Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Ústav ekológie lesa Slovenskej akadémie vied, v. v. i.

Slovenská spoločnosť pre poľnohospodárske, lesnícke, potravinárske a veterinárske vedy pri SAV v Bratislave

VLIV ABIOTICKÝCH A BIOTICKÝCH STRESORŮ NA VLASTNOSTI ROSTLIN 2024

(Sborník recenzovaných vědeckých prací)

INFLUENCE OF ABIOTIC AND BIOTIC STRESSES ON PROPERTIES OF PLANTS 2024

(Proceedings of scientific articles)

Česká zemědělská univerzita v Praze

Pořadatelé:
Ústav ekológie lesa Slovenskej akadémie vied, v. v. i.
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů ČZU v Praze

VLIV ABIOTICKÝCH A BIOTICKÝCH STRESORŮ NA VLASTNOSTI ROSTLIN 2024

(Sborník recenzovaných vědeckých prací)

Tato publikace neprošla jazykovou úpravou

Czech University of Life Science Prague

Institute of Forest Ecology SAS

Slovak Society for the agricultural, forestry, food and veterinary science in SAV in Bratislava

Organizers:
Institute of Forest Ecology SAS
Faculty of Agrobiology, Food and Natural Resources

INFLUENCE OF ABIOTIC AND BIOTIC STRESSES ON PROPERTIES OF PLANTS 2024

(Proceedings of scientific articles)

This publication has not undergone language editing

© **Redakčně zpracoval:** doc. Ing. František Hnilička, Ph.D.

Jazyková korektura: Texty příspěvků neprošly jazykovou pravou
Foto na titulní straně: Vliv nízké teploty a vodního deficitu na jabloně
foto: František Hnilička

Odborný garant konference: Margita Kuklová (ÚEL SAV)
František Hnilička (ČZU v Praze)

Odborní recenzenti: *Mgr. Jana Šlégrová*

Organizační výbor konference:
RNDr. Ľubica Ditmarová, PhD. (ÚEL)
doc. Ing. František Hnilička, Ph.D. (ČZU)
Ing. Helena Hniličková, Ph.D. (ČZU)
Ing. Margita Kuklová, CSc. (ÚEL)
Mgr. Ivica Pivková, PhD. (ÚEL)
Ing. Hana Húdoková, PhD. (ÚEL)

© Ústav ekológie lesa Slovenskej akadémie vied, v. v. i., 2024
ISBN: 978-80-89408-38-2

OBSAH

	Úvodní slovo	……	1
L. Bláha	Průběh klimatických změn od pravěku do současnosti	……	2
R. Podlipná, L.Raisová Stuchlíková, L. Langhansová, B.Szotáková	Cirkulace anthelmintik v životním pro-středí: příjem, akumulace a biotransformace v rostlinách	……	19
L. Langhansová, V. Tůmová, Š. Petrová, R. Podlipná, M. Liška, D. Haisel, P. Klouček, M. Petrtýl	Jaké stresové faktory ovlivňují rostliny v akvaponických systémech a jaký to má dopad na jejich nutriční kvalitu	……	26
M. Bajus, P. Štesová, K. Kollárová, Z. Vivodová	The effect of salinity on plants	……	32
M. Ševcov, M. Bajus, K. Šípošová-Holeková, D. Hačkuličová, K. Kollárová, E. Labancová	The activity of peroxidase and hydrogen peroxide level in maize and Courgette after pesticide application	……	36
M. Ševcov, K. Šípošová-Holeková, M. Bajus, D. Hačkuličová, K. Kollárová, E. Labancová	The effect of systemic pesticide containing Sulfoxaflor on the activity of catalase in maize	……	40
I. Pivková, J. Kukla, K. Sládeková, M. Kuklová	Content of macronutrients in plants affected by magnesite immissions	……	44
J. Luptáková, S. Tóthová	Zmeny vybraných ujazovatel´ov v rašeline po pridaní drevného popola	……	53
V. Mačejovský, S. Tóthová, I. Horvát, S. Strmeň	Vplyv celulózneho kalu na počiatočný vývoj semenáčikov	……	58
M. Ghulam, B. Šerá	An overview of seed priming: from concept to reality	……	63
P. Doshi, V. Scholtz., A. Oplištilová, J. Khun, M. Klenivský, M. Šerý, B. Šerá	Combination of non-thermal plasma and artificial plasma activated water against *Fusarium graminearum* in wheat	……	67
B. Šerá, M. Ghulam, P. Doshi, H. Žarnovičan	Bodoplev hroznatý má specifickou strategii a snaší zasolení půdy – případová studie Selenec	……	72
H. Žarnovičan, B. Šerá, J. Gatialová	Vplyv sol´ného stresu na *Amorpha fruticosa* L. (Prípadová štúdia Lučenec, Slovensko)	……	77

Z. Kovalíková, J. Janoušek, J. Tůma	Genotypové rozdíly osmoticky aktivních látek u třešní v polních podmínkách	……	82
T. Rýgl, F. Hnilička, J. Česká, J. K. Kodet, J. Kudrna, J. Kubeš	Využití fyziologických charakteristik pro stanovení odolnosti jabloní vůči vodnímu deficitu	……	88
F. Hnilička, B. Tunklová, T. Rýgl, R. Sotolář, K. Kocová	Změny fyziologických parametrů révy vinné způsobené deficitem vody	……	96
J. Janoušek, Z. Kovalíková	Vliv fytohormonů na vodní deficit u rajčat	……	103
R. Kuna, V. Borguľová, P. Boleček	Fyziologikcé aspekty kadmiovéh stresu v skorých štádiách vývinu pri hydroponicky pestovanej slnečnici	……	109
K. Stránska, V. Kubová, R. Matúšová., B. Piršelová	Zmeny v tolerancii rajčiaka jedlého na ióny kadmia vyvolané strigolaktónom GR24	……	113
V. Kubová, B. Piršelová	Vplyv kadmia a múčnatky trávovej na oxidačné poškodenie pletív ovsa siateho	……	119
V. Vargová	Vlyv hnojenia na trávne porasty v meniacich sa klimatických podmienkach	……	124
D. Moravčíková, S. Farkasová, A. Abbas, L. Urbanová, J. Žiarovská	Pozičný polymorfizmus homológov génov PR-10 bielkovín láskvaca v prostredí kontaminácie kadmiom	……	130
I. Mihál, M. Kuklová, J. Kukla	Vplyv Mg emisií na akumuláciu medi a zinku v makromycétach	……	135
A. Sliacka Konôpková, A. Rahman, P. Fleischer jr., H. Húdoková, L, Štofaníková, M. Mukrram, D. Kurjak	Účinok aplikácie nanočástic kremíka na zmiernenie vplyvu ťažkých kovov na fyziologickú výkonnosť ryže siazej	……	140
N. Britaňák, M. Kizeková, Ľ. Malovcová, M. Apacsová-Fúsková	Stabilita úrod v osevnom postupe s rôznym zastúpením obilnín	……	145
T, Havel	Nabídka firmy Ekotechnika	……	150
M. Barna	Folia Oecologica	……	153
E. Karská	Vědecké časopisy ČAZV	……	154

JMENNÝ REJSTŘÍK

A

Abbas ….. 130
Apacsová-Fúsková ….. 145

B

Bajus ….. 32,36,40
Barna ….. 128
Bláha ….. 2
Boleček ….. 109
Borguľová ….. 109
Britaňák ….. 145

Č

Česká ….. 88

D

Doshi ….. 67,72

F

Farkasová ….. 130
Fleischer, Jr. ….. 140

G

Gatialová ….. 77
Ghulam ….. 63, 72

H

Hačkuličová ….. 36, 40
Haisel ….. 26
Havel ….. 146
Hnilička ….. 88, 96
Horvát, ….. 58
Húdoková, ….. 140

J

Janoušek ….. 82, 103

K

Karská ….. 149
Khun ….. 67
Kizeková ….. 145
Klenivský ….. 67
Klouček ….. 26
Kocová ….. 96
Kodet ….. 88
Kollárová ….. 32, 36, 40
Kovalíková ….. 82, 103
Kubeš ….. 88
Kubová ….. 113, 119
Kudrna ….. 88
Kukla ….. 44, 135
Kuklová ….. 44, 135
Kuna ….. 109
Kurjak ….. 140

L

Labancová ….. 36, 40
Langhansová ….. 19, 26
Liška ….. 26
Luptáková ….. 53

M

Mačejovský ….. 58
Malovcová ….. 145
Matúšová ….. 113
Mihál ….. 135
Moravčíková ….. 130
Mukrram ….. 140

O

Oplištilová ….. 67

P

Petrová ….. 26
Petrtýl ….. 26
Piršelová ….. 113, 114
Pivková ….. 44
Podlipná ….. 19, 26

R

Rahman ….. 140
Raisová ….. 19
Stuchlíková
Rýgl ….. 88, 96

S

Scholtz ….. 67
Sládeková ….. 44
Sliacka ….. 140
Konôpková
Sotolář ….. 96

Stránska ….. 113
Strmeň ….. 58
Szotáková ….. 19

Š

Šípošová-Holeková ….. 36, 40
Štesová ….. 32
Štofaníková ….. 140

T

Tóthová ….. 53, 58
Tůma ….. 82
Tůmová ….. 26
Tunklová ….. 96

U

Urbanová ….. 130

V

Vargová ….. 124
Vivodová ….. 32

Ž

Žarnovičan ….. 72, 77
Žiarovská ….. 130

Šerá ….. 63, 67, 72, 77
Šerý ….. 67
Ševcov ….. 36, 40

ÚVODNÍ SLOVO

Opět rok s rokem se sešel a nadešel čas našeho společného setkaní nad problematikou stresů u rostlin. V letošním roce nás opět přivítá významné historické město Zvolen, které lze jistě bez nadsázky označit za hlavní město lesů.

V rámci letošního ročníku opět zazní mnoho přednášek a plakátových sdělení, které zahrnují nejenom již klasické stresory, kterými bezesporu jsou vodní deficit, rizikové látky v prostředí, ale také biotické faktory, především antropogenní působení. Tématem letošního ročníku je vliv environmentálních změn na rostliny. Domníváme se, že právě tato problematika je stále více v popředí zájmu nejenom zemědělců, lesníků, zelinářů, ovocnářů. Nesmíme však zapomínat, že řada těchto změn se udává více či méně pravidelně v rámci geologického cyklu naší planety, ale vlivem lidské činnosti se tyto jevy zrychlují. Na řadu otázek, které si klade nejenom odborná, ale i laická veřejnost ještě zcela nedokážeme odpovědět, ale postupně odkrýváme jednotlivé souvislosti a snažíme se pochopit interakci mezi rostlinou a prostředím, včetně jejich přizpůsobení se stresorům.

Našim přáním je, aby i letošní ročník byl inspirující, podnětný a přátelský. Na shledanou v roce 2025 v Praze.

Organizační výbor konference

JAKÉ STRESOVÉ FAKTORY OVLIVŇUJÍ ROSTLINY V AKVAPONICKÝCH SYSTÉMECH A JAKÝ TO MÁ DOPAD NA JEJICH NURTIČNÍ KVALITU

STRESS FACTORS AFFECTING PLANTS IN AQUAPONIC SYSTEMS AND HOW DOES IT AFFECT THEIR NUTRITIONAL QUALITY

Lenka Langhansová[1], Veronika Tůmová[2], Šárka Petrová[1], Radka Podlipná[1], Martin Liška[2], Daniel Haisel[1], Pavel Klouček[2], Miroslav Petrtýl[2]
1Ústav experimentální botaniky AV ČR, Laboratoř rostlinných biotechnologií, Rozvojová 263, 165 02 Praha 6 - Lysolaje,
2Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, 165 00 Praha 6 – Suchdol
langhansova@ueb.cas.cz

Summary

Aquaponics uses waste from fish farming as nutrients for plants, creating a sustainable ecosystem. The research compared the growth and quality of lettuce grown on various aquaponic solutions with traditional hydroponic solutions. Lettuce grown on aquaponic solutions had lower yields than those grown on hydroponic solutions but showed higher antioxidant capacity, possibly due to nutrient deficiencies. Aquaponics solutions often contain less phosphorus, potassium, iron, and manganese but excess sodium. These nutrient deficiencies can lead to higher uptake of zinc and higher content of beneficial compounds like vitamin C or lutein. With proper nutrient supplementation, aquaponics is a viable and sustainable approach to agriculture, providing high-quality products with minimal environmental impact.

Key words: aquaponics, lettuce, mineral nutrition, nutritional quality, aeroponics. Antioxidanty

Souhrn

Akvaponie využívá odpadní látky z chovu ryb jako živiny pro rostliny, což vytváří udržitelný ekosystém. Výzkum porovnával růst a kvalitu salátů pěstovaných na různých akvaponických roztocích s tradičními hydroponickými roztoky. Saláty pěstované na akvaponických roztocích měly nižší výnos než ty pěstované na hydroponických roztocích, ale vykazovaly vyšší antioxidační kapacitu, což může být důsledkem nedostatku některých živin. Akvaponické roztoky často obsahují méně fosforu, draslíku, železa a manganu, ale více sodíku. Tento nedostatek živin může někdy vést k vyššímu příjmu zinku a vyššímu obsahu prospěšných látek jako vitamin C nebo lutein. Po doplnění potřebných živin je akvaponie životaschopným a udržitelným přístupem k zemědělství, který poskytuje kvalitní produkty s minimálním dopadem na životní prostředí.

Klíčová slova: akvaponie, salát, minerální výživa, nutriční kvalita, aeroponie, antioxidanty

ÚVOD

S rostoucí populací, expanzí civilizace a klimatickými změnami se stává tradiční zemědělství závislé na orné půdě, problematické a nedostačující. Bezpůdní technologie pěstování mají potenciál mnohé problémy úspěšně vyřešit. Jako například nedostatek orné

půdy, nedostatek vody, nedostatek některých živin v půdě, eroze, sucho, choroby a škůdci, aj. /6, 12/. Klasickým bezpůdním systémem je hydroponie nebo aeroponie, kde rostliny za optimálních podmínek přijímají živiny z roztoku připraveného převážně z organických solí. V hydroponii jsou kořeny rostlin obvykle umístěny v inertním médiu (např. perlitu, kokosovém vláknu nebo rockwoolu) ponořeném v cirkulujícím živném roztoku, nebo je živný roztok periodicky dodáván. Aeroponie je pokročilejší metoda, kde jsou kořeny rostlin zavěšeny ve vzduchu a jsou pravidelně postřikovány aerosolizovaným živným roztokem. Tento systém umožňuje kořenům přijímat kyslík přímo z okolního vzduchu, což může podpořit rychlejší růst a zdravější rostliny. Obě metody mají své výhody a nevýhody, ale aeroponie je často považována za efektivnější z hlediska využití vody a živin, zatímco hydroponie je běžnější a snadněji se implementuje /15, 28/.

Kombinace hydroponie s akvakulturou (chov ryb) pak představuje integrovaný zemědělský systém, akvaponii, kde jsou odpadní látky produkované chovem ryb využívány jako živiny pro pěstování rostlin. Ty zároveň tuto vodu čistí čímž se vytváří udržitelný ekosystém minimalizující potřebu chemických hnojiv, snižující spotřebu vody, zvyšující produkci potravin na jednotku plochy a eliminující potřebu použití pesticidů. Zní to ideálně, ale pro efektivní aplikaci této myšlenky do ekonomicky udržitelné praxe, je stále třeba vyřešit mnoho technologických výzev /5, 25, 29/.

Hlavním produktem akvaponie je živočišná bílkovina s tím, že rostlinná produkce je spíše doplňková. Nicméně pro úspěšnost je třeba aby tato rostlinná produkce byla dostatečně kvalitní pro spotřebitele /7/. Naše laboratoř se zabývá nutriční kvalitou rostlin pěstovaných na akvaponickém roztoku. Měli jsme možnost porovnat akvaponické roztoky ze tří různých akvakultur (akvaponická farma Aquaponie s.r.o., Lážovice, z chovu tlamounů, koi kaprů a afrických sumečků; Leibniz Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, Germany (IGB), z chovu tlamounů a piraň rostlinožravých; a z Jihočeské Univerzity v Českých Budějovicích, Fakulty rybářství a ochrany vod, z chovu afrických sumečků). V několika nezávislých experimentech byl sledován vliv akvaponického roztoku (RAS = recirculating aquaculture system) a různých způsobů optimalizace využití RAS vody pro produkci salátů (*Lactuca sativa* L.) a dopad na jejich nutriční hodnoty.

MATERIÁL A METODY

Závěry této studie vycházejí z několika nezávislých experimentů:

1. MARSONAUT: V tomto pokusu /17/ jsme se snažili hydroponii nahradit aeroponií a porovnávali jsme růst a kvalitu salátů na klasickém hydroponickém (H) a akvaponickém roztoku (RAS).

2. IGB: V dalším experimentu /24/ byl porovnán růst a kvalita salátu v hydroponii na klasickém hydroponickém roztoku (H), akvaponickém roztoku (RAS) a akvaponickém roztoku chemicky doplněném o deficitní živiny (RAS-F).

3. INOVA: V tomto experimentu byla snaha pro účely pěstování salátu na akvaponickém roztku, nahradit chemická hnojiva (RAS-F) mineralizovanými zbytky z akvaponické kultivace (rybí kal a nať z rajčat; RAS-M) a tím dosáhnout účinnější ekologické recyklace živin (předběžné výsledky).

Hodnocené parametry:

Obsah minerálních látek v roztoku a ve vypěstovaných salátech byl měřen pomocí ICP-OES. Obsah fotosyntetických pigmentů a vitaminů pomocí HPLC-PDA, antioxidativní kapacita pomocí metody ORAC a DPPH, obsah antioxidativních polyfenolů pomoci Folin-Ciocalteu metody /13, 17/.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Obecně je pro produkci salátů v hydroponických systémech považován klasický Hoaglandův roztok za dostačující /9, 26, 30/. Salát, jakožto lisová zelenina není oproti plodové zelenině nijak náročný na živiny, takže pokud bychom porovnávali akvaponické roztoky (Tab. 1) s polovičním složením Hoaglandova roztoku podle Jarecki nebo Li /10, 14/, je zřejmý deficit hlavně draslíku (K), železa (Fe) a manganu (Mn). Naopak akvaponický roztok má vyšší obsah sodíku (Na) a mírně vyšší obsah kalcia (Ca). Zdrojem nadměrného obsahu Na je rybí krmivo. Vyšší obsah Ca je způsoben úpravou pH pomocí $CaCO_3$, jež se doporučuje nahradit KOH (částečně aplikováno v akvakultuře na JČU), tím zároveň můžeme eliminovat deficit draslíku jak pro rostliny, tak zlepšit welfare pro ryby /27/. I když některé výzkumy ukázaly, že K může být u některých rostlin nahrazen Na, a např. u *Theobroma cacao* to vede ke zlepšení fotosyntézy, účinnosti využití vody a minerální výživy /4/, rostliny obecně preferují K před Na /2/.

Tab 1. Porovnání akvaponických roztoků z různých akvakultur.

mg/L	Lážovice		IGB	JČU	Hoagland*
NO_3^-	37.06	114.05	168	196	
NH_4^-	3.48	0.38	1.13	14	
P	14.33	2.86	44.4	31	
K	29.59	18.85	174	235	
Ca	69.66	220.75	189	160	
Mg	36.37	21.37	13.5	48	
S	63.72	90.07	41.4	64	
Na	83.78	63.11	40.8	1	
Fe	0.0920	0.0138	0.2800	9	
Mn	0.0175	0.0133	0.4850	5	
Zn	0.0300	0.0333	1.7400	0.05	
Si	2.3605	5.1354	0.0000	-	
Cu	0.0623	0.0110	0.0000	0.02	
B	0.1652	0.1089	0.0720	0.005	
Al	0.1930	0.0183		-	

**Složení full strenght Hoaglandova roztoku podle (Jarecki et al., 2005)*

Hlavní výsledky studie Marsonaut využívající aeroponii dokazují že saláty živené roztokem z RAS systému efektivně přeměňují nízký obsah dusíku na uspokojivý výnos salátu, i když nižší v porovnání s výnosem salátů živených hydroponickým roztokem s optimálním složením. Saláty živené RAS roztokem vykazovaly přibližně 2.6krát vyšší antioxidativní kapacitu, což může být reakce na oxidační stress způsobený nedostatečným přísunem živin /22/. Saláty na RAS roztoku také vykazovaly vyšší příjem síry a křemíku, které také mohou zvyšovat odolnost rostlin vůči stresu /1, 16/. V rostlinách byl významně vyšší i obsah Na. Rostliny v aeroponickém systému nedokázaly efektivně přijímat minerály, které byly v RAS roztoku deficitní (K, P, Zn, Fe, a Mn), jejich obsah byl tedy v rostlinách výrazně nižší. Při nízkých hladinách může Na působit příznivě, zejména při nedostatku draslíku /18/. Avšak vysoké koncentrace Na mohou vést ke stresu zasolení, přičemž K hraje při zmírnění toxicity Na klíčovou roli tím, že snižuje akumulaci Na v rostlinných pletivech /3/. Různé druhy rostlin vykazují rozdílnou citlivost na toxicitu Na a konkrétně u salátu došlo při stresu zasolením k výraznému snížení růstu a nestabilitě membrán /8/, což potvrzují i naše výsledky. Ohledně vitaminu C, byl u salátů na RAS i na hydroponickém roztoku jejich obsah srovnatelný. Mírně

vyšší byl u salátů živených RAS roztokem i obsah fotosyntetických pigmentů, zejména zdraví prospěšného luteinu a β-carotenu /17/.

Studie na IGB ukázala, že nepřihnojovaný akvaponický salát měl ve srovnání s RAS-F a H o 30% nižší růst, což potvrzuje závěry studie Marsonaut. I zde salát na RAS roztoku vykazoval vyšší obsah Na, který na RAS-F překvapivě zvýšený nebyl. Obsah K v salátech na RAS bez přihnojení byl také nižší, ale obsah P byl snížený jen nepatrně, přestože ho RAS roztok z IGB obsahoval nejméně oproti RAS roztokům z Lážovic a JČU. Pozorován byl také vysoký příjem Zn jen na RAS roztoku a nízký příjem Fe. Salát na obou RAS roztocích se také pozitivně lišil ukazateli nutriční kvality jako je vyšší obsah luteinu a zeaxantinu. Nedostatek některých živin v RAS roztoku se i zde projevil ve vyšší antioxidační kapacitě salátu. Nicméně obsah vitamínů, jak C tak vitaminů skupiny B byl srovnatelný.

Studie INOVA potvrdila ohledně příjmů makro a mikronutrientů závěry studie IGB s tím, že byl pozorován výrazně nižší příjem i Mn. I zde byl pozorován v salátech na obou RAS roztocích mírně vyšší obsah luteinu. Oproti předchozím studiím byl u salátů živených RAS roztoky (RAS-F i RAS-M) pozorován až 4.4krát vyšší obsah vit. C a výnos na RAS-M byl statisticky nevýznamně nižší, což ukazuje na to, že mineralizované zbytky mohou deficitní nutrienty dostatečně nahradit. Přesto mírný stres u rostlin na RAS-M prokazují mírně vyšší hodnoty antioxidační kapacity změřené ORAC metodou.

Jednotné u všech studií je, že saláty na samotné RAS bez přidaných chemických hnojiv, tedy i na RAS s mineralizovanými zbytky vykazovaly 1.3–2.5krát vyšší příjem zinku, a to přes to, že na RAS-F musely být hodnoty Zn stejné jako na samotném RAS roztoku. Příjem Zn může být ovlivněn jak dostupností P, tak Fe nebo Ca /19, 20, 21/. Z hlediska nutriční kvality, RAS roztok zlepšuje kvalitu salátů nejen vyšším obsahem Zn a luteinu, které jsou velmi prospěšné pro zdraví očí a mozku /11, 23/, ale i vyšším obsahem vitaminu C.

ZÁVĚR

Všechny studie naznačují, že RAS roztok po vhodném doplnění pro rostliny deficitních živin, je životaschopným přístupem k udržitelnému zemědělství, který poskytuje vysoce kvalitní produkty s minimálním dopadem na životní prostředí.

LITERATURA

/1/ Ashraf, M., Harris, P.J.C., 2013. Photosynthesis under stressful environments: An overview. Photosynthetica 51, 163-190, https://doi.org/10.1007/s11099-013-0021-6.

/2/ Benito, B., Haro, R., Amtmann, A., Cuin, T.A., Dreyer, I., 2014. The twins K⁺ and Na⁺ in plants. Journal of Plant Physiology 171, 723-731, https://doi.org/10.1016/j.jplph.2013.10.014.

/3/ Fernandes Rodrigues, C.R., Gomes Silveira, J.A., Silva, E.N., Batista Dutra, A.T., Viegas, R.A., 2012. POTASSIUM TRANSPORT AND PARTITIONING ALLEVIATES TOXIC EFFECTS OF SODIUM ON YOUNG PHYSIC NUT PLANTS. Revista Brasileira De Ciencia Do Solo 36, 223-232, https://doi.org/10.1590/s0100-06832012000100023.

/4/ Gattward, J.N., Almeida, A.-A.F., Souza, J.O., Jr., Gomes, F.P., Kronzucker, H.J., 2012. Sodium-potassium synergism in Theobroma cacao: stimulation of photosynthesis, water-use efficiency and mineral nutrition. Physiologia Plantarum 146, 350-362, https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2012.01621.x.

/5/ Goddek, S., Delaide, B., Mankasingh, U., Ragnarsdottir, K.V., Jijakli, H., Thorarinsdottir, R., 2015. Challenges of Sustainable and Commercial Aquaponics. Sustainability 7, 4199-4224, https://doi.org/10.3390/su7044199.

/6/ Gonnella, M., Renna, M., 2021. The Evolution of Soilless Systems towards Ecological Sustainability in the Perspective of a Circular Economy. Is It Really the Opposite of Organic Agriculture? Agronomy-Basel 11, 950, https://doi.org/10.3390/agronomy11050950.

/7/ Greenfeld, A., Becker, N., McIlwain, J., Fotedar, R., Bornman, J.F., 2019. Economically viable aquaponics? Identifying the gap between potential and current uncertainties. Reviews in Aquaculture 11, 848-862, https://doi.org/10.1111/raq.12269.

/8/ Hnilickova, H., Hnilicka, F., Orsak, M., Hejnak, V., 2019. Effect of salt stress on growth, electrolyte leakage, Na⁺ and K⁺ content in selected plant species. Plant Soil and Environment 65, 90-96, https://doi.org/10.17221/620/2018-pse.

/9/ Hosseini, H., Mozafari, V., Roosta, H.R., Shirani, H., van de Vlasakker, P.C.H., Farhangi, M., 2021. Nutrient Use in Vertical Farming: Optimal Electrical Conductivity of Nutrient Solution for Growth of Lettuce and Basil in Hydroponic Cultivation. Horticulturae 7, 283, https://doi.org/10.3390/horticulturae7090283.

/10/ Jarecki, M.K., Chong, C., Voroney, R.P., 2005. Evaluation of compost leachates for plant growth in hydroponic culture. Journal of Plant Nutrition 28, 651-667, https://doi.org/10.1081/pln-200052639.

/11/ Johnson, E.J., 2014. Role of lutein and zeaxanthin in visual and cognitive function throughout the lifespan. Nutrition Reviews 72, 605-612, https://doi.org/10.1111/nure.12133.

/12/ Lakhiar, I.A., Gao, J., Syed, T.N., Chandio, F.A., Buttar, N.A., 2018. Modern plant cultivation technologies in agriculture under controlled environment: a review on aeroponics. Journal of Plant Interactions 13, 338-352, https://doi.org/10.1080/17429145.2018.1472308.

/13/ Langhansova, L., Pumprova, K., Haisel, D., Ekrt, L., Pavicic, A., Zajickova, M., Vanek, T., Dvorakova, M., 2021. European ferns as rich sources of antioxidants in the human diet. Food chemistry 356, 129637-129637, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129637.

/14/ Li, J., Wang, L., Javed, H.U., Zahid, M.S., Wu, Z., Ma, C., Jiu, S., Xu, W., Zhang, C., Wang, S., 2023. Nutrient solution with high nitrogen content, a suitable facilitator of growth and berry quality in hydroponic 'Shine Muscat' grapevine (Vitis vinifera x V. labrusca). Scientia Horticulturae 310, 111749, https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111749.

/15/ Li, Q., Li, X., Tang, B., Gu, M., 2018. Growth Responses and Root Characteristics of Lettuce Grown in Aeroponics, Hydroponics, and Substrate Culture. Horticulturae 4, 35, https://doi.org/10.3390/horticulturae4040035.

/16/ Liang, Y.C., Chen, Q., Liu, Q., Zhang, W.H., Ding, R.X., 2003. Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt-stressed barley (Hordeum vulgare L.). Journal of Plant Physiology 160, 1157-1164, https://doi.org/10.1078/0176-1617-01065.

/17/ Liška, M., Tůmová, V., Langhansová, L., Mercl, F., Tejnecký, V., Petrová, Š., Moťková, K., Bureš, D., Petrtýl, M., Klouček, P.: Enhancing Antioxidant Properties of Lettuce through Nutritional Deficiency in Aquaponic Systems with Aeroponic Cultivation. Preprints 2023, 2023071912. https://doi.org/10.20944/preprints202307.1912.v1

/18/ Maathuis, F.J.M., 2014. Sodium in plants: perception, signalling, and regulation of sodium fluxes. Journal of Experimental Botany 65, 849-858, https://doi.org/10.1093/jxb/ert326.

/19/ Moreno-Lora, A., Delgado, A., 2020. Factors determining Zn availability and uptake by plants in soils developed under Mediterranean climate. Geoderma 376, 114509, https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114509.

/20/ Recena, R., Garcia-Lopez, A.M., Delgado, A., 2021. Zinc Uptake by Plants as Affected by Fertilization with Zn Sulfate, Phosphorus Availability, and Soil Properties. Agronomy-Basel 11, 390, https://doi.org/10.3390/agronomy11020390.

/21/ Rengel, Z., Graham, R.D., 1996. Uptake of zinc from chelate-buffered nutrient solutions by wheat genotypes differing in zinc efficiency. Journal of Experimental Botany 47, 217-226, https://doi.org/10.1093/jxb/47.2.217.

/22/ Stefanelli, D., Winkler, S., Jones, R.: Reduced Nitrogen Availability during Growth Improves Quality in Red Oak Lettuce Leaves by Minimizing Nitrate Content and Increasing Antioxidant Capacity and Leaf Mineral Content. Agricultural Sciences 2011, 02, 477–486.

/23/ Tan, L., Zhang, Y., Dawson, R., Kong, L., 2023. Roles of macular carotenoids in brain function throughout the lifespan: A review of recent research. Journal of Agriculture and Food Research 14, 100785, https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100785.

/24/ Tůmová, V., Langhansová, L., Petrtýl, M., Benmansour, I., Bureš, D., Petrová, Š., Haisel, D., Tejnecký, V., Pěchoučková, E., Laloučková, K., Malíková, L., Liška, M., Klouček, P., Monsees, H.: The impact of fertilizer savings on quality of lettuce (Lactuca sativa) in aquaponics. In preparation.

/25/ Tyson, R.V., Treadwell, D.D., Simonne, E.H., 2011. Opportunities and Challenges to Sustainability in Aquaponic Systems. Horttechnology 21, 6-13, https://doi.org/10.21273/horttech.21.1.6.

/26/ Veazie, P., Pandey, P., Young, S., Ballance, M.S., Hicks, K., Whipker, B., 2022. Impact of Macronutrient Fertility on Mineral Uptake and Growth of Lactuca sativa 'Salanova Green' in a Hydroponic System. Horticulturae 8, 1075, https://doi.org/10.3390/horticulturae8111075.

/27/ Wenzel, L.C., Strauch, S.M., Eding, E., Presas-Basalo, F.X., Wasenitz, B., Palm, H.W., 2021. Effects of Dissolved Potassium on Growth Performance, Body Composition, and Welfare of Juvenile African Catfish (Clarias gariepinus). Fishes 6, 11, https://doi.org/10.3390/fishes6020011.

/28/ Wimmerova, L., Keken, Z., Solcova, O., Bartos, L., Spacilova, M., 2022. A Comparative LCA of Aeroponic, Hydroponic, and Soil Cultivations of Bioactive Substance Producing Plants. Sustainability 14, 2421, https://doi.org/10.3390/su14042421.

/29/ Yanes, A.R., Martinez, P., Ahmad, R., 2020. Towards automated aquaponics: A review on monitoring, IoT, and smart systems. Journal of Cleaner Production 263, 121571, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121571.

/30/ Zandvakili, O.R., Barker, A.V., Hashemi, M., Etemadi, F., Autio, W.R., 2019. Comparisons of commercial organic and chemical fertilizer solutions on growth and composition of lettuce. Journal of Plant Nutrition 42, 990-1000, https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1589505.

Poděkovaní

Výzkum byl podpořen projektem č. QK21010207 Ministerstva zemědělství ČR.

Název: Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin 2024
Editor: František Hnilička
Vydavatel: Ústav ekológie lesa Slovenskej akadémie vied, v.v.i.
Česká zemědělská univerzita v Praze
Odborní recenzenti: Mgr. Jana Šlégrová
Tisk: online verze
Počet stran: 174
Vydání: první
Rok vydání: 2024
ISBN: 978-80-89408-38-2 Ústav ekológie lesa Slovenskej akadémie vied, v.v.i.
Texty příspěvků neprošly jazykovou úpravou