sup>a</sup> (9)	53,3 <sup>a</sup> (9)
	0,1 mg/L	2,34 <sup>a</sup> (19)	56,7 <sup>a</sup> (2)
	0,5 mg/L	2,65 <sup>a</sup> (6)	61,5 <sup>b</sup> (3)
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	1,40 <sup>a</sup> (32)	33,8 <sup>a</sup> (15)
	0,1 mg/L	2,31 <sup>a</sup> (20)	56,9 <sup>b</sup> (2)
	0,5 mg/L	2,43 <sup>a</sup> (16)	59,9 <sup>a</sup> (16)
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	2,17 <sup>a</sup> (13)	56,0 <sup>a</sup> (4)
	0,1 mg/L	1,26 <sup>a</sup> (41)	43,7 <sup>a</sup> (20)
	0,5 mg/L	2,94 <sup>a</sup> (21)	60,9 <sup>a</sup> (4)

24. melléklet. Sárgarépa részeinek (gyökér, hajtás) átlag száraz tömeg és szórás (RSD%) értékei különböző jód koncentrációjú öntözővizek alkalmazásával, a jódkezelések közötti, statisztikailag szignifikáns különbségek jelölésével ( $p < 0,05$ ; lineáris regresszió és Tukey test)

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Gyökér (g)	Hajtás (g)
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	17,0 <sup>a</sup> (23)	13,5 <sup>a</sup> (2)
	0,1 mg/L	20,1 <sup>a</sup> (27)	12,1 <sup>a</sup> (13)
	0,5 mg/L	13,8 <sup>a</sup> (23)	12,0 <sup>a</sup> (8)
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	25,5 <sup>a</sup> (9)	13,8 <sup>a</sup> (21)
	0,1 mg/L	21,6 <sup>a</sup> (2)	11,6 <sup>a</sup> (4)
	0,5 mg/L	21,8 <sup>a</sup> (8)	16,0 <sup>a</sup> (9)
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	14,3 <sup>a</sup> (8)	11,4 <sup>a</sup> (9)
	0,1 mg/L	9,12 <sup>a</sup> (35)	10,0 <sup>a</sup> (10)
	0,5 mg/L	12,8 <sup>a</sup> (16)	12,1 <sup>a</sup> (12)

25. melléklet. Zöldborsó részeinek (gyökér, hajtás, termés) átlag száraz tömeg és szórás (RSD%) értékei különböző jód koncentrációjú öntözővizek alkalmazásával, a jódkezelések közötti, statisztikailag szignifikáns különbségek jelölésével ( $p < 0,05$ ; lineáris regresszió és Tukey test)

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Gyökér (g)	Hajtás (g)	Termés (g)
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	0,80 <sup>a</sup> (36)	4,69 <sup>a</sup> (15)	10,3 <sup>a</sup> (1)
	0,1 mg/L	0,88 <sup>a</sup> (34)	6,26 <sup>a</sup> (16)	9,22 <sup>a</sup> (17)
	0,5 mg/L	0,71 <sup>a</sup> (21)	7,37 <sup>b</sup> (1)	8,34 <sup>a</sup> (30)
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	0,60 <sup>a</sup> (27)	6,34 <sup>a</sup> (24)	10,6 <sup>a</sup> (25)
	0,1 mg/L	0,81 <sup>a</sup> (37)	7,14 <sup>a</sup> (32)	10,2 <sup>a</sup> (16)
	0,5 mg/L	0,74 <sup>a</sup> (33)	6,76 <sup>a</sup> (21)	10,9 <sup>a</sup> (4)
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	0,65 <sup>a</sup> (32)	5,21 <sup>a</sup> (25)	8,75 <sup>a</sup> (27)
	0,1 mg/L	0,45 <sup>a</sup> (60)	4,20 <sup>a</sup> (16)	10,0 <sup>a</sup> (12)
	0,5 mg/L	0,54 <sup>a</sup> (32)	4,44 <sup>a</sup> (22)	8,97 <sup>a</sup> (13)

26. melléklet. Zöldbab részeinek jód koncentráció értékei három párhuzamos mérés során

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Gyökér (mg/kg)			Hajtás (mg/kg)			Termés (mg/kg)		
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	2,02	2,39	2,02	1,25	1,21	1,04	0,07	0,04	n.a.*
	0,1 mg/L	3,92	4,18	10,9	2,02	1,83	3,94	0,27	0,22	0,35
	0,5 mg/L	45,4	37,4	28,1	13,3	14,7	23,0	0,95	1,37	1,19
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	2,20	2,03	1,61	1,41	3,91	1,43	0,10	0,05	0,06
	0,1 mg/L	4,97	3,09	3,32	2,92	2,74	3,00	0,26	0,34	0,34
	0,5 mg/L	27,0	17,1	21,1	57,3	38,3	45,0	1,28	1,05	0,68
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	1,58	1,93	2,52	1,63	1,28	1,39	0,08	0,05	0,06
	0,1 mg/L	3,04	2,58	2,49	2,97	2,43	2,19	0,02	0,09	0,09
	0,5 mg/L	18,4	17,8	15,6	23,5	30,2	27,0	1,61	1,63	1,65

\*nincs adat

27. melléklet. Paradicsom részeinek jód koncentráció értékei három párhuzamos mérés során

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Gyökér (mg/kg)			Hajtás (mg/kg)			Termés (mg/kg)		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	1,25	1,10	1,16	1,65	1,69	1,57	0,10	0,12	0,10
	<i>0,1 mg/L</i>	5,53	5,20	4,19	3,16	3,23	3,27	0,08	n.a.*	0,08
	<i>0,5 mg/L</i>	64,1	67,8	65,5	63,9	69,4	64,3	3,68	3,55	3,65
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	1,25	1,12	1,18	1,84	1,90	1,65	0,08	0,10	0,08
	<i>0,1 mg/L</i>	2,42	3,10	n.a.*	2,81	2,84	2,79	0,05	0,06	0,08
	<i>0,5 mg/L</i>	31,0	28,2	30,6	35,5	39,8	36,6	1,69	1,65	1,67
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	1,47	1,44	1,53	1,86	1,76	1,73	0,08	0,09	0,08
	<i>0,1 mg/L</i>	n.a.*	7,87	8,08	4,98	4,96	5,07	0,06	0,06	0,08
	<i>0,5 mg/L</i>	38,0	37,4	40,6	70,1	75,5	73,3	3,21	3,10	3,27

\*nincs adat

28. melléklet. Burgonya részeinek jód koncentráció értékei három párhuzamos mérés során

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Gyökér (mg/kg)			Hajtás (mg/kg)			Gumó (mg/kg)		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	0,16	0,13	0,16	0,36	0,47	0,41	0,18	0,13	0,16
	<i>0,1 mg/L</i>	0,77	0,89	0,72	1,23	1,51	1,52	0,15	0,20	0,13
	<i>0,5 mg/L</i>	12,8	11,2	10,1	19,3	22,2	21,3	0,21	0,24	0,20
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	0,18	0,21	0,15	0,40	0,37	0,35	0,15	0,19	0,18
	<i>0,1 mg/L</i>	0,47	0,36	0,33	1,61	1,81	1,55	0,13	0,15	0,16
	<i>0,5 mg/L</i>	9,65	8,85	10,1	16,6	15,2	16,9	0,21	0,16	0,20
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	0,17	0,23	0,18	0,47	0,38	0,49	0,18	0,15	0,13
	<i>0,1 mg/L</i>	1,83	2,18	1,86	1,63	1,92	1,89	0,15	0,13	0,14
	<i>0,5 mg/L</i>	11,0	9,94	10,5	21,3	36,0	22,7	0,31	0,26	0,23

29. melléklet. Káposzta részeinek jód koncentráció értékei három párhuzamos mérés során

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Gyökér (mg/kg)			Levél (mg/kg)		
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	2,62	3,22	3,12	0,30	0,32	0,29
	<i>0,1 mg/L</i>	10,5	13,3	10,0	1,62	2,28	1,71
	<i>0,5 mg/L</i>	97,8	88,4	92,7	9,15	10,9	10,0
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	2,97	3,11	3,28	0,25	0,29	0,28
	<i>0,1 mg/L</i>	10,3	13,3	11,4	2,07	1,86	2,15
	<i>0,5 mg/L</i>	45,1	46,0	41,6	4,47	3,97	4,40
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	2,86	3,13	3,41	0,31	0,35	0,27
	<i>0,1 mg/L</i>	11,3	10,6	11,1	2,19	1,72	1,54
	<i>0,5 mg/L</i>	48,5	51,1	55,6	3,68	3,44	4,03

30. melléklet. Sárgarépa részeinek jód koncentráció értékei három párhuzamos mérés során

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Gyökér (mg/kg)			Levél (mg/kg)		
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	0,01	0,01	0,01	0,25	0,28	0,25
	<i>0,1 mg/L</i>	0,14	0,18	0,14	1,68	2,07	1,96
	<i>0,5 mg/L</i>	3,54	3,71	3,34	25,8	27,8	23,7
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	0,01	0,01	0,01	0,39	0,47	0,48
	<i>0,1 mg/L</i>	0,15	0,12	0,12	1,84	1,86	1,69
	<i>0,5 mg/L</i>	4,38	3,36	3,35	24,9	27,7	22,8
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	0,02	0,01	0,01	0,32	0,25	0,34
	<i>0,1 mg/L</i>	0,09	0,11	0,12	1,95	2,02	1,76
	<i>0,5 mg/L</i>	3,17	2,79	3,07	28,7	27,2	27,7

31. melléklet. Zöldborsó részeinek jód koncentráció értékei három párhuzamos mérés során

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Gyökér (mg/kg)			Hajtás (mg/kg)			Termés (mg/kg)		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	1,06	1,15	1,09	0,55	0,64	0,71	0,02	0,02	0,01
	<i>0,1 mg/L</i>	3,95	6,19	6,64	1,58	1,60	1,71	0,13	0,08	0,09
	<i>0,5 mg/L</i>	39,3	42,9	37,0	15,9	25,8	28,8	0,35	0,39	0,39
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	0,53	0,77	0,84	0,71	0,92	0,87	0,01	0,02	0,01
	<i>0,1 mg/L</i>	5,28	6,64	4,12	1,85	2,62	2,36	0,09	0,10	0,11
	<i>0,5 mg/L</i>	40,8	34,2	31,5	17,9	12,6	13,5	0,36	0,38	0,37
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	0,88	1,35	1,11	1,14	0,95	0,70	0,02	0,02	0,01
	<i>0,1 mg/L</i>	3,64	5,33	6,27	2,47	2,36	2,42	0,07	0,08	0,04
	<i>0,5 mg/L</i>	34,2	34,1	29,1	13,5	12,1	16,5	0,40	0,41	0,35

32. melléklet. Zöldbab részeinek (gyökér, hajtás, termés) átlag jód koncentráció és szórás (RSD%) értékei különböző jód koncentrációjú öntözővizek alkalmazásával, a jódkezelések közötti, statisztikailag szignifikáns különbségek jelölésével ( $p < 0,05$ ; lineáris regresszió és Tukey test)

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Gyökér (mg/kg)	Hajtás (mg/kg)	Termés (mg/kg)
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	2,14 <sup>a</sup> (10)	1,17 <sup>a</sup> (10)	0,06 <sup>a</sup> (39)
	<i>0,1 mg/L</i>	6,33 <sup>a</sup> (62)	2,60 <sup>a</sup> (45)	0,28 <sup>a</sup> (23)
	<i>0,5 mg/L</i>	36,9 <sup>b</sup> (23)	17,0 <sup>b</sup> (31)	1,17 <sup>b</sup> (18)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	1,95 <sup>a</sup> (16)	6,48 <sup>a</sup> (104)	0,07 <sup>a</sup> (38)
	<i>0,1 mg/L</i>	3,79 <sup>a</sup> (27)	2,89 <sup>a</sup> (5)	0,31 <sup>a</sup> (15)
	<i>0,5 mg/L</i>	21,7 <sup>b</sup> (23)	46,8 <sup>b</sup> (21)	1,00 <sup>b</sup> (30)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	2,01 <sup>a</sup> (24)	1,43 <sup>a</sup> (12)	0,06 <sup>a</sup> (24)
	<i>0,1 mg/L</i>	2,70 <sup>a</sup> (11)	2,53 <sup>a</sup> (16)	0,07 <sup>a</sup> (61)
	<i>0,5 mg/L</i>	17,2 <sup>b</sup> (9)	26,9 <sup>b</sup> (12)	1,63 <sup>b</sup> (1)



33. melléklet. Paradicsom részeinek (gyökér, hajtás, termés) átlag jód koncentráció és szórás (RSD%) értékei különböző jód koncentrációjú öntözővizek alkalmazásával, a jódkezelések közötti, statisztikailag szignifikáns különbségek jelölésével ( $p < 0,05$ ; lineáris regresszió és Tukey test)

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Gyökér (mg/kg)	Hajtás (mg/kg)	Termés (mg/kg)
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	1,17 <sup>a</sup> (6)	1,64 <sup>a</sup> (4)	0,11 <sup>a</sup> (11)
	0,1 mg/L	4,97 <sup>b</sup> (14)	3,22 <sup>a</sup> (2)	0,08 <sup>a</sup> (0)
	0,5 mg/L	65,8 <sup>c</sup> (3)	65,9 <sup>b</sup> (5)	3,63 <sup>b</sup> (2)
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	1,18 <sup>a</sup> (5)	1,80 <sup>a</sup> (7)	0,09 <sup>a</sup> (16)
	0,1 mg/L	2,76 <sup>a</sup> (17)	2,81 <sup>a</sup> (1)	0,06 <sup>a</sup> (24)
	0,5 mg/L	29,9 <sup>b</sup> (5)	37,3 <sup>b</sup> (6)	1,67 <sup>b</sup> (1)
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	1,48 <sup>a</sup> (3)	1,78 <sup>a</sup> (4)	0,08 <sup>a</sup> (7)
	0,1 mg/L	7,98 <sup>b</sup> (2)	5,00 <sup>a</sup> (1)	0,07 <sup>a</sup> (17)
	0,5 mg/L	38,7 <sup>c</sup> (4)	73,0 <sup>b</sup> (4)	3,19 <sup>b</sup> (3)

34. melléklet. Burgonya részeinek (gyökér, hajtás, gumó) átlag jód koncentráció és szórás (RSD%) értékei különböző jód koncentrációjú öntözővizek alkalmazásával, a jódkezelések közötti, statisztikailag szignifikáns különbségek jelölésével ( $p < 0,05$ ; lineáris regresszió és Tukey test)

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Gyökér (mg/kg)	Hajtás (mg/kg)	Gumó (mg/kg)
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	0,15 <sup>a</sup> (12)	0,41 <sup>a</sup> (13)	0,16 <sup>a</sup> (15)
	0,1 mg/L	0,80 <sup>a</sup> (11)	1,42 <sup>a</sup> (12)	0,16 <sup>a</sup> (22)
	0,5 mg/L	11,3 <sup>b</sup> (12)	20,9 <sup>b</sup> (7)	0,22 <sup>a</sup> (8)
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	0,18 <sup>a</sup> (16)	0,37 <sup>a</sup> (7)	0,17 <sup>a</sup> (14)
	0,1 mg/L	0,39 <sup>a</sup> (19)	1,65 <sup>a</sup> (8)	0,14 <sup>a</sup> (9)
	0,5 mg/L	9,53 <sup>b</sup> (7)	16,2 <sup>b</sup> (5)	0,19 <sup>a</sup> (15)
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	0,20 <sup>a</sup> (17)	0,45 <sup>a</sup> (14)	0,15 <sup>a</sup> (16)
	0,1 mg/L	1,96 <sup>b</sup> (10)	1,81 <sup>a</sup> (9)	0,14 <sup>a</sup> (6)
	0,5 mg/L	10,5 <sup>c</sup> (5)	26,7 <sup>b</sup> (30)	0,27 <sup>b</sup> (15)

35. melléklet. Káposzta részeinek (gyökér, levél) átlag jód koncentráció és szórás (RSD%) értékei különböző jód koncentrációjú öntözővizek alkalmazásával, a jódkezelések közötti, statisztikailag szignifikáns különbségek jelölésével ( $p < 0,05$ ; lineáris regresszió és Tukey test)

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Gyökér (mg/kg)	Levél (mg/kg)
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	2,99 <sup>a</sup> (11)	0,30 <sup>a</sup> (5)
	0,1 mg/L	11,3 <sup>b</sup> (16)	1,87 <sup>b</sup> (19)
	0,5 mg/L	93,0 <sup>c</sup> (5)	10,0 <sup>c</sup> (9)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	3,12 <sup>a</sup> (5)	0,27 <sup>a</sup> (8)
	0,1 mg/L	11,7 <sup>b</sup> (13)	2,03 <sup>b</sup> (7)
	0,5 mg/L	44,2 <sup>c</sup> (5)	4,28 <sup>c</sup> (6)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	3,13 <sup>a</sup> (9)	0,31 <sup>a</sup> (13)
	0,1 mg/L	11,0 <sup>b</sup> (3)	1,82 <sup>b</sup> (18)
	0,5 mg/L	51,7 <sup>c</sup> (7)	3,72 <sup>c</sup> (8)

36. melléklet. Sárgarépa részeinek (gyökér, hajtás) átlag jód koncentráció és szórás (RSD%) értékei különböző jód koncentrációjú öntözővizek alkalmazásával, a jódkezelések közötti, statisztikailag szignifikáns különbségek jelölésével ( $p < 0,05$ ; lineáris regresszió és Tukey test)

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Gyökér (mg/kg)	Hajtás (mg/kg)
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	0,01 <sup>a</sup> (0)	0,26 <sup>a</sup> (7)
	0,1 mg/L	0,15 <sup>a</sup> (15)	1,90 <sup>a</sup> (11)
	0,5 mg/L	3,53 <sup>b</sup> (5)	25,8 <sup>b</sup> (8)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	0,01 <sup>a</sup> (0)	0,45 <sup>a</sup> (11)
	0,1 mg/L	0,13 <sup>a</sup> (13)	1,80 <sup>a</sup> (5)
	0,5 mg/L	3,70 <sup>b</sup> (16)	25,1 <sup>b</sup> (10)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	0,01 <sup>a</sup> (43)	0,30 <sup>a</sup> (16)
	0,1 mg/L	0,11 <sup>a</sup> (14)	1,91 <sup>b</sup> (7)
	0,5 mg/L	3,01 <sup>b</sup> (7)	27,9 <sup>c</sup> (3)

37. melléklet. Zöldborsó részeinek (gyökér, hajtás, termés) átlag jód koncentráció és szórás (RSD%) értékei különböző jód koncentrációjú öntözővizek alkalmazásával, a jódkezelések közötti, statisztikailag szignifikáns különbségek jelölésével ( $p < 0,05$ ; lineáris regresszió és Tukey test)

Talajtípus	Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció	Gyökér (mg/kg)	Hajtás (mg/kg)	Termés (mg/kg)
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	1,10 <sup>a</sup> (4)	0,63 <sup>a</sup> (12)	0,01 <sup>a</sup> (27)
	0,1 mg/L	5,60 <sup>a</sup> (26)	1,63 <sup>a</sup> (4)	0,10 <sup>b</sup> (25)
	0,5 mg/L	39,7 <sup>b</sup> (7)	23,5 <sup>b</sup> (29)	0,38 <sup>c</sup> (7)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	0,71 <sup>a</sup> (22)	0,84 <sup>a</sup> (13)	0,01 <sup>a</sup> (22)
	0,1 mg/L	5,35 <sup>a</sup> (24)	2,26 <sup>a</sup> (17)	0,10 <sup>b</sup> (13)
	0,5 mg/L	35,4 <sup>b</sup> (13)	14,6 <sup>b</sup> (19)	0,37 <sup>c</sup> (2)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	1,11 <sup>a</sup> (22)	0,93 <sup>a</sup> (23)	0,02 <sup>a</sup> (8)
	0,1 mg/L	5,08 <sup>a</sup> (26)	2,42 <sup>a</sup> (2)	0,06 <sup>a</sup> (33)
	0,5 mg/L	32,4 <sup>b</sup> (9)	14,0 <sup>b</sup> (16)	0,38 <sup>b</sup> (9)

38. melléklet. Zöldbab részeinek tápelem koncentráció értékei három párhuzamos mérés során

Magnézium koncentráció (mg/kg)										
		<i>Gyökér</i>			<i>Hajtás</i>			<i>Termés</i>		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	7995	7942	8284	4436	4445	4410	2399	2284	n.a.*
	<i>0,1 mg/L</i>	8102	8218	7940	5107	5431	4749	2335	2973	3311
	<i>0,5 mg/L</i>	13943	14489	13568	5253	5039	5780	2670	3497	3104
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	5064	4443	4589	4491	4586	4506	2655	2693	2372
	<i>0,1 mg/L</i>	5002	3578	3563	5276	5368	5004	3193	2974	3022
	<i>0,5 mg/L</i>	5247	4230	4442	4806	4722	4404	3430	3080	2899
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	5920	5537	6077	6937	6911	6896	2656	3044	2928
	<i>0,1 mg/L</i>	6332	5431	5317	6939	7700	6993	3103	3080	2828
	<i>0,5 mg/L</i>	8357	8102	8316	7028	7537	6805	4111	3438	4141
Foszfor koncentráció (mg/kg)										
		<i>Gyökér</i>			<i>Hajtás</i>			<i>Termés</i>		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	3762	4487	6218	2531	2592	3446	3665	3618	n.a.*
	<i>0,1 mg/L</i>	4229	4930	5260	2326	2718	3011	3712	4356	6126
	<i>0,5 mg/L</i>	4809	5250	4934	4571	4126	4226	5375	6331	5956
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	3868	3876	3478	3115	3011	2795	3741	4112	3681
	<i>0,1 mg/L</i>	4096	3632	3759	3258	3324	3075	4882	4530	4563
	<i>0,5 mg/L</i>	4441	4266	4454	3750	3658	3408	5704	4631	4668
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	4224	3851	4619	3446	3668	3039	4477	4755	4275
	<i>0,1 mg/L</i>	4509	4332	4117	3090	3514	3470	4621	4945	4612
	<i>0,5 mg/L</i>	5536	5056	5084	3983	3791	4128	6448	5218	6965
Mangán koncentráció (mg/kg)										
		<i>Gyökér</i>			<i>Hajtás</i>			<i>Termés</i>		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	67	85	100	91	67	49	22	25	n.a.*
	<i>0,1 mg/L</i>	83	68	210	109	93	92	23	25	48
	<i>0,5 mg/L</i>	87	124	93	81	99	132	27	49	36
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	27	24	22	67	76	52	23	21	20
	<i>0,1 mg/L</i>	27	23	26	91	85	72	26	24	22
	<i>0,5 mg/L</i>	38	33	41	85	83	87	33	27	27
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	26	26	45	70	61	75	16	20	19
	<i>0,1 mg/L</i>	29	23	27	65	72	75	18	19	18
	<i>0,5 mg/L</i>	102	36	37	77	66	86	28	21	33
Vas koncentráció (mg/kg)										
		<i>Gyökér</i>			<i>Hajtás</i>			<i>Termés</i>		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	1326	815	2067	160	146	149	93	105	n.a.*
	<i>0,1 mg/L</i>	1845	1354	742	190	193	194	106	124	121
	<i>0,5 mg/L</i>	1446	1365	803	245	275	190	108	164	121
	<i>Kontroll</i>	1026	830	905	218	260	184	74	74	79

<b>Homok-vályog</b>	<i>0,1 mg/L</i>	922	822	989	213	199	193	136	81	81
	<i>0,5 mg/L</i>	1221	1656	1514	228	232	254	125	112	114
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	693	935	1394	228	236	249	73	81	74
	<i>0,1 mg/L</i>	997	615	907	181	252	209	75	82	80
	<i>0,5 mg/L</i>	2410	915	1008	259	189	308	146	109	159
<b>Réz koncentráció (mg/kg)</b>										
		<b>Gyökér</b>			<b>Hajtás</b>			<b>Termés</b>		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	6	9	9	144	67	74	4	3	n.a.*
	<i>0,1 mg/L</i>	3	6	5	101	145	62	3	4	5
	<i>0,5 mg/L</i>	5	6	5	41	52	78	4	5	5
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	8	7	4	159	199	135	4	5	4
	<i>0,1 mg/L</i>	6	4	5	224	230	221	6	5	6
	<i>0,5 mg/L</i>	6	6	13	185	194	169	6	5	6
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	4	4	9	193	184	237	4	5	4
	<i>0,1 mg/L</i>	8	4	5	172	196	205	4	4	4
	<i>0,5 mg/L</i>	10	7	7	177	154	179	6	5	7
<b>Cink koncentráció (mg/kg)</b>										
		<b>Gyökér</b>			<b>Hajtás</b>			<b>Termés</b>		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	198	250	168	45	52	46	46	43	n.a.*
	<i>0,1 mg/L</i>	217	155	196	40	39	47	49	44	53
	<i>0,5 mg/L</i>	179	181	185	49	48	47	45	52	55
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	154	159	396	48	52	52	47	49	45
	<i>0,1 mg/L</i>	193	150	177	56	54	56	53	53	62
	<i>0,5 mg/L</i>	195	174	194	48	72	51	57	51	67
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	177	165	185	47	52	49	51	48	45
	<i>0,1 mg/L</i>	180	161	216	42	55	49	47	49	60
	<i>0,5 mg/L</i>	195	185	247	48	46	46	72	57	70
<b>Bór koncentráció (mg/kg)</b>										
		<b>Gyökér</b>			<b>Hajtás</b>			<b>Termés</b>		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	20	21	23	26	23	24	17	22	n.a.*
	<i>0,1 mg/L</i>	27	18	20	29	29	28	19	18	20
	<i>0,5 mg/L</i>	17	20	22	44	49	65	20	26	40
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	20	17	17	29	29	24	17	16	15
	<i>0,1 mg/L</i>	17	13	18	34	32	34	18	17	16
	<i>0,5 mg/L</i>	14	15	14	39	41	39	20	24	24
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	17	17	22	32	25	29	17	20	16
	<i>0,1 mg/L</i>	18	15	18	27	26	41	16	14	15
	<i>0,5 mg/L</i>	20	19	17	38	40	36	24	19	20

\*nincs adat

39. melléklet. Paradicsom részeinek tápelem koncentráció értékei három párhuzamos mérés során

Magnézium koncentráció (mg/kg)										
		Gyökér			Hajtás			Termés		
Homok	Kontroll	3019	3127	3200	8223	8429	8358	1291	1331	1365
	0,1 mg/L	3617	4164	4179	7617	8822	9582	1273	1646	1454
	0,5 mg/L	4343	5601	4800	7763	8329	8599	1408	1481	1630
Homok-vályog	Kontroll	3034	3297	3113	7833	7720	7458	1479	1624	1648
	0,1 mg/L	2525	2678	2688	7883	7054	6722	1740	1847	1732
	0,5 mg/L	3483	3670	3227	8059	7607	7991	1800	1700	1695
Vályog	Kontroll	3675	3768	3854	8015	8336	8176	1397	1335	1353
	0,1 mg/L	3079	3473	3979	9356	9163	10287	1697	1387	1567
	0,5 mg/L	4720	5357	4871	11904	10113	11133	1678	1600	1884
Foszfor koncentráció (mg/kg)										
		Gyökér			Hajtás			Termés		
Homok	Kontroll	745	756	741	1636	1696	1582	2525	2646	2482
	0,1 mg/L	881	913	738	615	791	879	1768	1541	2046
	0,5 mg/L	922	993	1110	741	624	579	1749	1413	1496
Homok-vályog	Kontroll	1285	1420	1327	4075	4177	3872	3597	3600	3623
	0,1 mg/L	958	1091	1247	3130	4075	3372	2702	3048	3207
	0,5 mg/L	1151	1006	1057	2860	3080	n.a.*	2588	2282	2432
Vályog	Kontroll	714	761	775	1540	1628	1590	2858	2701	2688
	0,1 mg/L	1096	1360	1497	1139	1090	1242	1849	1672	1907
	0,5 mg/L	870	794	709	876	818	1048	1681	1709	1870
Mangán koncentráció (mg/kg)										
		Gyökér			Hajtás			Termés		
Homok	Kontroll	16	17	18	29	28	26	8	8	8
	0,1 mg/L	12	15	11	31	29	29	8	8	7
	0,5 mg/L	22	25	18	29	29	33	8	6	8
Homok-vályog	Kontroll	12	13	12	27	29	30	9	10	9
	0,1 mg/L	14	9	12	26	26	21	8	8	7
	0,5 mg/L	14	16	14	28	31	28	8	7	8
Vályog	Kontroll	12	13	12	44	43	43	9	9	10
	0,1 mg/L	15	14	19	44	52	59	7	6	7
	0,5 mg/L	18	20	16	65	67	60	10	9	12
Vas koncentráció (mg/kg)										
		Gyökér			Hajtás			Termés		
Homok	Kontroll	591	587	544	100	106	107	47	45	41
	0,1 mg/L	616	771	663	116	96	126	33	35	31
	0,5 mg/L	1472	1431	1647	82	103	94	17	20	18
Homok-vályog	Kontroll	619	656	687	109	105	106	61	64	65
	0,1 mg/L	686	595	721	121	109	120	29	32	36
	0,5 mg/L	1360	1150	1230	107	108	97	21	16	15

<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	633	705	635	85	88	83	74	75	72
	<i>0,1 mg/L</i>	1484	1804	1640	164	174	206	31	30	32
	<i>0,5 mg/L</i>	1116	1058	892	105	99	103	26	26	29
<b>Réz koncentráció (mg/kg)</b>										
		<b>Gyökér</b>			<b>Hajtás</b>			<b>Termés</b>		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	13	15	14	73	71	68	9	9	10
	<i>0,1 mg/L</i>	12	12	14	81	99	80	6	6	6
	<i>0,5 mg/L</i>	19	21	17	56	69	65	5	6	6
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	18	17	16	77	74	78	7	9	8
	<i>0,1 mg/L</i>	9	14	12	66	51	58	9	11	8
	<i>0,5 mg/L</i>	17	19	14	73	82	78	7	7	7
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	14	16	15	57	63	60	5	7	6
	<i>0,1 mg/L</i>	16	21	20	70	80	82	6	7	6
	<i>0,5 mg/L</i>	17	19	18	64	70	60	6	6	9
<b>Cink koncentráció (mg/kg)</b>										
		<b>Gyökér</b>			<b>Hajtás</b>			<b>Termés</b>		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	153	152	160	49	50	46	23	22	23
	<i>0,1 mg/L</i>	211	181	192	42	44	53	33	33	33
	<i>0,5 mg/L</i>	170	179	173	38	42	43	34	39	40
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	183	161	174	66	62	64	40	43	46
	<i>0,1 mg/L</i>	198	177	208	61	76	65	33	40	36
	<i>0,5 mg/L</i>	212	198	178	67	67	66	38	36	34
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	151	160	166	59	61	58	30	30	31
	<i>0,1 mg/L</i>	177	183	200	69	75	74	36	38	44
	<i>0,5 mg/L</i>	208	179	173	71	61	67	40	38	43
<b>Bór koncentráció (mg/kg)</b>										
		<b>Gyökér</b>			<b>Hajtás</b>			<b>Termés</b>		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	16	17	16	42	46	44	16	14	14
	<i>0,1 mg/L</i>	16	15	13	38	39	43	13	13	13
	<i>0,5 mg/L</i>	17	19	18	34	36	36	14	14	13
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	16	17	17	51	53	48	14	14	15
	<i>0,1 mg/L</i>	9	13	n.a.*	42	40	45	12	13	12
	<i>0,5 mg/L</i>	14	13	13	62	59	55	15	15	13
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	15	16	15	42	45	42	14	13	13
	<i>0,1 mg/L</i>	13	17	20	54	50	54	13	9	11
	<i>0,5 mg/L</i>	15	14	15	49	51	51	14	14	14

\*nincs adat

40. melléklet. Burgonya részeinek tápelem koncentráció értékei három párhuzamos mérés során

Magnézium koncentráció (mg/kg)										
		Gyökér			Hajtás			Gumó		
Homok	Kontroll	6431	6110	6393	14729	19157	17319	820	945	858
	0,1 mg/L	2191	1949	1912	12551	11480	11986	147	138	131
	0,5 mg/L	2317	n.a.*	2121	11868	10829	11594	224	214	240
Homok-vályog	Kontroll	5356	4978	3736	10392	10144	7706	820	983	997
	0,1 mg/L	964	988	871	6929	6966	6527	292	361	300
	0,5 mg/L	1192	n.a.*	1249	4709	7107	6969	n.a.*	376	356
Vályog	Kontroll	4311	4987	5417	11257	13182	12228	1910	1268	1164
	0,1 mg/L	2678	2063	3054	10725	10233	10890	189	215	210
	0,5 mg/L	2433	2301	2525	10428	9522	9362	314	306	293
Foszfor koncentráció (mg/kg)										
		Gyökér			Hajtás			Gumó		
Homok	Kontroll	1206	721	1123	1582	1182	1248	1677	1486	1535
	0,1 mg/L	777	447	507	1198	936	1084	1505	1094	1023
	0,5 mg/L	666	492	650	1012	941	1105	1131	1181	1019
Homok-vályog	Kontroll	1061	1176	1145	1828	2151	1613	1673	1542	1583
	0,1 mg/L	615	468	603	1426	1466	1329	2008	2441	2161
	0,5 mg/L	1049	1016	902	1368	1455	1502	2341	2178	2327
Vályog	Kontroll	1210	1201	1171	1392	1731	1826	3830	2817	2791
	0,1 mg/L	832	722	784	1520	1150	1489	1252	1400	1219
	0,5 mg/L	1057	1034	1004	1451	1899	1440	1309	1263	1366
Mangán koncentráció (mg/kg)										
		Gyökér			Hajtás			Gumó		
Homok	Kontroll	45	36	31	50	50	34	4	4	4
	0,1 mg/L	32	33	31	n.a.*	47	47	5	4	4
	0,5 mg/L	51	48	39	47	34	41	4	3	4
Homok-vályog	Kontroll	22	19	15	60	42	42	4	4	4
	0,1 mg/L	23	22	21	46	44	48	4	5	4
	0,5 mg/L	24	n.a.*	39	39	43	35	6	5	5
Vályog	Kontroll	17	25	39	34	45	42	9	4	5
	0,1 mg/L	29	29	32	42	35	39	4	4	4
	0,5 mg/L	34	39	43	36	29	32	3	5	4
Vas koncentráció (mg/kg)										
		Gyökér			Hajtás			Gumó		
Homok	Kontroll	572	564	530	79	110	107	19	18	18
	0,1 mg/L	1410	1562	1440	174	200	172	60	56	47
	0,5 mg/L	n.a.*	1438	1540	165	155	190	41	49	53
Homok-vályog	Kontroll	523	442	320	169	138	140	37	23	24
	0,1 mg/L	1116	1068	988	234	232	266	49	58	48
	0,5 mg/L	962	n.a.*	1812	139	216	204	63	64	65



<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	n.a.*	839	1045	102	129	110	48	32	35
	<i>0,1 mg/L</i>	1330	1254	1342	207	190	202	47	47	43
	<i>0,5 mg/L</i>	2087	1919	1925	194	195	164	35	32	33
<b>Réz koncentráció (mg/kg)</b>										
		<b>Gyökér</b>			<b>Hajtás</b>			<b>Gumó</b>		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	10	9	13	5	5	4	3	3	3
	<i>0,1 mg/L</i>	15	10	12	4	4	3	4	2	2
	<i>0,5 mg/L</i>	22	17	16	5	8	6	3	4	3
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	9	10	7	7	8	7	4	4	4
	<i>0,1 mg/L</i>	11	11	10	5	6	5	4	5	5
	<i>0,5 mg/L</i>	15	28	24	6	6	6	7	6	4
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	10	11	12	5	6	6	7	5	6
	<i>0,1 mg/L</i>	16	9	12	5	5	7	4	4	4
	<i>0,5 mg/L</i>	18	18	17	6	7	5	3	5	4
<b>Cink koncentráció (mg/kg)</b>										
		<b>Gyökér</b>			<b>Hajtás</b>			<b>Gumó</b>		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	161	201	159	37	38	35	34	29	33
	<i>0,1 mg/L</i>	163	163	165	37	43	36	40	35	34
	<i>0,5 mg/L</i>	166	166	157	41	40	57	37	36	35
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	178	192	231	53	58	53	37	37	40
	<i>0,1 mg/L</i>	200	204	219	49	56	50	39	41	42
	<i>0,5 mg/L</i>	188	179	200	45	49	46	47	45	38
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	159	161	179	43	42	50	47	41	35
	<i>0,1 mg/L</i>	181	169	184	47	43	52	42	41	41
	<i>0,5 mg/L</i>	173	180	173	42	47	44	37	43	39
<b>Bór koncentráció (mg/kg)</b>										
		<b>Gyökér</b>			<b>Hajtás</b>			<b>Gumó</b>		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	22	20	21	56	56	45	6	6	6
	<i>0,1 mg/L</i>	27	25	27	56	50	58	6	5	5
	<i>0,5 mg/L</i>	26	27	26	52	44	59	6	5	5
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	28	26	26	87	83	70	7	7	7
	<i>0,1 mg/L</i>	28	26	24	81	88	89	6	6	6
	<i>0,5 mg/L</i>	24	22	29	61	71	78	9	8	6
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	23	22	23	54	73	66	6	5	6
	<i>0,1 mg/L</i>	26	24	26	68	68	63	6	6	5
	<i>0,5 mg/L</i>	26	26	26	62	60	63	6	8	7

\*nincs adat

41. melléklet. Káposzta részeinek tápelem koncentráció értékei három párhuzamos mérés során

Magnézium koncentráció (mg/kg)							
		Gyökér			Levél		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	2431	2613	2762	2810	2789	2699
	<i>0,1 mg/L</i>	1761	n.a.*	1892	2338	2581	2484
	<i>0,5 mg/L</i>	2805	2978	3281	2922	2579	2714
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	2050	1874	2177	2461	2305	2361
	<i>0,1 mg/L</i>	2022	1864	1670	2454	2679	2413
	<i>0,5 mg/L</i>	2665	3014	3129	2844	3170	3274
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	2057	2113	1868	2199	2193	2306
	<i>0,1 mg/L</i>	3056	3393	3088	1927	2230	2191
	<i>0,5 mg/L</i>	3310	3878	3521	2673	2343	2498
Foszfor koncentráció (mg/kg)							
		Gyökér			Levél		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	3646	3612	3407	2390	2252	2345
	<i>0,1 mg/L</i>	2640	2862	3131	1930	1832	1978
	<i>0,5 mg/L</i>	1925	1958	1883	2213	2460	2024
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	4795	5095	4989	2750	2632	2920
	<i>0,1 mg/L</i>	3921	4017	3738	2469	2536	2474
	<i>0,5 mg/L</i>	4632	5391	4377	2985	3088	2828
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	2312	2193	2281	1764	1767	1733
	<i>0,1 mg/L</i>	2363	2493	2208	1508	1536	1694
	<i>0,5 mg/L</i>	2894	2610	2798	1596	1482	1629
Mangán koncentráció (mg/kg)							
		Gyökér			Levél		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	53	53	58	47	42	43
	<i>0,1 mg/L</i>	36	33	35	30	31	31
	<i>0,5 mg/L</i>	36	33	29	31	26	32
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	21	25	22	24	21	21
	<i>0,1 mg/L</i>	30	31	24	22	21	23
	<i>0,5 mg/L</i>	20	20	20	23	26	26
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	29	32	28	30	29	29
	<i>0,1 mg/L</i>	34	30	38	20	16	21
	<i>0,5 mg/L</i>	34	38	33	29	21	23
Vas koncentráció (mg/kg)							
		Gyökér			Levél		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	2648	2472	2601	77	72	70
	<i>0,1 mg/L</i>	2223	2023	1992	95	98	84
	<i>0,5 mg/L</i>	1475	1400	1523	63	55	52
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	1493	1319	1169	79	75	67
	<i>0,1 mg/L</i>	1594	1313	1701	60	59	67
	<i>0,5 mg/L</i>	1226	1410	1580	60	60	60

<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	1486	1534	1402	55	57	55
	<i>0,1 mg/L</i>	2188	1912	2083	76	79	76
	<i>0,5 mg/L</i>	2528	2835	3125	60	47	53
<b>Réz koncentráció (mg/kg)</b>							
		<b>Gyökér</b>			<b>Levél</b>		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	11	10	13	1	1	1
	<i>0,1 mg/L</i>	10	10	9	1	1	1
	<i>0,5 mg/L</i>	8	7	10	1	2	1
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	7	7	6	1	1	1
	<i>0,1 mg/L</i>	10	10	9	1	1	1
	<i>0,5 mg/L</i>	6	7	6	1	1	1
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	9	10	8	1	1	1
	<i>0,1 mg/L</i>	12	9	12	1	1	1
	<i>0,5 mg/L</i>	13	12	15	1	1	1
<b>Cink koncentráció (mg/kg)</b>							
		<b>Gyökér</b>			<b>Levél</b>		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	163	146	159	32	27	30
	<i>0,1 mg/L</i>	136	146	125	34	37	33
	<i>0,5 mg/L</i>	139	162	154	47	42	33
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	122	142	135	34	30	32
	<i>0,1 mg/L</i>	130	131	149	31	40	34
	<i>0,5 mg/L</i>	132	159	152	34	37	35
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	165	150	174	35	35	32
	<i>0,1 mg/L</i>	168	142	154	40	36	35
	<i>0,5 mg/L</i>	162	180	161	35	32	34
<b>Bór koncentráció (mg/kg)</b>							
		<b>Gyökér</b>			<b>Levél</b>		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	23	22	22	24	21	26
	<i>0,1 mg/L</i>	13	13	10	18	16	19
	<i>0,5 mg/L</i>	11	12	12	17	18	16
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	21	24	20	23	23	23
	<i>0,1 mg/L</i>	12	13	12	15	18	16
	<i>0,5 mg/L</i>	11	11	11	18	19	19
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	17	17	16	29	24	28
	<i>0,1 mg/L</i>	13	11	13	16	17	18
	<i>0,5 mg/L</i>	12	13	11	19	15	17

\*nincs adat

42. melléklet. Sárgarépa részeinek tápelem koncentráció értékei három párhuzamos mérés során

Magnézium koncentráció (mg/kg)							
		Gyökér			Hajtás		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	1043	1734	1267	3858	4360	4810
	<i>0,1 mg/L</i>	1675	1976	1842	5152	5366	6114
	<i>0,5 mg/L</i>	1699	1466	2047	3210	2524	2868
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	1799	2182	1877	4706	3105	4221
	<i>0,1 mg/L</i>	1524	1528	1641	6497	6840	5440
	<i>0,5 mg/L</i>	1153	1504	1520	3013	3187	3315
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	1461	1109	1070	5373	4406	5205
	<i>0,1 mg/L</i>	1776	1498	1638	6896	4319	4656
	<i>0,5 mg/L</i>	1867	1935	1762	3190	3435	3201
Foszfor koncentráció (mg/kg)							
		Gyökér			Hajtás		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	24505	23738	17353	34766	33724	37845
	<i>0,1 mg/L</i>	25197	19503	29021	52759	50027	48382
	<i>0,5 mg/L</i>	26939	32771	32579	29074	32211	33378
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	27491	23379	24599	41998	36412	34891
	<i>0,1 mg/L</i>	33715	24843	31154	61959	66657	55140
	<i>0,5 mg/L</i>	29581	30968	29248	35962	31343	25617
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	18517	17247	18043	37686	30599	29165
	<i>0,1 mg/L</i>	27776	31772	26860	43250	45481	41781
	<i>0,5 mg/L</i>	25147	20016	28578	18817	22625	15263
Mangán koncentráció (mg/kg)							
		Gyökér			Hajtás		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	9	7	10	57	59	54
	<i>0,1 mg/L</i>	11	11	11	89	91	92
	<i>0,5 mg/L</i>	14	14	11	51	46	43
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	9	8	10	53	42	48
	<i>0,1 mg/L</i>	9	10	10	91	95	103
	<i>0,5 mg/L</i>	7	8	9	37	34	33
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	7	5	6	67	72	73
	<i>0,1 mg/L</i>	10	11	9	64	58	71
	<i>0,5 mg/L</i>	10	8	9	33	38	36
Vas koncentráció (mg/kg)							
		Gyökér			Hajtás		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	55	58	57	113	130	120
	<i>0,1 mg/L</i>	68	59	74	161	160	202
	<i>0,5 mg/L</i>	58	50	55	88	104	87
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	81	63	76	127	116	151
	<i>0,1 mg/L</i>	55	55	59	248	248	237
	<i>0,5 mg/L</i>	55	52	63	97	105	101

<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	55	45	70	114	123	138
	<i>0,1 mg/L</i>	61	53	61	220	127	148
	<i>0,5 mg/L</i>	78	77	75	125	121	122
<b>Réz koncentráció (mg/kg)</b>							
		<b>Gyökér</b>			<b>Hajtás</b>		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	4	3	6	4	4	5
	<i>0,1 mg/L</i>	9	9	9	4	5	6
	<i>0,5 mg/L</i>	6	6	7	4	3	5
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	6	5	4	4	3	6
	<i>0,1 mg/L</i>	6	9	8	6	8	8
	<i>0,5 mg/L</i>	10	10	9	4	4	5
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	4	2	5	5	5	6
	<i>0,1 mg/L</i>	8	9	7	11	7	7
	<i>0,5 mg/L</i>	8	6	7	4	5	6
<b>Cink koncentráció (mg/kg)</b>							
		<b>Gyökér</b>			<b>Hajtás</b>		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	27	21	29	21	22	29
	<i>0,1 mg/L</i>	40	40	35	12	13	14
	<i>0,5 mg/L</i>	22	23	21	16	19	20
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	45	35	32	34	32	33
	<i>0,1 mg/L</i>	36	45	41	29	36	38
	<i>0,5 mg/L</i>	38	36	32	21	26	27
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	30	33	36	32	29	36
	<i>0,1 mg/L</i>	32	33	32	40	30	31
	<i>0,5 mg/L</i>	30	31	31	22	19	21
<b>Bór koncentráció (mg/kg)</b>							
		<b>Gyökér</b>			<b>Hajtás</b>		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	17	12	13	28	26	31
	<i>0,1 mg/L</i>	8	14	18	30	34	34
	<i>0,5 mg/L</i>	17	20	17	34	26	34
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	17	15	13	27	30	41
	<i>0,1 mg/L</i>	16	15	15	35	41	36
	<i>0,5 mg/L</i>	17	15	18	25	35	33
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	13	12	14	31	26	28
	<i>0,1 mg/L</i>	15	17	17	30	31	33
	<i>0,5 mg/L</i>	18	16	16	26	28	31

43. melléklet. Zöldborsó részeinek tápelem koncentráció értékei három párhuzamos mérés során

<b>Magnézium koncentráció (mg/kg)</b>										
		<i>Gyökér</i>			<i>Hajtás</i>			<i>Termés</i>		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	8368	9393	8767	6344	5023	5467	1431	1599	1832
	<i>0,1 mg/L</i>	12511	13006	10727	6288	5242	6236	1608	1677	2086
	<i>0,5 mg/L</i>	12118	11782	10440	4884	5017	5543	1399	1248	1141
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	3438	3721	2898	4969	3856	3902	1632	1579	1296
	<i>0,1 mg/L</i>	5412	4190	8593	5058	5200	3600	1781	1571	1927
	<i>0,5 mg/L</i>	4607	3812	5246	5213	5135	5115	1227	1266	1372
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	4316	5409	4829	5438	4152	3887	1647	1556	1936
	<i>0,1 mg/L</i>	6300	5436	7891	6979	5020	5598	1914	1999	2014
	<i>0,5 mg/L</i>	7472	5669	5925	5188	5674	5036	1287	1542	1491
<b>Foszfor koncentráció (mg/kg)</b>										
		<i>Gyökér</i>			<i>Hajtás</i>			<i>Termés</i>		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	5437	5686	5882	2410	2579	2687	7105	6754	8520
	<i>0,1 mg/L</i>	7829	8847	8431	3203	3833	3190	10043	9537	10577
	<i>0,5 mg/L</i>	10260	10493	10904	3653	3882	3734	5698	5881	7052
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	7769	5623	7123	3112	2656	2417	8623	7387	7610
	<i>0,1 mg/L</i>	8043	7528	8478	2995	2690	2773	11359	9690	8961
	<i>0,5 mg/L</i>	9784	10405	9412	3626	3710	3958	7009	7017	7351
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	8170	5727	8080	2221	1754	2092	7719	7485	7551
	<i>0,1 mg/L</i>	7543	6996	7484	2241	1707	2087	10356	10474	10125
	<i>0,5 mg/L</i>	9455	11633	9513	2334	2101	1747	7861	7216	6232
<b>Mangán koncentráció (mg/kg)</b>										
		<i>Gyökér</i>			<i>Hajtás</i>			<i>Termés</i>		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	62	58	65	87	86	80	15	15	17
	<i>0,1 mg/L</i>	64	60	64	88	69	77	14	14	18
	<i>0,5 mg/L</i>	106	134	101	72	85	70	14	14	16
	<i>Kontroll</i>	31	33	29	55	50	48	12	13	11

<b>Homok-vályog</b>	<i>0,1 mg/L</i>	25	30	25	58	45	48	11	12	12
	<i>0,5 mg/L</i>	45	54	57	63	64	54	12	11	13
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	60	68	59	68	69	73	15	15	18
	<i>0,1 mg/L</i>	56	62	61	92	98	97	16	18	18
	<i>0,5 mg/L</i>	102	95	113	106	126	116	16	17	18
<b>Vas koncentráció (mg/kg)</b>										
		<b><i>Gyökér</i></b>			<b><i>Hajtás</i></b>			<b><i>Termés</i></b>		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	1212	1034	1501	153	139	164	56	59	67
	<i>0,1 mg/L</i>	2040	1826	2045	209	144	178	85	93	130
	<i>0,5 mg/L</i>	2427	2155	2943	168	180	143	63	61	61
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	599	696	563	153	131	171	77	79	77
	<i>0,1 mg/L</i>	1034	948	1244	287	206	249	117	108	112
	<i>0,5 mg/L</i>	1356	1284	1842	220	193	195	91	97	85
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	1395	1555	1229	221	216	213	67	77	89
	<i>0,1 mg/L</i>	1198	1422	1455	273	346	316	93	90	94
	<i>0,5 mg/L</i>	2445	2497	2473	215	267	255	96	79	76
<b>Réz koncentráció (mg/kg)</b>										
		<b><i>Gyökér</i></b>			<b><i>Hajtás</i></b>			<b><i>Termés</i></b>		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	17	21	19	3	4	4	6	7	8
	<i>0,1 mg/L</i>	26	23	23	4	4	4	7	7	8
	<i>0,5 mg/L</i>	23	19	20	3	4	4	6	7	7
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	21	14	29	4	4	5	8	9	7
	<i>0,1 mg/L</i>	24	22	29	4	5	4	7	7	7
	<i>0,5 mg/L</i>	27	26	20	4	4	4	8	8	9
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	20	24	20	5	4	5	7	7	9
	<i>0,1 mg/L</i>	24	22	23	5	3	4	7	8	8
	<i>0,5 mg/L</i>	31	30	27	6	5	4	7	7	7
<b>Cink koncentráció (mg/kg)</b>										
		<b><i>Gyökér</i></b>			<b><i>Hajtás</i></b>			<b><i>Termés</i></b>		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	248	221	265	45	48	53	76	66	70

	<i>0,1 mg/L</i>	203	233	244	30	34	35	48	52	62
	<i>0,5 mg/L</i>	205	171	157	27	27	25	45	50	46
<b>Homok- vályog</b>	<i>Kontroll</i>	301	266	296	102	109	95	84	88	88
	<i>0,1 mg/L</i>	239	230	205	68	72	72	80	71	80
	<i>0,5 mg/L</i>	175	187	172	68	62	56	79	67	81
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	337	348	304	41	40	43	86	83	92
	<i>0,1 mg/L</i>	341	287	278	37	29	36	56	70	63
	<i>0,5 mg/L</i>	186	235	188	47	49	43	69	65	59
<b>Bór koncentráció (mg/kg)</b>										
		<i>Gyökér</i>			<i>Hajtás</i>			<i>Termés</i>		
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	15	18	17	33	27	29	11	12	12
	<i>0,1 mg/L</i>	16	21	17	26	21	21	10	9	11
	<i>0,5 mg/L</i>	17	14	18	29	41	31	12	11	11
<b>Homok- vályog</b>	<i>Kontroll</i>	17	18	18	60	47	48	10	11	9
	<i>0,1 mg/L</i>	16	17	29	41	31	37	10	11	12
	<i>0,5 mg/L</i>	20	18	18	47	47	36	10	10	11
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	19	18	16	35	35	34	10	19	12
	<i>0,1 mg/L</i>	14	18	18	33	25	32	13	11	10
	<i>0,5 mg/L</i>	19	17	20	30	36	30	12	12	10



44. melléklet. Zöldbab részeinek (gyökér, hajtás, termés) átlag tápelem koncentrációi különböző jóddózisú öntözővizek alkalmazásával, a jódkezelések közötti, statisztikailag szignifikáns különbségek jelölésével ( $p < 0,05$ ; lineáris regresszió és Tukey test)

<b>Magnézium koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>				
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>	<b>Termés</b>
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	8074 <sup>a</sup> (2)	4431 <sup>a</sup> (0,4)	2342 <sup>a</sup> (3)
	0,1 mg/L	8087 <sup>a</sup> (2)	5095 <sup>a</sup> (7)	2873 <sup>a</sup> (17)
	0,5 mg/L	14000 <sup>b</sup> (3)	5357 <sup>b</sup> (7)	3091 <sup>a</sup> (13)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	4699 <sup>a</sup> (7)	4528 <sup>a</sup> (1)	2573 <sup>a</sup> (7)
	0,1 mg/L	4049 <sup>b</sup> (20)	5216 <sup>b</sup> (4)	3063 <sup>a</sup> (4)
	0,5 mg/L	4640 <sup>a</sup> (12)	4644 <sup>a</sup> (5)	3136 <sup>b</sup> (9)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	5845 <sup>a</sup> (5)	6914 <sup>a</sup> (0,3)	2876 <sup>a</sup> (7)
	0,1 mg/L	5693 <sup>a</sup> (10)	7211 <sup>a</sup> (6)	3004 <sup>a</sup> (5)
	0,5 mg/L	8259 <sup>b</sup> (2)	7123 <sup>a</sup> (5)	3896 <sup>b</sup> (10)
<b>Foszfor koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>				
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>	<b>Termés</b>
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	4823 <sup>a</sup> (26)	2856 <sup>a</sup> (18)	3641 <sup>a</sup> (1)
	0,1 mg/L	4806 <sup>a</sup> (11)	2685 <sup>a</sup> (13)	4731 <sup>a</sup> (26)
	0,5 mg/L	4998 <sup>a</sup> (5)	4308 <sup>b</sup> (5)	5887 <sup>b</sup> (8)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	3740 <sup>a</sup> (6)	2974 <sup>a</sup> (5)	3845 <sup>a</sup> (6)
	0,1 mg/L	3829 <sup>a</sup> (6)	3219 <sup>a</sup> (4)	4658 <sup>b</sup> (4)
	0,5 mg/L	4387 <sup>b</sup> (2)	3606 <sup>b</sup> (5)	5001 <sup>b</sup> (12)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	4232 <sup>a</sup> (9)	3385 <sup>a</sup> (9)	4502 <sup>a</sup> (5)
	0,1 mg/L	4319 <sup>a</sup> (5)	3358 <sup>a</sup> (7)	4726 <sup>a</sup> (4)
	0,5 mg/L	5226 <sup>b</sup> (5)	3967 <sup>a</sup> (4)	6210 <sup>b</sup> (14)
<b>Mangán koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>				
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>	<b>Termés</b>
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	84 <sup>a</sup> (20)	69 <sup>a</sup> (30)	24 <sup>a</sup> (9)
	0,1 mg/L	121 <sup>a</sup> (65)	98 <sup>a</sup> (10)	32 <sup>a</sup> (43)
	0,5 mg/L	102 <sup>a</sup> (20)	104 <sup>a</sup> (25)	38 <sup>a</sup> (29)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	24 <sup>a</sup> (12)	65 <sup>a</sup> (18)	21 <sup>a</sup> (7)
	0,1 mg/L	25 <sup>a</sup> (9)	83 <sup>a</sup> (12)	24 <sup>a</sup> (9)
	0,5 mg/L	37 <sup>b</sup> (11)	85 <sup>a</sup> (2)	29 <sup>b</sup> (12)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	32 <sup>a</sup> (33)	69 <sup>a</sup> (10)	18 <sup>a</sup> (11)

	0,1 mg/L	26 <sup>a</sup> (12)	70 <sup>a</sup> (8)	18 <sup>a</sup> (4)
	0,5 mg/L	58 <sup>b</sup> (65)	76 <sup>a</sup> (13)	27 <sup>a</sup> (23)
<b>Vas koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>				
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>	<b>Termés</b>
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	1415 <sup>a</sup> (44)	152 <sup>a</sup> (5)	99 <sup>a</sup> (9)
	0,1 mg/L	1314 <sup>a</sup> (42)	192 <sup>a</sup> (1)	117 <sup>a</sup> (8)
	0,5 mg/L	1205 <sup>a</sup> (29)	237 <sup>b</sup> (18)	131 <sup>a</sup> (22)
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	920 <sup>a</sup> (11)	221 <sup>a</sup> (17)	76 <sup>a</sup> (4)
	0,1 mg/L	911 <sup>a</sup> (9)	20 <sup>a</sup> (5)	99 <sup>a</sup> (32)
	0,5 mg/L	1464 <sup>b</sup> (15)	238 <sup>a</sup> (6)	117 <sup>a</sup> (6)
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	1007 <sup>a</sup> (35)	237 <sup>a</sup> (4)	76 <sup>a</sup> (6)
	0,1 mg/L	840 <sup>a</sup> (24)	214 <sup>a</sup> (17)	79 <sup>a</sup> (5)
	0,5 mg/L	1444 <sup>a</sup> (58)	252 <sup>a</sup> (24)	138 <sup>b</sup> (19)
<b>Réz koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>				
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>	<b>Termés</b>
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	8 <sup>a</sup> (21)	95 <sup>a</sup> (45)	4 <sup>a</sup> (20)
	0,1 mg/L	4 <sup>a</sup> (33)	103 <sup>a</sup> (40)	4 <sup>a</sup> (22)
	0,5 mg/L	5 <sup>a</sup> (6)	57 <sup>a</sup> (34)	5 <sup>a</sup> (10)
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	6 <sup>a</sup> (32)	164 <sup>a</sup> (20)	4 <sup>a</sup> (11)
	0,1 mg/L	5 <sup>a</sup> (17)	225 <sup>b</sup> (2)	6 <sup>a</sup> (5)
	0,5 mg/L	8 <sup>a</sup> (50)	182 <sup>a</sup> (7)	6 <sup>a</sup> (15)
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	6 <sup>a</sup> (52)	204 <sup>a</sup> (14)	4 <sup>a</sup> (13)
	0,1 mg/L	6 <sup>a</sup> (39)	191 <sup>a</sup> (9)	4 <sup>a</sup> (5)
	0,5 mg/L	8 <sup>a</sup> (19)	170 <sup>a</sup> (8)	6 <sup>a</sup> (21)
<b>Cink koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>				
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>	<b>Termés</b>
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	206 <sup>a</sup> (20)	48 <sup>a</sup> (8)	45 <sup>a</sup> (5)
	0,1 mg/L	189 <sup>a</sup> (17)	42 <sup>a</sup> (9)	49 <sup>a</sup> (9)
	0,5 mg/L	181 <sup>a</sup> (2)	48 <sup>a</sup> (2)	51 <sup>a</sup> (10)
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	236 <sup>a</sup> (59)	51 <sup>a</sup> (4)	47 <sup>a</sup> (4)
	0,1 mg/L	173 <sup>a</sup> (13)	55 <sup>a</sup> (2)	56 <sup>a</sup> (9)
	0,5 mg/L	188 <sup>a</sup> (6)	57 <sup>a</sup> (23)	58 <sup>a</sup> (13)
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	176 <sup>a</sup> (6)	49 <sup>a</sup> (4)	48 <sup>a</sup> (6)
	0,1 mg/L	186 <sup>a</sup> (15)	49 <sup>a</sup> (14)	52 <sup>a</sup> (14)
	0,5 mg/L	209 <sup>a</sup> (16)	46 <sup>a</sup> (2)	67 <sup>b</sup> (12)

<b>Bór koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>				
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>	<b>Termés</b>
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	21 <sup>a</sup> (7)	24 <sup>a</sup> (6)	20 <sup>a</sup> (18)
	<i>0,1 mg/L</i>	22 <sup>a</sup> (21)	29 <sup>b</sup> (2)	19 <sup>a</sup> (8)
	<i>0,5 mg/L</i>	19 <sup>a</sup> (12)	53 <sup>a</sup> (21)	29 <sup>a</sup> (36)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	18 <sup>a</sup> (8)	27 <sup>a</sup> (12)	16 <sup>a</sup> (5)
	<i>0,1 mg/L</i>	16 <sup>a</sup> (15)	33 <sup>a</sup> (3)	17 <sup>a</sup> (6)
	<i>0,5 mg/L</i>	14 <sup>a</sup> (4)	40 <sup>a</sup> (2)	23 <sup>a</sup> (10)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	19 <sup>a</sup> (16)	28 <sup>a</sup> (12)	18 <sup>a</sup> (10)
	<i>0,1 mg/L</i>	17 <sup>a</sup> (12)	31 <sup>a</sup> (26)	15 <sup>a</sup> (5)
	<i>0,5 mg/L</i>	19 <sup>a</sup> (8)	38 <sup>a</sup> (6)	21 <sup>a</sup> (13)

45. melléklet. Paradicsom részeinek (gyökér, hajtás, termés) átlag tápelem koncentrációi különböző jóddózisú öntözővizek alkalmazásával, a jódkézelések közötti, statisztikailag szignifikáns különbségek jelölésével ( $p < 0,05$ ; lineáris regresszió és Tukey test)

<b>Magnézium koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>				
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>	<b>Termés</b>
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	3115 <sup>a</sup> (3)	8337 <sup>a</sup> (1)	1407 <sup>a</sup> (11)
	<i>0,1 mg/L</i>	3987 <sup>a</sup> (8)	8674 <sup>a</sup> (11)	1525 <sup>a</sup> (13)
	<i>0,5 mg/L</i>	4915 <sup>b</sup> (13)	8230 <sup>a</sup> (5)	1508 <sup>a</sup> (6)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	3148 <sup>a</sup> (4)	7670 <sup>a</sup> (3)	1636 <sup>a</sup> (8)
	<i>0,1 mg/L</i>	2630 <sup>b</sup> (3)	7220 <sup>a</sup> (8)	1818 <sup>b</sup> (6)
	<i>0,5 mg/L</i>	3460 <sup>a</sup> (6)	7886 <sup>a</sup> (3)	1689 <sup>a</sup> (6)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	3765 <sup>a</sup> (2)	8176 <sup>a</sup> (4)	1424 <sup>a</sup> (9)
	<i>0,1 mg/L</i>	3510 <sup>a</sup> (13)	9602 <sup>a</sup> (6)	1564 <sup>a</sup> (8)
	<i>0,5 mg/L</i>	4982 <sup>b</sup> (7)	11050 <sup>b</sup> (8)	1686 <sup>b</sup> (8)
<b>Foszfor koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>				
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>	<b>Termés</b>
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	747 <sup>a</sup> (1)	1638 <sup>a</sup> (3)	2551 <sup>a</sup> (3)
	<i>0,1 mg/L</i>	844 <sup>a</sup> (11)	761 <sup>b</sup> (18)	1907 <sup>b</sup> (17)
	<i>0,5 mg/L</i>	1008 <sup>b</sup> (9)	648 <sup>b</sup> (13)	1557 <sup>b</sup> (9)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	1344 <sup>a</sup> (5)	4041 <sup>a</sup> (4)	3625 <sup>a</sup> (1)
	<i>0,1 mg/L</i>	1099 <sup>a</sup> (13)	3526 <sup>a</sup> (14)	2951 <sup>b</sup> (8)
	<i>0,5 mg/L</i>	1071 <sup>b</sup> (7)	2970 <sup>b</sup> (5)	2342 <sup>c</sup> (9)

<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	750 <sup>a</sup> (4)	1586 <sup>a</sup> (3)	2791 <sup>a</sup> (4)
	0,1 mg/L	1318 <sup>b</sup> (15)	1157 <sup>b</sup> (7)	1912 <sup>b</sup> (12)
	0,5 mg/L	791 <sup>a</sup> (10)	914 <sup>c</sup> (13)	1681 <sup>b</sup> (10)
<b>Mangán koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>				
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>	<b>Termés</b>
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	17 <sup>a</sup> (6)	28 <sup>a</sup> (5)	9 <sup>a</sup> (16)
	0,1 mg/L	13 <sup>a</sup> (15)	30 <sup>a</sup> (3)	8 <sup>a</sup> (16)
	0,5 mg/L	22 <sup>a</sup> (16)	30 <sup>a</sup> (7)	7 <sup>a</sup> (13)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	12 <sup>a</sup> (4)	29 <sup>a</sup> (5)	10 <sup>a</sup> (11)
	0,1 mg/L	12 <sup>a</sup> (21)	24 <sup>a</sup> (13)	8 <sup>b</sup> (12)
	0,5 mg/L	15 <sup>a</sup> (8)	29 <sup>a</sup> (6)	7 <sup>b</sup> (14)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	13 <sup>a</sup> (4)	43 <sup>a</sup> (2)	10 <sup>a</sup> (7)
	0,1 mg/L	16 <sup>a</sup> (16)	52 <sup>a</sup> (14)	7 <sup>b</sup> (16)
	0,5 mg/L	18 <sup>b</sup> (11)	64 <sup>b</sup> (6)	10 <sup>a</sup> (17)
<b>Vas koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>				
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>	<b>Termés</b>
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	574 <sup>a</sup> (4)	104 <sup>a</sup> (4)	45 <sup>a</sup> (6)
	0,1 mg/L	684 <sup>a</sup> (12)	112 <sup>a</sup> (13)	34 <sup>b</sup> (6)
	0,5 mg/L	1517 <sup>b</sup> (8)	93 <sup>a</sup> (12)	17 <sup>c</sup> (15)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	654 <sup>a</sup> (5)	106 <sup>a</sup> (2)	63 <sup>a</sup> (3)
	0,1 mg/L	667 <sup>a</sup> (10)	116 <sup>a</sup> (6)	33 <sup>b</sup> (11)
	0,5 mg/L	1247 <sup>b</sup> (8)	104 <sup>a</sup> (6)	15 <sup>c</sup> (33)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	658 <sup>a</sup> (6)	85 <sup>a</sup> (3)	81 <sup>a</sup> (18)
	0,1 mg/L	1643 <sup>b</sup> (10)	181 <sup>b</sup> (12)	29 <sup>b</sup> (11)
	0,5 mg/L	1022 <sup>c</sup> (11)	103 <sup>a</sup> (3)	24 <sup>c</sup> (31)
<b>Réz koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>				
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>	<b>Termés</b>
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	14 <sup>a</sup> (9)	70 <sup>a</sup> (4)	9 <sup>a</sup> (9)
	0,1 mg/L	13 <sup>a</sup> (10)	87 <sup>a</sup> (12)	6 <sup>b</sup> (5)
	0,5 mg/L	19 <sup>b</sup> (10)	63 <sup>a</sup> (11)	6 <sup>b</sup> (9)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	17 <sup>a</sup> (6)	76 <sup>a</sup> (3)	8 <sup>a</sup> (12)
	0,1 mg/L	12 <sup>a</sup> (22)	58 <sup>b</sup> (13)	9 <sup>a</sup> (14)
	0,5 mg/L	17 <sup>a</sup> (13)	78 <sup>a</sup> (6)	6 <sup>a</sup> (19)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	15 <sup>a</sup> (7)	60 <sup>a</sup> (5)	6 <sup>a</sup> (17)
	0,1 mg/L	19 <sup>a</sup> (15)	78 <sup>b</sup> (8)	6 <sup>a</sup> (11)

	0,5 mg/L	18 <sup>a</sup> (5)	65 <sup>a</sup> (8)	6 <sup>a</sup> (23)
<b>Cink koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>				
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>	<b>Termés</b>
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	155 <sup>a</sup> (3)	48 <sup>a</sup> (5)	24 <sup>a</sup> (10)
	0,1 mg/L	195 <sup>b</sup> (8)	47 <sup>a</sup> (12)	34 <sup>b</sup> (4)
	0,5 mg/L	174 <sup>a</sup> (3)	41 <sup>a</sup> (1)	37 <sup>b</sup> (9)
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	173 <sup>a</sup> (6)	64 <sup>a</sup> (2)	41 <sup>a</sup> (12)
	0,1 mg/L	195 <sup>a</sup> (8)	68 <sup>a</sup> (12)	36 <sup>a</sup> (8)
	0,5 mg/L	196 <sup>a</sup> (9)	67 <sup>a</sup> (1)	36 <sup>a</sup> (5)
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	159 <sup>a</sup> (5)	59 <sup>a</sup> (3)	32 <sup>a</sup> (9)
	0,1 mg/L	187 <sup>a</sup> (6)	73 <sup>b</sup> (5)	39 <sup>b</sup> (9)
	0,5 mg/L	187 <sup>a</sup> (10)	66 <sup>a</sup> (8)	40 <sup>b</sup> (7)
<b>Bór koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>				
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>	<b>Termés</b>
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	16 <sup>a</sup> (3)	44 <sup>a</sup> (4)	15 <sup>a</sup> (7)
	0,1 mg/L	15 <sup>a</sup> (9)	40 <sup>a</sup> (6)	13 <sup>a</sup> (2)
	0,5 mg/L	18 <sup>a</sup> (3)	35 <sup>b</sup> (2)	14 <sup>a</sup> (5)
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	17 <sup>a</sup> (3)	51 <sup>a</sup> (4)	14 <sup>a</sup> (4)
	0,1 mg/L	11 <sup>b</sup> (24)	42 <sup>b</sup> (6)	12 <sup>a</sup> (6)
	0,5 mg/L	14 <sup>a</sup> (5)	59 <sup>c</sup> (5)	15 <sup>a</sup> (7)
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	15 <sup>a</sup> (6)	43 <sup>a</sup> (4)	13 <sup>a</sup> (5)
	0,1 mg/L	17 <sup>a</sup> (21)	52 <sup>b</sup> (4)	11 <sup>a</sup> (17)
	0,5 mg/L	15 <sup>a</sup> (5)	50 <sup>b</sup> (2)	14 <sup>a</sup> (2)

46. melléklet. Burgonya részeinek (gyökér, hajtás, gumó) átlag tápelem koncentrációi különböző jód dózisú öntözővizek alkalmazásával, a jódkezelések közötti, statisztikailag szignifikáns különbségek jelölésével ( $p < 0,05$ ; lineáris regresszió és Tukey test)

<b>Magnézium koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>				
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>	<b>Gumó</b>
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	6311 <sup>a</sup> (3)	17067 <sup>a</sup> (13)	874 <sup>a</sup> (7)
	0,1 mg/L	2017 <sup>b</sup> (8)	12006 <sup>b</sup> (4)	138 <sup>b</sup> (6)
	0,5 mg/L	2219 <sup>b</sup> (6)	11430 <sup>b</sup> (5)	226 <sup>b</sup> (6)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	4690 <sup>a</sup> (18)	9414 <sup>a</sup> (16)	933 <sup>a</sup> (11)
	0,1 mg/L	941 <sup>b</sup> (7)	6807 <sup>b</sup> (4)	318 <sup>a</sup> (12)
	0,5 mg/L	1221 <sup>b</sup> (3)	6262 <sup>b</sup> (21)	366 <sup>b</sup> (4)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	4905 <sup>a</sup> (11)	12222 <sup>a</sup> (8)	1447 <sup>a</sup> (28)
	0,1 mg/L	2598 <sup>b</sup> (3)	10616 <sup>b</sup> (3)	205 <sup>a</sup> (7)
	0,5 mg/L	2419 <sup>b</sup> (5)	9771 <sup>b</sup> (6)	304 <sup>b</sup> (3)
<b>Foszfor koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>				
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>	<b>Gumó</b>
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	1017 <sup>a</sup> (25)	1338 <sup>a</sup> (16)	1566 <sup>a</sup> (6)
	0,1 mg/L	577 <sup>a</sup> (30)	1073 <sup>a</sup> (12)	1207 <sup>a</sup> (22)
	0,5 mg/L	602 <sup>a</sup> (16)	1020 <sup>b</sup> (8)	1110 <sup>a</sup> (7)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	112 <sup>a</sup> (7) (5)	1864 <sup>a</sup> (15)	1599 <sup>a</sup> (4)
	0,1 mg/L	562 <sup>a</sup> (15)	1407 <sup>b</sup> (5)	2203 <sup>b</sup> (10)
	0,5 mg/L	989 <sup>a</sup> (8)	1442 <sup>b</sup> (5)	2282 <sup>b</sup> (4)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	1194 <sup>a</sup> (2)	1650 <sup>a</sup> (14)	3146 <sup>a</sup> (19)
	0,1 mg/L	779 <sup>b</sup> (7)	1386 <sup>b</sup> (15)	1290 <sup>a</sup> (7)
	0,5 mg/L	1031 <sup>c</sup> (3)	1596 <sup>b</sup> (16)	1313 <sup>a</sup> (4)
<b>Mangán koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>				
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>	<b>Gumó</b>
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	37 <sup>a</sup> (20)	45 <sup>a</sup> (20)	4 <sup>a</sup> (3)
	0,1 mg/L	32 <sup>a</sup> (3)	47 <sup>a</sup> (1)	4 <sup>a</sup> (9)
	0,5 mg/L	46 <sup>a</sup> (14)	41 <sup>a</sup> (16)	4 <sup>a</sup> (11)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	19 <sup>a</sup> (18)	48 <sup>a</sup> (21)	4 <sup>a</sup> (0,2)
	0,1 mg/L	22 <sup>a</sup> (6)	46 <sup>a</sup> (5)	4 <sup>a</sup> (4)
	0,5 mg/L	32 <sup>b</sup> (34)	39 <sup>b</sup> (11)	5 <sup>a</sup> (7)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	27 <sup>a</sup> (41)	40 <sup>a</sup> (13)	6 <sup>a</sup> (41)

	0,1 mg/L	30 <sup>a</sup> (6)	39 <sup>a</sup> (9)	4 <sup>a</sup> (7)
	0,5 mg/L	39 <sup>a</sup> (11)	32 <sup>a</sup> (11)	4 <sup>a</sup> (17)
<b>Vas koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>				
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>	<b>Gumó</b>
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	555 <sup>a</sup> (4)	99 <sup>a</sup> (18)	18 <sup>a</sup> (2)
	0,1 mg/L	1471 <sup>b</sup> (5)	182 <sup>b</sup> (9)	54 <sup>b</sup> (13)
	0,5 mg/L	1489 <sup>b</sup> (5)	170 <sup>b</sup> (10)	47 <sup>b</sup> (12)
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	428 <sup>a</sup> (24)	149 <sup>a</sup> (11)	28 <sup>a</sup> (28)
	0,1 mg/L	1057 <sup>b</sup> (6)	244 <sup>b</sup> (8)	52 <sup>b</sup> (10)
	0,5 mg/L	1387 <sup>c</sup> (43)	186 <sup>b</sup> (22)	64 <sup>a</sup> (1)
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	942 <sup>a</sup> (15)	114 <sup>a</sup> (12)	38 <sup>a</sup> (22)
	0,1 mg/L	1309 <sup>b</sup> (4)	199 <sup>a</sup> (4)	46 <sup>b</sup> (5)
	0,5 mg/L	1977 <sup>c</sup> (5)	184 <sup>a</sup> (10)	33 <sup>b</sup> (4)
<b>Réz koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>				
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>	<b>Gumó</b>
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	10 <sup>a</sup> (20)	5 <sup>a</sup> (9)	3 <sup>a</sup> (7)
	0,1 mg/L	12 <sup>a</sup> (18)	4 <sup>a</sup> (8)	3 <sup>a</sup> (28)
	0,5 mg/L	19 <sup>b</sup> (18)	6 <sup>a</sup> (20)	3 <sup>a</sup> (16)
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	9 <sup>a</sup> (17)	7 <sup>a</sup> (10)	4 <sup>a</sup> (5)
	0,1 mg/L	11 <sup>a</sup> (8)	5 <sup>a</sup> (8)	5 <sup>b</sup> (12)
	0,5 mg/L	23 <sup>b</sup> (30)	6 <sup>a</sup> (8)	6 <sup>a</sup> (25)
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	11 <sup>a</sup> (6)	6 <sup>a</sup> (16)	6 <sup>a</sup> (21)
	0,1 mg/L	12 <sup>a</sup> (25)	6 <sup>a</sup> (27)	4 <sup>a</sup> (2)
	0,5 mg/L	18 <sup>b</sup> (3)	6 <sup>a</sup> (16)	4 <sup>a</sup> (26)
<b>Cink koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>				
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>	<b>Gumó</b>
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	174 <sup>a</sup> (14)	37 <sup>a</sup> (4)	32 <sup>a</sup> (8)
	0,1 mg/L	163 <sup>a</sup> (1)	39 <sup>a</sup> (10)	36 <sup>a</sup> (8)
	0,5 mg/L	163 <sup>a</sup> (3)	46 <sup>a</sup> (21)	36 <sup>a</sup> (3)
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	200 <sup>a</sup> (14)	54 <sup>a</sup> (5)	38 <sup>a</sup> (4)
	0,1 mg/L	208 <sup>a</sup> (5)	52 <sup>a</sup> (7)	41 <sup>a</sup> (4)
	0,5 mg/L	189 <sup>a</sup> (5)	47 <sup>a</sup> (4)	43 <sup>a</sup> (11)
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	167 <sup>a</sup> (7)	45 <sup>a</sup> (10)	41 <sup>a</sup> (15)
	0,1 mg/L	178 <sup>a</sup> (4)	47 <sup>a</sup> (9)	41 <sup>a</sup> (1)
	0,5 mg/L	176 <sup>a</sup> (2)	44 <sup>a</sup> (6)	40 <sup>a</sup> (7)

<b>Bór koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>				
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>	<b>Gumó</b>
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	21 <sup>a</sup> (4)	56 <sup>a</sup> (12)	6 <sup>a</sup> (6)
	0,1 mg/L	26 <sup>b</sup> (3)	55 <sup>a</sup> (8)	5 <sup>a</sup> (14)
	0,5 mg/L	26 <sup>b</sup> (2)	52 <sup>a</sup> (14)	6 <sup>a</sup> (11)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	27 <sup>a</sup> (4)	80 <sup>a</sup> (10)	7 <sup>a</sup> (2)
	0,1 mg/L	26 <sup>a</sup> (7)	86 <sup>a</sup> (5)	6 <sup>a</sup> (0,4)
	0,5 mg/L	25 <sup>a</sup> (14)	70 <sup>a</sup> (13)	7 <sup>a</sup> (21)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	23 <sup>a</sup> (2)	64 <sup>a</sup> (15)	6 <sup>a</sup> (8)
	0,1 mg/L	25 <sup>b</sup> (4)	66 <sup>a</sup> (5)	6 <sup>a</sup> (0,3)
	0,5 mg/L	26 <sup>b</sup> (0,4)	62 <sup>a</sup> (2)	7 <sup>a</sup> (12)

47. melléklet. Káposzta részeinek (gyökér, levél) átlag tápelem koncentrációi különböző jóddózisú öntözővizek alkalmazásával, a jódkezelések közötti, statisztikailag szignifikáns különbségek jelölésével ( $p < 0,05$ ; lineáris regresszió és Tukey test)

<b>Magnézium koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>			
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Levél</b>
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	2602 <sup>a</sup> (6)	2766 <sup>a</sup> (2)
	0,1 mg/L	1826 <sup>b</sup> (5)	2468 <sup>a</sup> (5)
	0,5 mg/L	3021 <sup>a</sup> (8)	2738 <sup>a</sup> (6)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	2034 <sup>a</sup> (7)	2376 <sup>a</sup> (3)
	0,1 mg/L	1852 <sup>a</sup> (10)	2515 <sup>a</sup> (6)
	0,5 mg/L	2936 <sup>b</sup> (8)	3096 <sup>b</sup> (7)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	2013 <sup>a</sup> (6)	2233 <sup>a</sup> (3)
	0,1 mg/L	3179 <sup>b</sup> (6)	2116 <sup>a</sup> (8)
	0,5 mg/L	3570 <sup>b</sup> (8)	2505 <sup>a</sup> (7)
<b>Foszfor koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>			
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Levél</b>
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	3555 <sup>a</sup> (4)	2329 <sup>a</sup> (3)
	0,1 mg/L	2878 <sup>b</sup> (9)	1913 <sup>b</sup> (4)
	0,5 mg/L	1922 <sup>c</sup> (2)	2232 <sup>a</sup> (10)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	4960 <sup>a</sup> (3)	2767 <sup>a</sup> (5)
	0,1 mg/L	3892 <sup>b</sup> (4)	2493 <sup>a</sup> (1)
	0,5 mg/L	4800 <sup>a</sup> (11)	2967 <sup>a</sup> (4)



<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	2262 <sup>a</sup> (3)	1755 <sup>a</sup> (1)
	<i>0,1 mg/L</i>	2355 <sup>a</sup> (6)	1580 <sup>a</sup> (6)
	<i>0,5 mg/L</i>	2768 <sup>b</sup> (5)	1569 <sup>b</sup> (5)
<b>Mangán koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>			
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Levél</b>
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	55 <sup>a</sup> (6)	44 <sup>a</sup> (6)
	<i>0,1 mg/L</i>	34 <sup>b</sup> (5)	31 <sup>b</sup> (1)
	<i>0,5 mg/L</i>	33 <sup>b</sup> (10)	30 <sup>b</sup> (10)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	23 <sup>a</sup> (11)	22 <sup>a</sup> (8)
	<i>0,1 mg/L</i>	29 <sup>a</sup> (13)	22 <sup>a</sup> (5)
	<i>0,5 mg/L</i>	20 <sup>a</sup> (2)	25 <sup>a</sup> (7)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	29 <sup>a</sup> (7)	29 <sup>a</sup> (2)
	<i>0,1 mg/L</i>	34 <sup>a</sup> (12)	19 <sup>b</sup> (13)
	<i>0,5 mg/L</i>	35 <sup>a</sup> (7)	24 <sup>a</sup> (15)
<b>Vas koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>			
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Levél</b>
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	2574 <sup>a</sup> (4)	73 <sup>a</sup> (5)
	<i>0,1 mg/L</i>	2079 <sup>b</sup> (6)	92 <sup>b</sup> (8)
	<i>0,5 mg/L</i>	1466 <sup>c</sup> (4)	57 <sup>c</sup> (10)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	1327 <sup>a</sup> (12)	73 <sup>a</sup> (8)
	<i>0,1 mg/L</i>	1536 <sup>a</sup> (13)	62 <sup>b</sup> (7)
	<i>0,5 mg/L</i>	1406 <sup>a</sup> (13)	60 <sup>b</sup> (0,2)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	1474 <sup>a</sup> (5)	55 <sup>a</sup> (2)
	<i>0,1 mg/L</i>	2061 <sup>b</sup> (7)	77 <sup>b</sup> (2)
	<i>0,5 mg/L</i>	2829 <sup>c</sup> (11)	53 <sup>a</sup> (13)
<b>Réz koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>			
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Levél</b>
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	11 <sup>a</sup> (12)	1 <sup>a</sup> (16)
	<i>0,1 mg/L</i>	10 <sup>a</sup> (6)	1 <sup>a</sup> (14)
	<i>0,5 mg/L</i>	8 <sup>a</sup> (15)	1 <sup>a</sup> (23)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	7 <sup>a</sup> (11)	1 <sup>a</sup> (7)
	<i>0,1 mg/L</i>	10 <sup>b</sup> (9)	1 <sup>a</sup> (13)
	<i>0,5 mg/L</i>	6 <sup>a</sup> (10)	1 <sup>a</sup> (8)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	9 <sup>a</sup> (8)	1 <sup>a</sup> (4)
	<i>0,1 mg/L</i>	11 <sup>a</sup> (15)	1 <sup>a</sup> (8)

	0,5 mg/L	13 <sup>b</sup> (11)	1 <sup>a</sup> (12)
<b>Cink koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>			
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Levél</b>
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	156 <sup>a</sup> (6)	30 <sup>a</sup> (8)
	0,1 mg/L	136 <sup>a</sup> (8)	35 <sup>a</sup> (7)
	0,5 mg/L	152 <sup>a</sup> (8)	41 <sup>a</sup> (18)
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	133 <sup>a</sup> (8)	32 <sup>a</sup> (7)
	0,1 mg/L	136 <sup>a</sup> (8)	35 <sup>a</sup> (12)
	0,5 mg/L	148 <sup>a</sup> (10)	35 <sup>a</sup> (5)
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	163 <sup>a</sup> (7)	34 <sup>a</sup> (4)
	0,1 mg/L	155 <sup>a</sup> (9)	37 <sup>a</sup> (8)
	0,5 mg/L	168 <sup>a</sup> (6)	33 <sup>a</sup> (4)
<b>Bór koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>			
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Levél</b>
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	22 <sup>a</sup> (2)	23 <sup>a</sup> (9)
	0,1 mg/L	12 <sup>b</sup> (13)	17 <sup>b</sup> (9)
	0,5 mg/L	12 <sup>b</sup> (5)	17 <sup>b</sup> (6)
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	22 <sup>a</sup> (8)	23 <sup>a</sup> (2)
	0,1 mg/L	12 <sup>b</sup> (2)	16 <sup>b</sup> (0,04)
	0,5 mg/L	11 <sup>b</sup> (2)	19 <sup>b</sup> (3)
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	17 <sup>a</sup> (4)	27 <sup>a</sup> (9)
	0,1 mg/L	12 <sup>b</sup> (9)	17 <sup>b</sup> (7)
	0,5 mg/L	12 <sup>b</sup> (9)	17 <sup>b</sup> (12)

48. melléklet. Sárgarépa részeinek (gyökér, hajtás) átlag tápelem koncentrációi különböző jóddózisú öntözővizek alkalmazásával, a jódgezések közötti, statisztikailag szignifikáns különbségek jelölésével ( $p < 0,05$ ; lineáris regresszió és Tukey test)

<b>Magnézium koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>			
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	1348 <sup>a</sup> (26)	4343 <sup>a</sup> (11)
	<i>0,1 mg/L</i>	1831 <sup>a</sup> (8)	5544 <sup>b</sup> (9)
	<i>0,5 mg/L</i>	1737 <sup>a</sup> (17)	2867 <sup>c</sup> (12)
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	1953 <sup>a</sup> (10)	4010 <sup>a</sup> (20)
	<i>0,1 mg/L</i>	1564 <sup>a</sup> (4)	6259 <sup>b</sup> (12)
	<i>0,5 mg/L</i>	1392 <sup>b</sup> (15)	3172 <sup>a</sup> (5)
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	1213 <sup>a</sup> (18)	4995 <sup>a</sup> (10)
	<i>0,1 mg/L</i>	1637 <sup>b</sup> (9)	5290 <sup>a</sup> (26)
	<i>0,5 mg/L</i>	1855 <sup>b</sup> (18)	3275 <sup>b</sup> (4)
<b>Foszfor koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>			
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	21865 <sup>a</sup> (18)	35445 <sup>a</sup> (6)
	<i>0,1 mg/L</i>	24574 <sup>a</sup> (19)	50389 <sup>b</sup> (4)
	<i>0,5 mg/L</i>	30763 <sup>a</sup> (11)	31554 <sup>a</sup> (7)
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	25156 <sup>a</sup> (8)	37767 <sup>a</sup> (10)
	<i>0,1 mg/L</i>	29904 <sup>a</sup> (15)	61252 <sup>b</sup> (9)
	<i>0,5 mg/L</i>	28832 <sup>a</sup> (3)	30974 <sup>a</sup> (17)
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	17936 <sup>a</sup> (4)	32483 <sup>a</sup> (14)
	<i>0,1 mg/L</i>	28803 <sup>b</sup> (9)	43504 <sup>b</sup> (4)
	<i>0,5 mg/L</i>	24581 <sup>a</sup> (18)	18902 <sup>c</sup> (19)
<b>Mangán koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>			
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	9 <sup>a</sup> (11)	57 <sup>a</sup> (5)
	<i>0,1 mg/L</i>	11 <sup>a</sup> (0,1)	91 <sup>b</sup> (2)
	<i>0,5 mg/L</i>	13 <sup>b</sup> (15)	47 <sup>c</sup> (8)
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	9 <sup>a</sup> (11)	48 <sup>a</sup> (11)
	<i>0,1 mg/L</i>	10 <sup>a</sup> (10)	96 <sup>b</sup> (6)
	<i>0,5 mg/L</i>	8 <sup>a</sup> (13)	35 <sup>c</sup> (6)
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	6 <sup>a</sup> (17)	71 <sup>a</sup> (5)

	0,1 mg/L	10 <sup>b</sup> (10)	64 <sup>a</sup> (10)
	0,5 mg/L	9 <sup>b</sup> (11)	36 <sup>b</sup> (7)
<b>Vas koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>			
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	57 <sup>a</sup> (2)	121 <sup>a</sup> (7)
	0,1 mg/L	67 <sup>a</sup> (12)	174 <sup>b</sup> (14)
	0,5 mg/L	54 <sup>a</sup> (7)	93 <sup>a</sup> (10)
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	73 <sup>a</sup> (12)	131 <sup>a</sup> (14)
	0,1 mg/L	56 <sup>b</sup> (4)	244 <sup>b</sup> (3)
	0,5 mg/L	57 <sup>b</sup> (9)	101 <sup>c</sup> (4)
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	57 <sup>a</sup> (23)	125 <sup>a</sup> (10)
	0,1 mg/L	58 <sup>a</sup> (9)	165 <sup>a</sup> (29)
	0,5 mg/L	77 <sup>a</sup> (3)	123 <sup>a</sup> (2)
<b>Réz koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>			
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	4 <sup>a</sup> (50)	4 <sup>a</sup> (17)
	0,1 mg/L	9 <sup>b</sup> (0,1)	5 <sup>a</sup> (19)
	0,5 mg/L	6 <sup>a</sup> (0,1)	4 <sup>a</sup> (29)
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	5 <sup>a</sup> (20)	5 <sup>a</sup> (34)
	0,1 mg/L	8 <sup>b</sup> (15)	7 <sup>a</sup> (13)
	0,5 mg/L	10 <sup>b</sup> (0,1)	4 <sup>a</sup> (13)
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	4 <sup>a</sup> (25)	5 <sup>a</sup> (11)
	0,1 mg/L	8 <sup>b</sup> (13)	9 <sup>b</sup> (23)
	0,5 mg/L	7 <sup>b</sup> (14)	5 <sup>a</sup> (15)
<b>Cink koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>			
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	26 <sup>a</sup> (15)	24 <sup>a</sup> (17)
	0,1 mg/L	38 <sup>b</sup> (8)	13 <sup>b</sup> (6)
	0,5 mg/L	22 <sup>a</sup> (5)	18 <sup>a</sup> (13)
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	37 <sup>a</sup> (19)	33 <sup>a</sup> (3)
	0,1 mg/L	41 <sup>a</sup> (12)	34 <sup>a</sup> (14)
	0,5 mg/L	35 <sup>a</sup> (9)	25 <sup>b</sup> (13)
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	33 <sup>a</sup> (9)	32 <sup>a</sup> (12)
	0,1 mg/L	32 <sup>a</sup> (3)	34 <sup>a</sup> (16)
	0,5 mg/L	31 <sup>a</sup> (3)	21 <sup>b</sup> (7)

<b>Bór koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>			
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	14 <sup>a</sup> (14)	28 <sup>a</sup> (9)
	<i>0,1 mg/L</i>	13 <sup>a</sup> (38)	33 <sup>a</sup> (7)
	<i>0,5 mg/L</i>	18 <sup>a</sup> (11)	31 <sup>a</sup> (16)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	15 <sup>a</sup> (13)	32 <sup>a</sup> (22)
	<i>0,1 mg/L</i>	15 <sup>a</sup> (7)	37 <sup>a</sup> (9)
	<i>0,5 mg/L</i>	16 <sup>a</sup> (13)	31 <sup>a</sup> (17)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	13 <sup>a</sup> (8)	28 <sup>a</sup> (10)
	<i>0,1 mg/L</i>	16 <sup>a</sup> (6)	31 <sup>a</sup> (4)
	<i>0,5 mg/L</i>	17 <sup>b</sup> (6)	28 <sup>a</sup> (9)

49. melléklet. Zöldborsó részeinek (gyökér, hajtás, termés) átlag tápelem koncentrációi különböző jóddózisú öntözővizek alkalmazásával, a jódkezelések közötti, statisztikailag szignifikáns különbségek jelölésével ( $p < 0,05$ ; lineáris regresszió és Tukey test)

<b>Magnézium koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>				
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>	<b>Termés</b>
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	8843 <sup>a</sup> (6)	5611 <sup>a</sup> (12)	1620 <sup>a</sup> (12)
	<i>0,1 mg/L</i>	12081 <sup>b</sup> (10)	5922 <sup>a</sup> (10)	1790 <sup>a</sup> (14)
	<i>0,5 mg/L</i>	11447 <sup>b</sup> (9)	5148 <sup>a</sup> (7)	1263 <sup>a</sup> (10)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	3352 <sup>a</sup> (12)	4242 <sup>a</sup> (15)	1502 <sup>a</sup> (12)
	<i>0,1 mg/L</i>	6065 <sup>a</sup> (37)	4619 <sup>a</sup> (19)	1760 <sup>a</sup> (10)
	<i>0,5 mg/L</i>	4555 <sup>a</sup> (16)	5155 <sup>a</sup> (1)	1288 <sup>a</sup> (6)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	4851 <sup>a</sup> (11)	4492 <sup>a</sup> (18)	1713 <sup>a</sup> (12)
	<i>0,1 mg/L</i>	6542 <sup>a</sup> (19)	5866 <sup>a</sup> (17)	1976 <sup>a</sup> (3)
	<i>0,5 mg/L</i>	6355 <sup>a</sup> (15)	5300 <sup>a</sup> (6)	1440 <sup>a</sup> (9)
<b>Foszfor koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>				
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jód koncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>	<b>Termés</b>
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	5668 <sup>a</sup> (4)	2559 <sup>a</sup> (5)	7460 <sup>a</sup> (13)
	<i>0,1 mg/L</i>	8369 <sup>b</sup> (6)	3409 <sup>b</sup> (11)	10052 <sup>b</sup> (5)
	<i>0,5 mg/L</i>	10552 <sup>c</sup> (3)	3757 <sup>c</sup> (3)	6210 <sup>a</sup> (12)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	6838 <sup>a</sup> (16)	2728 <sup>a</sup> (13)	7873 <sup>a</sup> (8)
	<i>0,1 mg/L</i>	8016 <sup>a</sup> (6)	2819 <sup>a</sup> (6)	10003 <sup>b</sup> (12)
	<i>0,5 mg/L</i>	9867 <sup>b</sup> (5)	3764 <sup>b</sup> (5)	7126 <sup>a</sup> (3)

<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	7326 <sup>a</sup> (19)	2023 <sup>a</sup> (12)	7585 <sup>a</sup> (2)
	<i>0,1 mg/L</i>	7341 <sup>a</sup> (4)	2012 <sup>a</sup> (14)	10318 <sup>b</sup> (2)
	<i>0,5 mg/L</i>	10200 <sup>b</sup> (12)	2061 <sup>a</sup> (14)	7103 <sup>a</sup> (12)
<b>Mangán koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>				
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>	<b>Termés</b>
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	62 <sup>a</sup> (5)	84 <sup>a</sup> (4)	16 <sup>a</sup> (8)
	<i>0,1 mg/L</i>	62 <sup>a</sup> (4)	78 <sup>a</sup> (12)	15 <sup>a</sup> (14)
	<i>0,5 mg/L</i>	114 <sup>b</sup> (16)	76 <sup>a</sup> (10)	15 <sup>a</sup> (8)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	31 <sup>a</sup> (5)	51 <sup>a</sup> (8)	12 <sup>a</sup> (9)
	<i>0,1 mg/L</i>	27 <sup>a</sup> (10)	50 <sup>a</sup> (14)	12 <sup>a</sup> (4)
	<i>0,5 mg/L</i>	52 <sup>b</sup> (12)	60 <sup>a</sup> (9)	12 <sup>a</sup> (10)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	63 <sup>a</sup> (8)	70 <sup>a</sup> (4)	16 <sup>a</sup> (9)
	<i>0,1 mg/L</i>	60 <sup>a</sup> (5)	95 <sup>b</sup> (4)	17 <sup>a</sup> (4)
	<i>0,5 mg/L</i>	103 <sup>b</sup> (9)	116 <sup>c</sup> (8)	17 <sup>a</sup> (10)
<b>Vas koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>				
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>	<b>Termés</b>
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	1249 <sup>a</sup> (19)	152 <sup>a</sup> (8)	61 <sup>a</sup> (9)
	<i>0,1 mg/L</i>	1970 <sup>b</sup> (6)	177 <sup>a</sup> (18)	103 <sup>b</sup> (23)
	<i>0,5 mg/L</i>	2509 <sup>b</sup> (16)	163 <sup>a</sup> (11)	62 <sup>a</sup> (2)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	619 <sup>a</sup> (11)	152 <sup>a</sup> (13)	77 <sup>a</sup> (2)
	<i>0,1 mg/L</i>	1075 <sup>a</sup> (14)	247 <sup>b</sup> (16)	112 <sup>b</sup> (4)
	<i>0,5 mg/L</i>	1494 <sup>b</sup> (20)	203 <sup>a</sup> (7)	91 <sup>b</sup> (6)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	1393 <sup>a</sup> (12)	217 <sup>a</sup> (2)	78 <sup>a</sup> (15)
	<i>0,1 mg/L</i>	1358 <sup>a</sup> (10)	312 <sup>b</sup> (12)	92 <sup>a</sup> (3)
	<i>0,5 mg/L</i>	2472 <sup>b</sup> (1)	246 <sup>a</sup> (11)	80 <sup>a</sup> (6)
<b>Réz koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>				
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>	<b>Termés</b>
<b>Homok</b>	<i>Kontroll</i>	19 <sup>a</sup> (11)	4 <sup>a</sup> (7)	7 <sup>a</sup> (11)
	<i>0,1 mg/L</i>	24 <sup>a</sup> (7)	4 <sup>a</sup> (11)	7 <sup>a</sup> (13)
	<i>0,5 mg/L</i>	21 <sup>a</sup> (11)	4 <sup>a</sup> (17)	6 <sup>a</sup> (6)
<b>Homok-vályog</b>	<i>Kontroll</i>	21 <sup>a</sup> (36)	4 <sup>a</sup> (14)	8 <sup>a</sup> (9)
	<i>0,1 mg/L</i>	25 <sup>a</sup> (14)	5 <sup>a</sup> (8)	7 <sup>a</sup> (3)
	<i>0,5 mg/L</i>	24 <sup>a</sup> (15)	4 <sup>a</sup> (6)	8 <sup>a</sup> (6)
<b>Vályog</b>	<i>Kontroll</i>	22 <sup>a</sup> (11)	5 <sup>a</sup> (11)	8 <sup>a</sup> (12)
	<i>0,1 mg/L</i>	23 <sup>a</sup> (5)	4 <sup>a</sup> (24)	7 <sup>a</sup> (4)

	0,5 mg/L	29 <sup>b</sup> (7)	5 <sup>a</sup> (17)	7 <sup>a</sup> (4)
<b>Cink koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>				
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>	<b>Termés</b>
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	245 <sup>a</sup> (9)	48 <sup>a</sup> (9)	71 <sup>a</sup> (7)
	0,1 mg/L	227 <sup>a</sup> (9)	33 <sup>b</sup> (8)	54 <sup>b</sup> (14)
	0,5 mg/L	178 <sup>b</sup> (14)	26 <sup>b</sup> (3)	47 <sup>b</sup> (6)
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	287 <sup>a</sup> (7)	102 <sup>a</sup> (7)	87 <sup>a</sup> (3)
	0,1 mg/L	225 <sup>b</sup> (8)	70 <sup>b</sup> (3)	77 <sup>a</sup> (7)
	0,5 mg/L	178 <sup>c</sup> (4)	62 <sup>b</sup> (10)	76 <sup>a</sup> (10)
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	330 <sup>a</sup> (7)	41 <sup>a</sup> (4)	87 <sup>a</sup> (5)
	0,1 mg/L	302 <sup>a</sup> (11)	34 <sup>a</sup> (14)	63 <sup>b</sup> (11)
	0,5 mg/L	203 <sup>b</sup> (14)	46 <sup>a</sup> (6)	64 <sup>b</sup> (8)
<b>Bór koncentráció (mg/kg) + RSD%</b>				
<b>Talajtípus</b>	<b>Öntözővízben alkalmazott jódkoncentráció</b>	<b>Gyökér</b>	<b>Hajtás</b>	<b>Termés</b>
<i>Homok</i>	<i>Kontroll</i>	17 <sup>a</sup> (7)	30 <sup>a</sup> (11)	12 <sup>a</sup> (5)
	0,1 mg/L	18 <sup>a</sup> (15)	23 <sup>a</sup> (13)	10 <sup>a</sup> (9)
	0,5 mg/L	17 <sup>a</sup> (12)	33 <sup>a</sup> (20)	11 <sup>a</sup> (6)
<i>Homok-vályog</i>	<i>Kontroll</i>	18 <sup>a</sup> (2)	52 <sup>a</sup> (14)	10 <sup>a</sup> (9)
	0,1 mg/L	21 <sup>a</sup> (34)	36 <sup>b</sup> (13)	11 <sup>a</sup> (6)
	0,5 mg/L	19 <sup>a</sup> (8)	43 <sup>a</sup> (14)	10 <sup>a</sup> (6)
<i>Vályog</i>	<i>Kontroll</i>	18 <sup>a</sup> (10)	35 <sup>a</sup> (2)	14 <sup>a</sup> (34)
	0,1 mg/L	17 <sup>a</sup> (13)	30 <sup>a</sup> (15)	11 <sup>a</sup> (11)
	0,5 mg/L	19 <sup>a</sup> (7)	32 <sup>a</sup> (10)	11 <sup>a</sup> (9)

## Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném megköszönni témavezetőmnek, *Dr. Dobosy Péter* tudományos főmunkatársnak a PhD kutatásom és az értekezésem készítése során nyújtott végtelen mennyiségű segítségét, türelmét és biztatását.

Köszönettel tartozom *Dr. Záray Gyula* tudományos tanácsadónak és *Dr. Végvári Zsolt* Igazgató Úrnak, amiért lehetővé tették, hogy dolgozatomat a HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont, Vízi Ökológiai Intézetében készíthessem el.

Köszönetet szeretnék mondani *Dr. Turányi Tamás* egyetemi tanárnak és *Dr. Mihucz Viktor Gábor* habilitált egyetemi docensnek, amiért lehetővé tették, hogy a doktori képzésemet az ELTE TTK Környezettudományi Doktori Iskola Környezetkémia Programjában végezhessem el.

Szeretnék köszönetet mondani *Dr. Óvári Mihálynak* *†*, *Dr. Kröpfl Krisztinának*, *Endrédi Anettnek* és *Dr. Sirat Sandilnak* a minta-előkészítés, az ICP-MS mérés és a statisztikai kiértékelés során nyújtott segítségükért.

Köszönettel tartozom a HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Talajtani Kutatóintézet munkatársainak, *Imréné Dr. Takács Tündének* és *Dr. Rékási Márknak* a növénynevelésben és az in-situ mérésekben nyújtott segítségükért.

Szeretném megköszönni *Nagyné Bodolai Katalin*, *Dr. Takács Anita* és *Décsiné Dr. Gombos Erzsébet* szakmai és baráti támogatását.

Szeretnék köszönetet mondani páromnak, *Ecsedi Ádámnak* a rengeteg biztatásért, türelemért, szeretetért és hogy mindig, mindenben mellettem állt. Szeretném megköszönni továbbá a szüleimnek és a családom többi tagjának, valamint a legjobb barátnőmnek, *Sándor Timeának*, hogy nem csak a doktori képzésem alatt, de egész életemben mellettem álltak és támogattak.

*A kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal NVKP\_16-1-2016-0044 azonosítószámú projektje támogatta.*