

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Metod KOVAČIČ

**VPLIV TEHNOLOGIJE GOJENJA NA VSEBNOST  
GLUKOZINOLATOV PRI TANKOLISTNEM  
DVOREDCU (*Diploaxis tenuifolia* (L.) DC.) Z  
RAZLIČNIH OBMOČIJ SLOVENIJE**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Ljubljana, 2015

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Metod KOVAČIČ

**VPLIV TEHNOLOGIJE GOJENJA NA VSEBNOST  
GLUKOZINOLATOV PRI TANKOLISTNEM DVOREDČU (*Diplotaxis  
tenuifolia* (L.) DC.) Z RAZLIČNIH OBMOČIJ SLOVENIJE**

DOKTORSKA DISERTACIJA

**IMPACT OF CULTIVATION TECHNOLOGY ON GLUCOSINOLATES  
CONTENT IN WILD ROCKET (*Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC.) FROM  
DIFFERENT SLOVENIAN REGIONS**

DOCTORAL DISSERTATION

Ljubljana, 2015

## POPRAVKI

- str. 6, vrstica 39: namesto naprimer beri na primer
- str. 8, vrstica 24: namesto vsidrane beri usidrane
- str. 12, vrstica 6: namesto uporabljenega beri uporabljene
- str. 13, vrstica 11: namesto glokozinolatov beri glukozinolatov
- str. 17, vrstica 7: namesto povzročenega beri povzročeno
- str. 19, vrstica 16: namesto mirozimski beri mirozinski
- str. 26, vrstica 1: namesto 4.6 mm beri 4,6 mm
- str. 28, slika 7: namesto cells plug tray beri cells/plug tray
- str. 30, vrstica 4: namesto  $800,33 \pm 38,1 \text{ g/m}^2$  beri  $800,33 \pm 61,97 \text{ g/m}^2$
- str. 30, vrstica 4: namesto  $361,55 \pm 38,1 \text{ g/m}^2$  beri  $361,55 \pm 24,19 \text{ g/m}^2$
- str. 30, vrstica 5: namesto  $339,00 \pm 38,1 \text{ g/m}^2$  beri  $339,00 \pm 33,95 \text{ g/m}^2$
- str. 30, vrstica 6: namesto  $251,85 \pm 38,1 \text{ g/m}^2$  beri  $251,85 \pm 24,35 \text{ g/m}^2$
- str. 33, vrstica 2: namesto slika 14 beri slika 13
- str. 34, vrstica 5: namesto  $361,55 \pm 44,3 \text{ g/m}^2$  beri  $361,55 \pm 24,19 \text{ g/m}^2$
- str. 34, vrstica 6: namesto  $1169,60 \pm 44,3 \text{ g/m}^2$  beri  $1169,60 \pm 81,30 \text{ g/m}^2$
- str. 34, vrstica 7: namesto  $251,85 \pm 44,3 \text{ g/m}^2$  beri  $251,85 \pm 24,35 \text{ g/m}^2$
- str. 34, vrstica 8: namesto  $519,08 \pm 44,3 \text{ g/m}^2$  beri  $519,08 \pm 48,29 \text{ g/m}^2$
- str. 37, vrstica 8: namesto  $5,22 \pm 0,85 \%$  beri  $5,22 \pm 0,92 \%$
- str. 37, vrstica 9: namesto  $14,33 \pm 1,47 \%$  beri  $15,50 \pm 1,77 \%$
- str. 37, vrstica 10: namesto  $6,19 \pm 0,85 \%$  beri  $6,19 \pm 0,88 \%$
- str. 37, vrstica 11: namesto  $13,36 \pm 1,47 \%$  beri  $14,53 \pm 1,95 \%$
- str. 43, vrstica 11: namesto sledja beri slednja
- str. 44, vrstica 9: namesto  $0,904 \pm 0,088 \text{ g/kg SvM}$  beri  $0,904 \pm 0,106 \text{ g/kg SvM}$
- str. 45, vrstica 3: namesto  $7,806 \pm 0,633 \text{ g/kg SM}$  beri  $7,806 \pm 0,588 \text{ g/kg SM}$
- str. 46, vrstica 12: namesto  $0,794 \pm 0,082 \text{ g/kg SvM}$  beri  $0,794 \pm 0,092 \text{ g/kg SvM}$
- str. 46, vrstica 12: namesto  $0,765 \pm 0,093 \text{ g/kg SvM}$  beri  $0,765 \pm 0,092 \text{ g/kg SvM}$
- str. 47, vrstica 2: namesto slika 27B beri slika 26B
- str. 47, vrstica 3: namesto  $6,848 \pm 0,585 \text{ g/kg SM}$  beri  $6,848 \pm 0,513 \text{ g/kg SM}$
- str. 48, vrstica 5: namesto  $0,096 \pm 0,009 \text{ g/kg SM}$  beri  $0,096 \pm 0,007 \text{ g/kg SM}$
- str. 50, pregl. 25 (9. stolpec, 16. vrstica): namesto 0,006 beri 0,009
- str. 52, vrstica 3: namesto  $0,429 \pm 0,064 \text{ g/kg SM}$  beri  $0,429 \pm 0,102 \text{ g/kg SM}$
- str. 52, pregl. 28 (6. stolpec, 16. vrstica): namesto 0,666 beri 0,667
- str. 52, pregl. 28 (8. stolpec, 16. vrstica): namesto 0,428 beri 0,429
- str. 54, pregl. 30 (8. stolpec, 16. vrstica): namesto ,0304 beri 0,304
- str. 59, vrstica 6: namesto glikonapina beri glukonapina
- str. 60, pregl. 38 (3. stolpec, 16. vrstica): namesto 0,009 beri 0,001
- str. 62, slika 38B: namesto Glikosativin beri Glukosativin
- str. 70, vrstica 16: namesto glikonapina beri glukonapina
- str. 72, vrstica 3: namesto 14 % beri 15 %

Na podlagi Statuta Univerze v Ljubljani ter po sklepu Biotehniške fakultete in sklepa Senata univerze dne 29. 09. 2008 je bilo potrjeno, da kandidat izpolnjuje pogoje za neposreden prehod na doktorski Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti ter opravljanje doktorata znanosti s področja agronomije. Za mentorico je bila imenovanaizr. prof. dr. Marijana Jakše, za somentorja je bil imenovanizr. prof. dr. Robert Veberič.

Praktični del raziskave je bil opravljen na Katedri za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, kjer so bili opravljeni vsi postopki gojenja tankolistnega dvoredca (*Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC.) in opravljene vse analize glukozinolatov.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednica: prof. dr. Dea BARIČEVIČ  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Članica: izr. prof. dr. Nina KACJAN MARŠIĆ  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Članica: doc. dr. Andreja URBANEK KRAJNC  
Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede

Datum zagovora: 26. 10. 2015

Podpisani izjavljam, da je disertacija rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Doktorand:  
Metod KOVAČIČ

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dd
DK	UDK 635.56:631.589.2:547.918(043.3)
KG	vejnati dvoredci/tankolistna rukulja/hidroponika/plavajoči sistem/glukozinolati
AV	KOVAČIČ, Metod, dipl. inž. agr.
SA	JAKŠE, Marijana (mentorica)/ VEBERIČ Robert (somentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti, področje agronomije
LI	2015
IN	VPLIV TEHNOLOGIJE GOJENJA NA VSEBNOST GLUKOZINOLATOV PRI TANKOLISTNEM DVOREDCEU ( <i>Diplotaxis tenuifolia</i> (L.) DC.) Z RAZLIČNIH OBMOČIJ SLOVENIJE
TD	Doktorska disertacija
OP	XIV, 81, [8] str., 43 pregl., 39 sl., 7 pril., 79 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	<p>Poznavanje lastnosti samoniklih akcesij tankolistnega dvoredca [<i>Diplotaxis tenuifolia</i> (L.) DC.] je pomembno za Slovensko gensko banko rastlin. V naši raziskavi smo uporabili semena 10 avtohtonih akcesij tankolistnega dvoredca z različnih območij Slovenije in 2 populaciji semen, ki se prosto prodajajo. Namen je bil agronomsko ovrednotiti avtohtone akcesije in ugotoviti njihovo vsebnost glukozinolatov pri 2 tehnologijah gojenja. Semena smo posejali v gojitvene plošče s 160 in 84 vdolbinami (eno seme na vdolbino), napolnjene z različnimi substrati (šota, kamena volna in perlit). Na šoti posejane akcesije smo gojili konvencionalno z namakanjem, medtem ko smo posejane na kameni volni in perlitu gojili na plavajočem sistemu (angl. floating system). Ugotovili smo, da imajo avtohtone akcesije precejšnje dormantnost in da je bil vzrok na perlitu najslabši. Ugotovili smo, da je bil pridelek listov, gojenih na konvencionalen način (0,36 kg/m<sup>2</sup>), statistično značilno manjši od pridelka listov, gojenih na kameni volni (1,17 kg/m<sup>2</sup>) na gojitvenih ploščah s 160 vdolbinami ter da je večja gostota setve dala do dvakrat večji pridelek od rastlin, posejanih na gojitvenih ploščah s 84 vdolbinami. Poleg agronomskih lastnosti smo analizirali tudi vsebnost glukozinolatov v listih tankolistnega dvoredca. Ekstrakt listov smo analizirali z uporabo tekočinske kromatografije (HPLC) in masne spektrometrije (MS). V akcesijah smo določili 5 individualnih glukozinolatov (GLS), in sicer glukorafanin, glukoalizin, glukonapin, glukosativin ter glukoerucin. Ugotovili smo, da se vsebnost skupnih GLS v svežih listih ni statistično značilno razlikovala med tehnologijama, je pa bila vsebnost skupnih GLS na plavajočem sistemu v suhih listih (7,81 g/kg SM (suha masa)) značilno večja od vsebnosti skupnih GLS na konvencionalnem sistemu v suhih listih (4,91 g/kg SM). Med akcesijami ni bilo statistično značilnih razlik zaradi velike variabilnosti med njimi.</p>

## KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dd  
DC UDC 635.56:631.589.2:547.918(043.3)  
CX wild rocket/hydroponic/floating system/glucosinolates  
AU KOVAČIČ, Metod  
AA JAKŠE, Marijana (supervisor)/ VEBERIČ Robert (co-supervisor)  
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101  
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Postgraduate Study of Biological and Biotechnical Sciences, Field: Agronomy  
PY 2015  
TI CULTIVATION TECHNOLOGY IMPACT ON GLUCOSINOLATES CONTENT IN WILD ROCKET (*Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC.) FROM DIFFERENT SLOVENIAN REGIONS  
DT Doctoral Dissertation  
NO XIV, 81, [8] p., 43 tab., 39 fig., 7 ann., 79 ref.  
LA sl  
AL sl/en

AB Knowledge of the characteristics of wild accessions of wild rocket [*Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC.] is important for the Slovenian Plant Gene Bank. In our study, we used the seeds of 10 indigenous accessions of wild rocket from different Slovenian regions and 2 populations of marketed seeds. The aim was to evaluate the agronomic characteristics of indigenous accessions and to determine their content of glucosinolates when using 2 different cultivation technologies. Seeds were sown in plug trays which were filled with various substrates (peat, rock wool and perlite) and had different crop densities (160 and 84 cells, one seed per cell). Accessions sown on peat were grown conventionally with irrigation, while those sown on rock wool and perlite were grown on a floating system. It was found that seeds from indigenous accessions had considerable dormancy and that germination on perlite was the lowest. It was also found that the wild rocket leaves cultivated in a conventional way (0.36 kg/m<sup>2</sup>) had a significantly lower yield than leaves grown on rock wool (1.17 kg/m<sup>2</sup>) at a density of 160 cells per plug tray, and that the higher sowing density gave up to twice higher yield compared to 84 cells per plug tray. Glucosinolate content in the leaves of wild rocket was also analyzed. Leaf extracts were analyzed using high performance liquid chromatography (HPLC system) with a diode array detector, and peak identification was performed on a mass spectrometer (MS). Five individual glucosinolates (GLS) were identified in the leaves of wild rocket accessions: glucoraphanin, glucoalyssin, gluconapin, glucosativin and glucoerucin. The amount of total GLS in fresh leaves was not significantly different between the two technologies, while the content of total GLS in dry leaves with the floating system [7.81 g/kg DW (dry weight)] was significantly higher than that with the conventional system (4.91 g/kg DW). Among the accessions, there were no significant differences due to the high variability among them.

## KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	X
Kazalo prilog	XIII
Okrajšave in simboli	XIV
<b>1 UVOD</b>	<b>1</b>
1.1 NAMEN RAZISKAVE	2
1.2 HIPOTEZE	2
<b>2 PREGLED DOSEDANJIH OBJAV</b>	<b>3</b>
2.1 DRUŽINA KRIŽNIC	3
2.2 TANKOLISTNI DVOREDEC ( <i>Diplotaxis tenuifolia</i> (L.) DC.)	3
<b>2.2.1 Glavne razlike med rukvico in tankolistnim dvoredcem</b>	<b>4</b>
<b>2.2.2 Izvor in razširjenost – geografske značilnosti</b>	<b>5</b>
<b>2.2.3 Rastne zahteve</b>	<b>6</b>
2.2.3.1 Podnebje	6
2.2.3.2 Tla in kolobar	6
2.2.3.3 Gnojenje	7
2.2.3.4 Namakanje	7
<b>2.2.4 Načini pridelovanja</b>	<b>7</b>
2.2.4.1 Plavajoči sistem	8
2.2.4.2 Vpliv tehnologije gojenja na kakovost pridelka	9
<b>2.2.5 Varstvo</b>	<b>9</b>
2.2.5.1 Glivične bolezni	9
2.2.5.2 Škodljivci	10
2.2.5.3 Vpliv obrambnih komponent tankolistnega dvoredca	10
<b>2.2.6 Spravilo in skladiščenje pridelka</b>	<b>11</b>
<b>2.2.7 Prehranski pomen in zdravilne lastnosti</b>	<b>12</b>
2.3 GLUKOZINOLATI	13
<b>2.3.1 Funkcija glukozinolatov v rastlinah</b>	<b>15</b>
<b>2.3.2 Ekstrakcija glukozinolatov</b>	<b>17</b>
<b>2.3.3 Biosinteza glukozinolatov</b>	<b>17</b>
<b>2.3.4 Glukozinolati, mirozinaza in razgradni produkti hidrolize glukozinolatov</b>	<b>19</b>
<b>3 MATERIAL IN METODE</b>	<b>22</b>
3.1 LOKACIJA	22
3.2 MATERIAL	22
<b>3.2.1 Rastlinski material</b>	<b>22</b>
3.3 METODE DELA	24
3.4 POTEK POSKUSA	25
<b>3.4.1 Merjenje agronomskih lastnosti</b>	<b>25</b>
<b>3.4.2 Vzorčenje materiala</b>	<b>25</b>

<b>3.4.3</b>	<b>Določanje glukozinolatov v listih</b>	25
<b>3.4.4</b>	<b>HPLC-MS analiza</b>	25
3.5	RASTNE RAZMERE V ČASU POSKUSA	26
3.6	MERITVE IN OBDELAVA PODATKOV	26
<b>4</b>	<b>REZULTATI</b>	27
4.1	AGRONOMSKE LASTNOSTI	27
<b>4.1.1</b>	<b>Vznik tankolistnega dvoredca</b>	27
<b>4.1.2</b>	<b>Masa porezanih listov na šoti in kameni volni ob prvi rezi</b>	30
<b>4.1.3</b>	<b>Masa porezanih listov na kameni volni ob prvi in drugi rezi</b>	32
<b>4.1.4</b>	<b>Pridelek glede na tehnologijo gojenja</b>	34
<b>4.1.5</b>	<b>Odstotek cvetočih rastlin</b>	37
<b>4.1.6</b>	<b>Vsebnost suhe snovi</b>	39
<b>4.1.7</b>	<b>Dolžina rastne dobe pri različnih tehnologijah</b>	42
4.2	VSEBNOST GLUKOZINOLATOV	42
<b>4.2.1</b>	<b>Skupni glukozinolati – primerjava tehnologij</b>	44
<b>4.2.2</b>	<b>Posamezni glukozinolati – primerjava tehnologij</b>	46
4.2.2.1	Glukorafanin	46
4.2.2.2	Glukoalizin	47
4.2.2.3	Glukonapin	49
4.2.2.4	Glukosativin	51
4.2.2.5	Glukoerucin	53
<b>4.2.3</b>	<b>Primerjava vsebnosti glukozinolatov pri prvi in drugi rezi na kameni volni</b>	54
<b>5</b>	<b>RAZPRAVA IN SKLEPI</b>	65
5.1	RAZPRAVA	65
<b>5.1.1</b>	<b>Vpliv tehnologije na pridelek in vsebnost glukozinolatov</b>	66
<b>5.1.2</b>	<b>Vpliv geografskega izvora na vsebnost glukozinolatov</b>	69
5.2	SKLEPI	69
<b>6</b>	<b>POVZETEK (SUMMARY)</b>	71
6.1	POVZETEK	71
6.2	SUMMARY	73
<b>7</b>	<b>VIRI</b>	76

**ZAHVALA**

**PRILOGE**



## KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Pregl. 1	13
Kemična sestava listov tankolistnega dvoredca v primerjavi z nekaterimi vrtninami (Grlič, 1980; Bianco,1995; Bianco in sod., 1998)	
Pregl. 2	23
Glavne značilnosti akcesij tankolistnega dvoredca, shranjenega v Slovenski rastlinski genski banki na KIS-u (Ugrinović in Škof, 2012)	
Pregl. 3	27
<i>p</i> -vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije odstotka vznika tankolistnega dvoredca	
Pregl. 4	28
Povprečni % vznika z $\pm$ intervali standardne napake (SE) pri vzorcih semen tankolistnega dvoredca na substratih: šoti, kameni volni in perlitu na gojitvenih ploščah s 160 in 84 vdolbinami	
Pregl. 5	30
<i>p</i> -vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije pridelka $g/m^2$ ob prvi rezi tankolistnega dvoredca	
Pregl. 6	30
Povprečni pridelek ( $g/m^2$ ) pri prvi rezi za posamezen vzorec tankolistnega dvoredca, gojenega na šoti in kameni volni pri različni gostoti setve	
Pregl. 7	32
<i>p</i> -vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije pridelka $g/m^2$ pri prvi in drugi rezi tankolistnega dvoredca na kameni volni	
Pregl. 8	33
Povprečni pridelek ( $g/m^2$ ) pri prvi in drugi rezi na kameni volni za posamezno akcesijo tankolistnega dvoredca na gojitvenih ploščah s 160 in 84 vdolbinami	
Pregl. 9	34
<i>p</i> -vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije celotnega pridelka $g/m^2$ tankolistnega dvoredca	
Pregl. 10	34
Pridelek ( $g/m^2$ ) posameznega vzorca tankolistnega dvoredca na šoti in kameni volni (obe rezi) na gojitvenih ploščah s 160 in 84 vdolbinami	
Pregl. 11	37
<i>p</i> -vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije odstotka cvetov tankolistnega dvoredca	
Pregl. 12	37
Povprečni odstotek cvetnih stebel pri različnih tehnologijah in gostotah setve tankolistnega dvoredca	
Pregl. 13	39
<i>p</i> -vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije odstotka suhe snovi v tankolistnem dvoredcu	
Pregl. 14	40
<i>p</i> -vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije odstotka suhe snovi v listih tankolistnega dvoredca pri prvi in drugi rezi na kameni volni	
Pregl. 15	42
<i>p</i> -vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije dolžine rastne dobe tankolistnega dvoredca do prve rezi na šoti in kameni volni	
Pregl. 16	43
Molekulska masa in $MS^2$ ioni identificiranih glukozinolatov v tankolistnem dvoredcu v vrstnem redu glede na njihov retencijski čas	
Pregl. 17	44
Povprečna vsebnost individualnih in skupnih glukozinolatov v suhih listih (GLS [ $g/kg$ SM]) tankolistnega dvoredca pri prvi rezi na obeh tehnologijah gojenja skupaj, za vsak vzorec posebej	

Pregl. 18	<i>p</i> -vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije skupnih glukozinolatov v tankolistnem dvoredcu pri prvi rezi na šoti in kameni volni v svežih (SvM) in suhih (SM) listih	44
Pregl. 19	Povprečna vsebnost skupnih glukozinolatov v svežih (GLS [g/kg SvM]) in suhih listih (GLS [g/kg SM]) tankolistnega dvoredca pri prvi rezi na obeh tehnologijah gojenja za vsak vzorec posebej	45
Pregl. 20	<i>p</i> -vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije glukorafanina v tankolistnem dvoredcu pri prvi rezi na šoti in kameni volni v svežih (SvM) in suhih (SM) listih	46
Pregl. 21	Povprečna vsebnost glukorafanina v svežih (GLS [g/kg SvM]) in suhih listih (GLS [g/kg SM]) tankolistnega dvoredca pri prvi rezi na obeh tehnologijah gojenja za vsak vzorec posebej	47
Pregl. 22	<i>p</i> -vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije glukoalizina v tankolistnem dvoredcu pri prvi rezi na šoti in kameni volni v svežih (SvM) in suhih (SM) listih	47
Pregl. 23	Povprečna vsebnost glukoalizina v svežih (GLS [g/kg SvM]) in suhih listih (GLS [g/kg SM]) tankolistnega dvoredca pri prvi rezi na dveh tehnologijah gojenja za vsak vzorec posebej	48
Pregl. 24	<i>p</i> -vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije glukonapina v tankolistnem dvoredcu pri prvi rezi na šoti in kameni volni v svežih (SvM) in suhih (SM) listih	49
Pregl. 25	Povprečna vsebnost glukonapina v svežih (GLS [g/kg SvM]) in suhih listih (GLS [g/kg SM]) tankolistnega dvoredca pri prvi rezi na obeh tehnologijah gojenja za vsak vzorec posebej	50
Pregl. 26	Povprečna vsebnost glukonapina v svežih (GLS [g/kg SvM]) in suhih listih (GLS [g/kg SM]) tankolistnega dvoredca pri prvi rezi na obeh tehnologijah gojenja skupaj, za vsak vzorec posebej	50
Pregl. 27	<i>p</i> -vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije glukosativina v tankolistnem dvoredcu pri prvi rezi na šoti in kameni volni v svežih (SvM) in suhih (SM) listih	51
Pregl. 28	Povprečna vsebnost glukosativina v svežih (GLS [g/kg SvM]) in suhih listih (GLS [g/kg SM]) tankolistnega dvoredca pri prvi rezi na obeh tehnologijah gojenja za vsak vzorec posebej	52
Pregl. 29	<i>p</i> -vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije glukoerucina v tankolistnem dvoredcu pri prvi rezi na šoti in kameni volni v svežih (SvM) in suhih (SM) listih	53
Pregl. 30	Povprečna vsebnost glukoerucina v svežih (GLS [g/kg SvM]) in suhih listih (GLS [g/kg SM]) tankolistnega dvoredca pri prvi rezi na obeh tehnologijah gojenja za vsak vzorec posebej	54
Pregl. 31	<i>p</i> -vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije skupnih glukozinolatov v tankolistnem dvoredcu pri prvi in drugi rezi na kameni volni v svežih (SvM) in suhih (SM) listih	54

Pregl. 32	Povprečna vsebnost skupnih glukozinolatov v svežih (GLS [g/kg SvM]) in suhih listih (GLS [g/kg SM]) tankolistnega dvoredca pri prvi in drugi rezi na kameni volni za vsak vzorec posebej	55
Pregl. 33	<i>p</i> -vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije glukorafanina v tankolistnem dvoredcu pri prvi in drugi rezi na kameni volni v svežih (SvM) in suhih (SM) listih	56
Pregl. 34	Povprečna vsebnost glukorafanina v svežih (GLS [g/kg SvM]) in suhih listih (GLS [g/kg SM]) tankolistnega dvoredca pri prvi in drugi rezi na kameni volni za vsak vzorec posebej	57
Pregl. 35	<i>p</i> -vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije glukoalizina v tankolistnem dvoredcu pri prvi in drugi rezi na kameni volni v svežih (SvM) in suhih (SM) listih	57
Pregl. 36	Povprečna vsebnost glukoalizina v svežih (GLS [g/kg SvM]) in suhih listih (GLS [g/kg SM]) tankolistnega dvoredca pri prvi in drugi rezi na kameni volni za vsak vzorec posebej	58
Pregl. 37	<i>p</i> -vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije glukonapina v tankolistnem dvoredcu pri prvi in drugi rezi na kameni volni v svežih (SvM) in suhih (SM) listih	59
Pregl. 38	Povprečna vsebnost glukonapina v svežih (GLS [g/kg SvM]) in suhih listih (GLS [g/kg SM]) tankolistnega dvoredca pri prvi in drugi rezi na kameni volni za vsak vzorec posebej	60
Pregl. 39	<i>p</i> -vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije glukosativina v tankolistnem dvoredcu pri prvi in drugi rezi na kameni volni v svežih (SvM) in suhih (SM) listih	61
Pregl. 40	Povprečna vsebnost glukosativina v svežih (GLS [g/kg SvM]) in suhih listih (GLS [g/kg SM]) tankolistnega dvoredca pri prvi in drugi rezi na kameni volni za vsak vzorec posebej	62
Pregl. 41	<i>p</i> -vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije glukoerucina v tankolistnem dvoredcu pri prvi in drugi rezi na kameni volni v svežih (SvM) in suhih (SM) listih	63
Pregl. 42	Povprečna vsebnost glukoerucina v svežih (GLS [g/kg SvM]) in suhih listih (GLS [g/kg SM]) tankolistnega dvoredca pri prvi in drugi rezi na kameni volni za vsak vzorec posebej	64
Pregl. 43	Povprečna vsebnost posameznih in skupnih glukozinolatov [g/kg] pri prvi in drugi rezi v svežih (SvM) in suhih (SM) listih na kameni volni	64

## KAZALO SLIK

	str.
Sl. 1	Osnovna struktura glukozinolatov (Robertson in Botting, 1999) 14
Sl. 2	Kemijska struktura R-skupine glukozinolatov, analiziranih v disertaciji (Cataldi in sod., 2007; Hong in sod., 2011) 14
Sl. 3	Prva faza biosinteze alifatskih glukozinolatov: podaljševanje metionina (Wittstock in Halkier, 2002) 18
Sl. 4	Druga in tretja faza biosinteze glukozinolatov: tvorba aldoksima in naknadna modifikacija (Wittstock in Halkier, 2002) 18
Sl. 5	Primeri osnovnih oblik glukozinolatov, potek hidrolize in razgradni produkti hidrolize glukozinolatov (Travers-Martin in sod., 2008) 20
Sl. 6	Prikaz območij, kjer so bila nabrana semena akcesij po Sloveniji (Kart. podloga, Najdi.si zemljevid, 2013) 22
Sl. 7	Razlika v odstotku vznika pri različnih tehnologijah gojenja na gojitvenih ploščah s 160 in 84 vdolbinami 28
Sl. 8	Odstotek vznika med posameznimi vzorci in tehnologijo gojenja na gojitvenih ploščah s 160 vdolbinami 29
Sl. 9	Odstotek vznika med posameznimi vzorci in tehnologijo gojenja na gojitvenih ploščah s 84 vdolbinami 29
Sl. 10	Primerjava povprečnega pridelka ( $\text{g/m}^2$ ) pri prvi rezi tankolistnega dvoredca na ploščah s 160 vdolbinami med vzorci pri različnih tehnologijah gojenja 31
Sl. 11	Primerjava povprečnega pridelka ( $\text{g/m}^2$ ) pri prvi rezi tankolistnega dvoredca na ploščah s 84 vdolbinami med vzorci pri različnih tehnologijah gojenja 31
Sl. 12	Povprečni pridelek ( $\text{g/m}^2$ ) prve rezi tankolistnega dvoredca pri različni tehnologiji in gostoti setve 32
Sl. 13	Skupni povprečni pridelek ( $\text{g/m}^2$ ) obeh gostot gojenja na kameni volni za obe rezi 33
Sl. 14	Primerjava pridelka ( $\text{g/m}^2$ ) tankolistnega dvoredca na gojitvenih ploščah s 160 vdolbinami med vzorci pri različnih tehnologijah gojenja 35
Sl. 15	Primerjava pridelka ( $\text{g/m}^2$ ) tankolistnega dvoredca na gojitvenih ploščah s 84 vdolbinami med vzorci pri različnih tehnologijah gojenja 35
Sl. 16	Celoten pridelek ( $\text{g/m}^2$ ) tankolistnega dvoredca pri različni tehnologiji gojenja in gostoti setve 36
Sl. 17	Primerjava celotnega povprečnega pridelka med vzorci (povprečje tehnologij in gostote setve skupaj) v $\text{g/m}^2$ 36
Sl. 18	Povprečni odstotek cvetnih stebel tankolistnega dvoredca pri različni tehnologiji (šota in kamena volna) in gostoti setve (160 in 84 vdolbin na gojitveno ploščo) pred prvo rezjo 38
Sl. 19	Povprečni odstotek cvetnih stebel pri različnih vzorcih tankolistnega dvoredca 38

Sl. 20	Povprečni odstotek suhe snovi v listih tankolistnega dvoredca, primerjava tehnologij gojenja	39
Sl. 21	Odstotek sušine v listih tankolistnega dvoredca pri prvi rezi, primerjava vzorcev, gojenih na šoti in kameni volni	40
Sl. 22	Povprečni odstotek suhe snovi v listih tankolistnega dvoredca, primerjava med rezema na kameni volni	41
Sl. 23	Povprečni odstotek suhe snovi v listih tankolistnega dvoredca na kameni volni, primerjava med prvo in drugo rezjo	41
Sl. 24	Značilen kromatogram glukozinolatov	43
Sl. 25	Povprečna vsebnost skupnih glukozinolatov v svežih (A) in suhih (B) listih tankolistnega dvoredca (1. rez), gojenega na plavajočem sistemu (k.v.) in konvencionalno (šota)	45
Sl. 26	Povprečna vsebnost glukorafanina v svežih (A) in suhih (B) listih tankolistnega dvoredca (1. rez), gojenega na plavajočem sistemu (k.v.) in konvencionalno (šota)	46
Sl. 27	Povprečna vsebnost glukoalizina v svežih (A) in suhih (B) listih tankolistnega dvoredca (1. rez), gojenega na plavajočem sistemu (k.v.) in konvencionalno (šota)	48
Sl. 28	Povprečna vsebnost glukonapina v svežih (A) in suhih (B) listih tankolistnega dvoredca (1. rez), gojenega na plavajočem sistemu (k.v.) in konvencionalno (šota)	49
Sl. 29	Povprečna vsebnost glukonapina v suhih listih tankolistnega dvoredca na obeh tehnologijah za posamezen vzorec	51
Sl. 30	Povprečna vsebnost glukosativina v svežih (A) in suhih (B) listih tankolistnega dvoredca (1. rez), gojenega na plavajočem sistemu (k.v.) in konvencionalno (šota)	52
Sl. 31	Povprečna vsebnost glucoerucina v svežih (A) in suhih (B) listih tankolistnega dvoredca (1. rez), gojenega na plavajočem sistemu (k.v.) in konvencionalno (šota)	53
Sl. 32	Povprečna vsebnost skupnih glukozinolatov vseh vzorcev na kameni volni v svežih – [g/kg SvM] (A) in suhih listih – [g/kg SM] (B) pri prvi in drugi rezi	55
Sl. 33	Povprečna vsebnost glukorafanina na kameni volni v svežih – [g/kg SvM] (A) in suhih listih – [g/kg SM] (B) pri prvi in drugi rezi vseh 12 vzorcev	56
Sl. 34	Povprečna vsebnost glukoalizina na kameni volni v svežih – [g/kg SvM] (A) in suhih listih – [g/kg SM] (B) pri prvi in drugi rezi vseh 12 vzorcev	58
Sl. 35	Vsebnost glukoalizina v suhih listih (SM) tankolistnega dvoredca pri prvi in drugi rezi na kameni volni	59
Sl. 36	Povprečna vsebnost glukonapina na kameni volni v svežih – [g/kg SvM] (A) in suhih listih – [g/kg SM] (B) pri prvi in drugi rezi vseh 12 vzorcev	60
Sl. 37	Vsebnost glukonapina v svežih listih (SvM) tankolistnega dvoredca pri prvi in drugi rezi na kameni volni	61

Sl. 38	Povprečna vsebnost glukosativina na kameni volni v svežih – [g/kg SvM] (A) in suhih listih – [g/kg SM] (B) pri prvi in drugi rezi vseh 12 vzorcev	62
Sl. 39	Povprečna vsebnost glukoerucina na kameni volni v svežih – [g/kg SvM] (A) in suhih listih – [g/kg SM] (B) pri prvi in drugi rezi vseh 12 vzorcev	63

## KAZALO PRILOG

Priloga A	Pregled klimatskih razmer v času poskusa
Priloga B	Povprečni podatki za vsebnost skupnih glukozinolatov v tankolistnem dvoredcu ( <i>Diplotaxis tenuifolia</i> )
Priloga C	Povprečni podatki za vsebnost glukorafanina v tankolistnem dvoredcu ( <i>Diplotaxis tenuifolia</i> )
Priloga D	Povprečni podatki za vsebnost glukoalizina v tankolistnem dvoredcu ( <i>Diplotaxis tenuifolia</i> )
Priloga E	Povprečni podatki za vsebnost glukonapina v tankolistnem dvoredcu ( <i>Diplotaxis tenuifolia</i> )
Priloga F	Povprečni podatki za vsebnost glukosativina v tankolistnem dvoredcu ( <i>Diplotaxis tenuifolia</i> )
Priloga G	Povprečni podatki za vsebnost glukoerucina v tankolistnem dvoredcu ( <i>Diplotaxis tenuifolia</i> )

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

DW	suha masa – suhi listi
ESI	ionizacija z razprševanjem raztopin v električnem polju
FW	sveža masa – sveži listi
GA <sub>3</sub>	giberelinska kislina
GAL	glukoalizin
GER	glukoerucin
GLS	glukozinolat
GNA	glukonapin
GRA	glukorafanin
GSA	glukosativin
HPLC	tekočinska kromatografija visoke ločljivosti
KIS	Kmetijski inštitut Slovenije
k.v.	kamena volna
MS	masna spektroskopija
MS <sup>2</sup>	tandemska masna spektroskopija
m/z	razmerje med maso in nabojem posameznega iona
NS	ni statistično značilno
RD	rukvičasti dvoredec
Rt	retencijski čas
SM	suha masa – suhi listi
SvM	sveža masa – sveži listi
TD	tankolistni dvoredec
160	gojitvene plošče s 160 vdolbinami
84	gojitvene plošče s 84 vdolbinami



## 1 UVOD

V svetu že nekaj let velja trend zdrave prehrane in na tržišču je prisotna ponudba izdelkov tako imenovane funkcionalne hrane. K temu je pripomoglo tudi večje znanje o sekundarnih metabolitih rastlin in njihovem vplivu na človeški organizem. Za rastline iz družine Brassicaceae so značilni predvsem sekundarni metaboliti, imenovani glukozinolati. Zanje velja, da imajo v rastlini zaščitno vlogo pred herbivori, zadnjih nekaj let pa se glukozinolate intenzivno preučuje v preventivne namene pred rakavimi obolenji. Ker sta vsebnost in sestava glukozinolatov različni ne samo znotraj družine Brassicaceae, ampak so razlike tudi v posameznem rodu, kot je na primer *Diplotaxis*, se je pokazala potreba po raziskovanju teh razlik in vpliva načina pridelovanja nanje. Pri ugotavljanju razlik nam pomagajo semena akcesij rastlin, ki jih hranijo genske banke. Tudi v Sloveniji imamo gensko rastlinsko banko za tankolistni dvoredec (*Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC.), in sicer na Kmetijskem inštitutu Slovenije. S preučevanjem akcesij, ki jih hranijo v genskih bankah, je mogoče ugotoviti razlike, kot sta na primer vsebnost in sestava sekundarnih metabolitov, ki se tekom evolucije pojavijo zaradi geografske ločenosti posameznih genskih virov, kar prispeva k boljšemu poznavanju in ohranjanju naravne biodiverzitete. Nabiranje tankolistnega dvoredca v naravnem okolju lahko predstavlja ekološki problem iz več razlogov, med katerimi je najpomembnejša ravno izguba naravne biodiverzitete, značilne za neko območje. Siromašenju naravne biodiverzitete se izognemo z gojenjem genskih virov na njivah. Ker se tankolistni dvoredec, ki ga včasih uporabniki radi imenujejo kar "rukola z drobno nazobčanimi listki", uporablja za pripravo različnih vrst solat, se lahko pri konvencionalnem načinu pridelave (gojenje na njivah) pojavijo težave, kot je prekomerna vsebnost določenih hranil, na primer nitratov. To je mogoče na okolju prijazen način rešiti z uporabo tehnike gojenja rastlin brez zemlje – s hidroponskim načinom gojenja v zavarovanem prostoru. Tak način ima s stališča pridelovalcev, ki pridelujejo rezano mlado zelenjavo za tako imenovano pripravljeno hrano (angl. ready-to-eat), veliko prednosti, med katere sodi tudi cenejša pridelava, saj na hidroponski način vzgojene zelenjave ni potrebno toliko čistiti, ker ni prišla v stik z zemljo. Tako jo lahko prej ponudijo končnemu uporabniku, ne da bi ji zmanjšali njeno biološko vrednost. Med hidroponske načine gojenja sodi tudi plavajoči sistem gojenja (angl. floating system), ki je eden enostavnejših. Plavajoči sistem je primeren za rastline, ki so namenjene gojenju rezane listne zelenjave, na primer motovilca, rukvice, berivke, dišavnic in tako naprej. Kot že samo ime pove, je največja prednost plavajočega sistema ta, da so korenine rastlin v stalnem stiku z vodo, v kateri so raztopljena hranila, v sistem pa se vpihava tudi zrak. Na ta način se izognemo nihanjem v preskrbi z vodo, do katerih pride pri običajnem namakanju rastlin, ki rastejo v zemlji. Pomanjkljivost plavajočega sistema se kaže predvsem v visoki vlažnosti v okolici rastlin in s tem večji verjetnosti razvoja bolezni, pri dovajanju zraka v hranilno raztopino pa moramo biti previdni, da le to ni preveč intenzivno.

Pomembno je torej opisati in ovrednotiti vpliv tehnologije gojenja na agronomske lastnosti in ugotoviti, kako tehnologija gojenja vpliva na vsebnosti glukozinolatov v slovenskih akcesijah tankolistnega dvoredca. Ti podatki bodo podali tudi odgovor na splošno prepričanje, da imajo rastline, gojene na hidroponski način, majhno hranilno vrednost in so tako imenovana prazna hrana. Taki podatki so lahko uporabni v žlahtniteljske namene ali kot osnova za nadaljnja križanja in raziskovanja glukozinolatov v tankolistnem dvoredcu. Zato je potrebno z metodiko dela, ki temelji na preizkušeni tehniki, pridobiti analitske

podatke teh akcesij. Podatke je treba nadalje statistično obdelati in jih primerjati z že znanimi primerljivimi analitskimi podatki drugih akcesij tankolistnega dvoredca.

## 1.1 NAMEN IN CILJ RAZISKAVE

V raziskavi smo želeli ugotoviti razlike med posameznimi akcesijami tankolistnega dvoredca in kako tehnologija gojenja vpliva na količino ter kakovost pridelka. Z raziskavo smo želeli tudi ugotoviti, ali tehnologija gojenja vpliva na vsebnosti glukozinolatov in ali se pojavljajo razlike v vsebnosti glukozinolatov v različnih genskih virih tankolistnega dvoredca, katerega semena so bila nabrana z različnih območij Slovenije.

Poleg omenjenega smo želeli v raziskavi tudi odgovoriti na vprašanje količine pridelka glede na tehnološki vidik, na gostoto setve in ob uporabi različnih substratov. Vsebnost glukozinolatov in vpliv tehnologije gojenja na glukozinolate pri tankolistnem dvoredcu smo primerjali z rastlinami dvoredca, katerih semena dobimo v prosti prodaji in so brez sortnega porekla.

## 1.2 HIPOTEZE

Postavili smo naslednje hipoteze:

H1: Pričakujemo, da obstajajo razlike v količini pridelka listov glede na geografski izvor semena in tehnologijo pridelave (plavajoči sistem in gojenje v šoti).

H2: Pričakujemo, da obstajajo razlike v vsebnosti skupnih in posameznih glukozinolatov v listih med vzorci z različnih geografskih območij.

H3: Pričakujemo, da način pridelave vpliva na vsebnost skupnih in posameznih glukozinolatov v vzorcih listov.

## 2 PREGLED DOSEDANJIH OBJAV

### 2.1 DRUŽINA KRIŽNIC

Križnice (Brassicaceae) so zelo številna, razširjena in za prehrano pomembna rastlinska družina, v katero uvrščamo približno 375 rodov in 3200 vrst rastlin (Ahuja in sod., 2010), ki so v glavnem razširjene po severni polobli, zato jim lahko pripišemo velik gospodarski pomen. Cvetovi križnic imajo štiri venčne in štiri čašne liste, ki so navzkrižno nameščeni, ter so običajno združeni v grozdasta socvetja na vrhu stebela ali na stranskih poganjkih stebela, plodovi križnic pa so luski ali luščki (Grlič, 1980). Med najpomembnejše predstavnike uvrščamo rastline rodu *Brassica*, predvsem različne varietete *Brassica oleracea* L., kot so glavno zelje, cvetača, ohrovt in brstični ohrovt. V družini križnic pa so tudi številna koristna zelišča, ki jih uporabljamo v industriji in gospodarstvu, mnoge pa so pomembne tudi v zdravilstvu, saj obstajajo povezave med zmanjšanim tveganjem za nastanek rakavih obolenj in pogostejšim uživanjem rastlin iz družine križnic (Barillari in sod., 2005). Iz divje rastočih vrst te družine, ki so pri nas povsod razširjene kot ruderalne rastline ali pleveli na obdelovalnih tleh, lahko pripravimo okusne zelenjavne jedi, h katerim jih največkrat primešamo in jih tako uporabimo za začimbo, ker imajo večinoma značilen pikanten in nekoliko pekoč okus. Oster in pekoč okus ter značilen vonj imajo divje rastoče rastline iz družine križnic zaradi precejšnjih količin posameznih hlapnih gorčičnih olj (izotiocianatov), ki nastajajo zaradi delovanja mirozinaze in raznih drugih encimov, ki v prisotnosti vode hidrolitsko cepijo različne glukozinolate (Grlič, 1980). Ker imajo gojene vrste zelenjavnih rastlin iz družine križnic običajno precej manj vitaminov kot divje rastoče, ki so še posebej pomembne zaradi velikih količin vitamina C, je razumljivo, da so nekatere uporabljali v ljudski medicini za zdravilo proti skorbutu (Grlič, 1980).

### 2.2 TANKOLISTNI DVOREDEC (*Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC.)

Druga imena: tankolistna rukulja, vejnati dvoredec (Grlič, 1980).

Tankolistni dvoredec je po višini rasti v času cvetenja od 60 do 80 cm visoka zelna trajnica z močno razraslim in pri dnu pogosto olesenelim stebлом (Bianco, 1995; Martinčič in sod., 2007). Samo pri tej vrsti korenine tvorijo adventivne poganjke, iz katerih izrastejo nove rastline tankolistnega dvoredca (Pignone in Martínez-Laborde, 2011). Vrsta *Diplotaxis tenuifolia* je diploidna rastlina in ima rumene venčne liste dolžine od 8 do 14 mm, seme je rumeno rjavo ali rahlo rdečkasto, okroglo ali jajčasto, veliko od 1 do 1,2 mm, steblo je bolj ali manj olistano, listi niso razporejeni v izrazito pritlični rozeti, so pa manjši in bolj narezani ter močnejšega okusa kot listi navadne rukvice (*Eruca sativa*) (Ugrinović, 2006). Listi so modrikasto ali sivkasto zeleni, sočni in debelejši od navadne rukvice, dolgi od 6 do 12 cm in na vsaki strani osrednje listne žile raste od 3 do 5 lističev (Martinčič in sod., 2007). Rastlina je kratkodnevnicca in cveti od maja do oktobra z lepimi in prijetno dišečimi cvetovi, ki so združeni v grozdasta socvetja v zgornjem delu rastline, kjer so gornji deli socvetij gostejši od spodnjih, v plodu – lusku najdemo večje število semen, razvrščenih v dveh vrstah, zaradi tega rastlino tudi imenujemo dvoredec (*Diplotaxis* iz grških besed "diplos" – dvojen in "taxis" – vrsta) (Grlič, 1980; Bianco, 1995). Če zmečkamo liste med prsti, se sprošča močan vonj, podoben vonju navadne rukvice.

Tankolistni dvoredec v naravi najbolje uspeva na strmih, kamnitih in peščenih mestih, raste po suhih strugah, na ruševinah in mestnih obzidjih, po rečnih bregovih in včasih tudi ob poteh in ogradah, pogosto pa ga najdemo po nasipih in železniških progah, predvsem blizu manjših železniških postaj, na pustih plitvih tleh alkalne reakcije, kjer ga lahko zasledimo kot uspešno kolonizacijsko vrsto, kar lahko na nekaterih območjih postane tudi nadležna invazivna rastlina, vendar redkeje kot plevel na obdelovalnih tleh (Ugrinović, 2006; Pignone in Martínez-Laborde, 2011). Na pustih in kamnitih tleh je slabo razvita in majhna rastlina, če pa raste na plodnih tleh (na primer ob rekah in nasipih), pa ta trajnica zraste v obliki nizkega, bujnega in gostega, temno zelenega polgrma (Grlič, 1980).

Ugrinović in Škof (2012) ugotavljata, da se v Sloveniji vrste iz rodu *Diploaxis* težko najdejo na nadmorski višini višji od 500 m.

Liste tankolistnega dvoredca za prehrano lahko nabiramo od konca aprila do julija ali začetka avgusta, običajno jih jemo v solati, pomešane s krompirjem, regratom, motovilcem ali kakšno drugo zelenjavo (Grlič, 1980) ali pa tudi kot samostojni solatni krožnik. Užiten so tudi cvetovi, vse modernejši pa so kalčki (Bennett in sod., 2007). Zaradi izredno velike količine vitamina C (povprečno lahko tudi do 300 mg/100 g) ter provitamina A (9 mg/100 g) je lahko tankolistni dvoredec spomladi pomembna vitaminska hrana, njegov intenziven vonj (ki je mnogim zelo všeč, nekaterim pa neprijeten) pa se ob pripravljanju jedi in solat močno ublaži ali pa povsem izgine (Grlič, 1980).

V Sloveniji samoniklo rastejo tri vrste iz rodu dvoredca (tankolistni – *Diploaxis tenuifolia* (L.) DC., obzidni – *Diploaxis muralis* (L.) DC. in šibasti – *Diploaxis viminea* (L.) DC.) (Martinčič in sod., 2007; Ugrinović in Škof, 2012). Vse tri vrste lahko najdemo na enakih rastiščih, to je ob robovih cest ali železniških prog, zidovih, na njivah in v vinogradih (Ugrinović in Škof, 2012). Tankolistni dvoredec mnogi zamenjujejo ravno z obzidnim in šibastim dvoredcem, ki sta manjši, zelni enoletni rastlini in imata drobnejše cvetove, plitveje pernato narezane liste, nameščene večinoma v pritlični rozeti. Za razliko od tankolistnega dvoredca te rastline največkrat uspevajo kot plevel na obdelanih tleh, imajo pa hranilno in vitaminsko vrednost podobno kot tankolistni dvoredec (Grlič, 1980).

### **2.2.1 Glavne razlike med rukvico in tankolistnim dvoredcem**

Pod skupnim imenom "rukvica" si navadno predstavljamo listnate rastline, ki pripadajo več vrstam rastlin iz rodu *Eruca* (rukvica) in *Diploaxis* (dvoredec) (Černe, 2000), za katere je značilno, da so cvetovi bele ali rumene barve, običajno posamični ali v manjšem številu na vrhu stebela in na stranskih poganjkih (Grlič, 1980). Rukvica izhaja z območja Sredozemlja in zahodne Azije in je enoletnica za razliko od tankolistnega dvoredca (Osvald in Kogoj-Osvald, 2003). Za rod *Diploaxis* je značilno, da v kljunu luska ni semen in da so venčni listi dlanasto mrežasto žilnati, ima pa skupina tudi nekatere skupne biokemične lastnosti (Ugrinović in Škof, 2012). Rod kaže precejšnjo stopnjo heterogenosti v morfoloških lastnostih, profilu molekularnih markerjev, številu kromosomov in v geografski razširjenosti (Pignone in Martínez-Laborde, 2011), medtem ko je morfologija listov pri rodu *Eruca* bolj variabilna (Bianco, 1995).

V pridelovanju sta razširjeni dve obliki "rukvice", in sicer *Eruca sativa* Mill. (kultivirana rukvica) z repi oziroma redkvici podobnimi listi. Od samoniklih vrst je pri nas v pridelavi zaradi svojih morfoloških lastnosti razširjena predvsem vrsta *Diplotaxis tenuifolia* (divja – *silvatica* vrsta) z močno narezanimi in izdolženimi listi ter značilnim pikantnim okusom (Osvald in Kogoj-Osvald, 2003; Ugrinović, 2006). Rukvico pridelujemo kot zelenjadicno za rezanje (košnjo) mladih listov, ki imajo značilen oster, pikanten okus (Osvald in Kogoj-Osvald, 2003), za katerega naj bi bilo odgovornih celo 67 različnih snovi, med katerimi posebno mesto zasedajo sekundarni metaboliti iz skupine glukozinolatov in njihovi razgradni produkti (Ugrinović, 2006). Intenzivnost okusa pa je v veliki meri odvisna tudi od razmer, v katerih rastejo rastline, saj je značilno, da so listi rastlin, ki so rastle v toplejših razmerah bolj pikantni od listov tistih, ki so se razvijali v okolju z nižjimi temperaturami (Ugrinović, 2006). V rukvici je poznanih 14, v tankolistnem dvoredcu pa 11 različnih glukozinolatov (Hall in sod., 2012). Rozeto rukvice režemo približno od 20 do 30 dni po vzniku, rozeto tankolistnega dvoredca pa od 30 do 40 dni po vzniku (Hall in sod., 2012), na višini od 2 do 3 cm nad ravnim vrhom, ko so listi dolgi od 15 do 20 cm (Osvald in Kogoj-Osvald, 2003). Obe "rukvici" imata visoko vsebnost vitamina C (75 do 200 mg/100 g) in železa (5 in več mg/100 g) ter vlaknin (0,9 g/100 g) (Ugrinović, 2006). Splošno se ju uporablja kot dodatek pri solatnih mešanica ali kot samostojne solate, saj imata spodbujevalni vpliv na človeški organizem, kar še posebej velja za prebavila (Osvald in Kogoj-Osvald, 2003).

Tankolistni dvoredec je primeren za pridelovanje na prostem v zemlji (razvije od 30 do 40 cm globok koreninski sistem) kot tudi za hidroponske oblike pridelovanja oziroma pridelovanje v gojitvenih ploščah in za vzgojo kalčkov. Rukvica (*Eruca sativa*) razvije od 10 do 20 cm globok koreninski sistem in ima zelo drobna semena (masa 1000 semen je od 0,85 do 2 g), kalivost pa je 90 % (Osvald in Kogoj-Osvald, 2003), pri tankolistnem dvoredcu pa je masa 1000 semen še manjša in znaša le okoli 0,18 do 0,21 g (Bianco, 1995; Tonguç in Erbaş, 2012). Tankolistni dvoredec je C3-C4 vmesna rastlina in lahko bolje fotosintetizira pri višjih temperaturah kot rukvica, ki je C3 rastlina (Hall in sod., 2012).

### **2.2.2 Izvor in razširjenost – geografske značilnosti**

Za rod *Diplotaxis* poročajo, da vsebuje do 34 vrst, ki so pretežno endemiti, vendar so nekatere precej razširjene in jih lahko najdemo v celi Evropi, še posebej v mediteranskih regijah, izhajal pa naj bi iz Sredozemlja in jugozahodne Azije (vse do Himalaje), najdemo pa ga tudi na zahodni obali Afrike na otočjih Makaronezije (Pignone in Martínez-Laborde, 2011). Tankolistni dvoredec raste v večini centralne in južne Evrope ter na bližnjem vzhodu (Pignone in Martínez-Laborde, 2011), pri nas pa je najbolj razširjen na Primorskem (Ugrinović, 2006).

Geografski izvor ima vpliv na profil in koncentracijo glukozinolatov v tankolistnem dvoredcu. Med akcesijami iz različnih držav se pojavljajo razlike. Za italijanske akcesije je značilna visoka vsebnost skupnih glukozinolatov, med katerimi prevladuje glukosativin. V akcesijah centralne in vzhodne Evrope prevladuje glukozinolat glukoserucin, ki ga je največ tudi v akcesijah iz severne Afrike z izjemo akcesij iz Tunizije, v katerih prevladuje glukozinolat glukorafanin. Ta razlika v vsebnosti glukozinolatov lahko vpliva na koristnost uživanja tankolistnega dvoredca (Bennett in sod., 2007).

## 2.2.3 Rastne zahteve

### 2.2.3.1 Podnebje

Tankolistni dvoredec ni toplotno zahtevna rastlina, uspešno jo lahko pridelujemo na prostem v poletnem obdobju, boljše pridelovalne razmere pa ji omogočimo, če jo pridelujemo v neogrevanih plastenjaki, v ogrevanih rastlinjaki pa lahko zagotovimo pridelek in oskrbo trga tudi v zunajsezonskem obdobju (Osvald in Kogoj-Osvald, 2003).

Tankolistni dvoredec pridelujemo zgodaj spomladi in ponovno pozno jeseni, sicer pri visokih letnih temperaturah in dolgem dnevu rad uhaja v cvet. Zelo dobro uspeva v zmernem podnebju Sredozemlja. Za kalitev potrebuje minimalno temperaturo od 5 do 6 °C, kar mu omogoča vznik v šestih do osmih dneh, pri optimalnih temperaturah od 20 do 25 °C pa vznikne še prej. Optimalna temperatura za razvoj je od 16 do 24 °C, minimalna pa od 5 do 6 °C, optimalna zračna vlaga v pridelovalnem prostoru je od 60 do 70 %, kar omogoča pravičen razvoj rastlin in zmanjša pojav glivičnih obolenj (Osvald in Kogoj-Osvald, 2003). Pri pomanjkanju vlage so listi bolj aromatični in dlakavi, kot če rastejo pri primerni vlagi (Černe, 2000).

### 2.2.3.2 Tla in kolobar

Glede tal tankolistni dvoredec ni zahtevna rastlina. Odgovarjajo mu nevtralna do slabo alkalna (pH 6,5-7,5) tla, ki so dobro založena z organsko snovjo in kalcijem (Osvald in Kogoj-Osvald, 2003). Pri kolobarjenju je potrebno paziti, da ga ne sejemo takoj za kapusnicami in drugimi vrtninami, kot so redkvice, repa, podzemna koleraba, saj spada v družino križnic in bi se s tem lahko prenašale bolezni, kot je golšavost kapusnic, ki je značilna zlasti na kisli zemlji (Černe, 2000). Za zmanjševanje posledic napada škodljivcev se lahko poslužujemo tudi različnih, od običajno ustaljenih, datumov setve ali presajanja, z izbiro odpornih kultivarjev in s pridelovanjem v mešanih posevkih (Bohinc in sod., 2012). S setvijo v mešanem posevku s solato lahko do neke mere tudi omilimo napad škodljivcev, kot je na primer bolhač (Ugrinović, 2006).

Rastline iz družine križnic so dobrodošle v kolobarju ali zelenem dognojevanju. Ko so njihovi rastlinski ostanki ali cele rastline vdlane v tla, se ob razpadu rastlinskih ostankov v zemljo sprostijo njihovi razgradni produkti, to so predvsem izotiocianati, ki so odgovorni za zatiranje določenih talnih škodljivcev in talnih bolezni in so tako primerni vmesni posevek pri pridelavi žit (Kirkegaard in Sarwar, 1998). S takim kolobarjenjem izkoristimo biofumigacijski potencial križnic. Izraz biofumigacija pomeni zatiranje škodljivih organizmov v tleh (rastlinojedov, nematod in gliv) z uporabo rastlinskih vrst, ki vsebujejo glukozinolate, njihovi razgradni produkti pa lahko vplivajo tudi na vznik in rast plevelov (Bohinc in sod., 2012). Zanimanje za biofumigacijo se v zadnjem obdobju povečuje, saj je primerno nadomestilo za prepovedane sintetične pesticide v vrtnarski panogi (Kirkegaard in Sarwar, 1998). Z uporabo biofumigacije se izognemo negativnemu vplivu uporabe sintetičnih insekticidov, ki so v večini primerov povzročili negativne posledice, kot sta naprimer pojav odpornosti škodljivcev nanje in negativni vpliv na njihove naravne sovražnike (Bohinc in sod., 2012). Sama prisotnost rastlin s potencialno biofumigacijsko funkcijo v kolobarju pa ni dovolj, saj je pri običajni obdelavi tal (oranje, podrahljavanje,

frezanje) pretvorba glukozinolatov v izotiocianate samo 5 % od vseh prisotnih glukozinolatov. Potrebna je torej popolna obdelava rastlinskih ostankov, praktično do njihove uprašitve, da se kar najbolj zagotovi stik glukozinolatov z encimom mirozinazo, kar omogoča do 20-krat večjo sprostitvev izotiocianatov, ob dodajanju večjih količin vode pa se proces hidrolize glukozinolatov lahko še bolj maksimizira (Ploeg, 2008). Taka biofumigacija z uporabo tkiv rastlin iz družine križnic, kot so oljna ogrščica (*Brassica napus*), brokoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), redkvice (*Raphanus sativus*) in rukvica (*Eruca sativa*), lahko predstavlja obetavno strategijo nadzora talnih škodljivcev, boleznin in plevelov. Poleg tega tak način obdelave tal prispeva k večjemu vnosu organske snovi v tla in posledično izboljša vsebnost hranil in sposobnost zadrževanja vode v tleh ter poveča prisotnost in aktivnost koristnih mikroorganizmov v tleh, tudi tistih, ki delujejo antagonistično na rastlinam škodljive nematode (Ploeg, 2008).

### 2.2.3.3 Gnojenje

Pri jesenski setvi ni potrebno dodajati hranil, saj jih je v zemlji v večini primerov dovolj od prejšnjega posevka. V primeru spomladanske setve je najbolje pred setvijo rahlo pognojiti s P in K (okoli 1,5 g/m<sup>2</sup> čistega P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in 6 g/m<sup>2</sup> čistega K<sub>2</sub>O), po vzniku pa rastlinam dodamo še okoli 3 g/m<sup>2</sup> čistega N, saj pri izdatnejšem gnojenju z N pride v listih do presežka nitratov (Ugrinović, 2006). Osvald in Kogoj-Osvald (2003) priporočata gnojenje s kompostiranim gnojem ali z organsko-mineralnimi gnojili, pri gnojilni normi v rastlinjaku od 100 do 120 kg/ha N, od 80 do 100 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in od 120 do 150 kg/ha K<sub>2</sub>O. Za pospeševanje rasti in obnove po rezi (spravilu pridelka) pa priporočata fertiirigacijo.

### 2.2.3.4 Namakanje

Kljub temu da tankolistni dvoredec dobro prenaša sušne razmere, pa lahko z namakanjem bistveno povečamo pridelek, katerega listi so nežnejši in okusnejši (Černe, 2000).

Pri talnem pridelovanju posevke tankolistnega dvoredca oskrbujemo z vodo z oroševanjem, pri hidroponskih tehnikah pa z navlaževanjem substrata ali korenin. S pravilnim navlaževanjem substratov, korenin ali tal dosežemo izenačeno in hitro rast. Pomanjkljivo namakanje povzroča neizenačeno rast in težave pri spravilu pridelka (nekakovosten pridelek) (Osvald in Kogoj-Osvald, 2003).

## 2.2.4 Načini pridelovanja

Najprimernejši čas setve je zgodaj spomladi in pozno poleti oziroma zgodaj jeseni. Če tankolistni dvoredec sejemo pozno spomladi ali poleti, bodo rastline hitro ušle v cvet in napadi škodljivcev, kot je bolhač, bodo močnejši (Ugrinović, 2006). V poletnem obdobju ga lahko uspešno pridelujemo na prostem, saj ima majhne do srednje velike toplotne potrebe. Je rastlinska vrsta, ki je primerna tudi za gojenje kalčkov in hidroponsko obliko pridelovanja (Osvald in Kogoj-Osvald, 2003).

Pri setvi na prosto je potrebno paziti, da v vrstah ne sejemo pregosto, kar se pri tako drobnem semenu, kot ga ima tankolistni dvoredec, lahko hitro zgodi. V takem primeru kasneje rastline nekoliko razredčimo. Priporočena medvrstna razdalja je od 15 do 20 cm

(Ugrinović, 2006). V rastlinjakih in na prostem lahko zasnujemo pridelovanje z uporabo natančne sejalnice in s setvijo na medvrstično razdaljo 10 cm ali z ročno setvijo na manjši površini in globini setve od 0,5 do 1 cm. Na ta način bi za 1 m<sup>2</sup> porabili približno od 0,32 do 0,42 g semena in dosegli gostoto od 1500 do 2000 rastlinic na m<sup>2</sup>, ki pa se lahko že po prvem spravilu pridelka razpolovi (Osvald in Kogoj-Osvald, 2003).

Pridelovanja se lahko lotimo tudi z vzgojo sadik v gojitvenih ploščah in nato sadike presadimo na zaprte hidroponske sisteme ali pa na gredice, prekrte s črno folijo, lahko pa jih vzgojimo tudi v gojitvenih ploščah kot semihidroponsko obliko pridelovanja (Osvald in Kogoj-Osvald, 2003).

#### 2.2.4.1 Plavajoči sistem

Dandanes se pridelava nezadržno seli iz tradicionalne pridelave v tleh na tako imenovane hidroponske ali breztalne sisteme pridelave. Cilj teh sprememb v pridelavi je omogočiti večje in kakovostnejše pridelke, standardizirati gojitvene tehnike in zmanjšati proizvodne stroške in vpliv na okolje. Breztalni sistemi tako predstavljajo primerno alternativo tradicionalnim tehnikam gojenja, saj omogočajo popoln nadzor nad vnesenimi snovmi in so primerni za gojenje tankolistnega dvoredca ter omogočajo tržno kakovost pridelka. Omogočajo pridelavo čistega rastlinskega materiala ob spravilu, kar pripomore k manjšim stroškom spiranja pred pakiranjem. Ker imajo rastline, gojene na breztalnem sistemu, v rastlinjakih krajšo rastno dobo, je zmanjšana možnost pojava škodljivcev in nastanka bolezenskih stanj. Uporaba mineralnih sterilnih substratov, ki imajo majhen vpliv na okolje, je lahko alternativa škodljivim praksam razkuževanja zemlje (Nicola in sod., 2005).

Ena od hidroponskih tehnik gojenja je plavajoči sistem. Gre za sistem, pri katerem so rastline posejane v inertnem substratu (kosmiči kamene volne, perlit, glinopor ...) in vsidrane na stiroporne (polistirenske) plošče. Te plošče plavajo v plitkih bazenih, ki so napolnjeni s hranilno raztopino, v kateri se razraščajo korenine. V raztopino neprekinjeno dovajamo zrak ali samo kisik, da korenine ne propadejo (Jakše in Kacjan-Maršič, 2008).

Plavajoči sistem je tehnika hidroponskega gojenja rastlin, poznana že iz antike; pravzaprav se zdi, da je že med azteško populacijo bila navada gojiti zelenjavo na plavajočih splavih na vodi. V preteklih časih se je plavajoči sistem uporabljal za pridelovanje tobaka in se je nato uspešno vpeljal v profesionalno gojenje vrtnarskih kultur, kot so berivka, baldrijan, bazilika, meta, žajbelj, rukvica in tako naprej (Pasotti in sod., 2003).

Plavajoči sistem ima nekaj prednosti pred klasičnimi načini gojenja solatnic. Na prvem mestu je enostavno vzdrževanje posevka – zalivanje ni potrebno, dognojevanje ni potrebno, saj hranilno raztopino sproti obnavljamo, in kar je zelo pomembno, nimamo težav s plevelom. Rast rastlin je nekoliko hitrejša v primerjavi z gojenjem na tleh ali v organskih substratih ravno zato, ker so hranila lahko dostopna in rastlina nima težav z občasnim pomanjkanjem ali viškom vode. Spravilo rastlin je lahko delovno bolj prijazno, ker rastlin ne režemo pri tleh, ampak jih lahko z gojitvenimi ploščami dvignemo na višino delovnih miz, kjer jih porežemo. Listi niso umazani, pomembno pa je, da zelenjavo takoj po spravilu – rezanju pakiramo in s tem preprečimo izhlapevanje oziroma venenje listov. Glavna slabost plavajočega sistema je, da listnata zelenjava, ki je gojena na plavajočem



sistemu, vsebuje praviloma več vode oziroma ima manj sušine od zelenjave, gojene v tleh (Jakše in Kacjan-Maršič, 2008).

Tehnika je primerna za proizvodnjo listnate zelenjave za rezanje (angl. baby leaf), kot je rukvica, in zelišča ter predstavlja obetavno tehniko tudi za nekatere korenovke, kot je mesečna redkvica (*Raphanus sativus* L.) (Lazzarini in Giordano, 2007).

#### 2.2.4.2 Vpliv tehnologije gojenja na kakovost pridelka

V zadnjem obdobju potrošnika poleg zunanjšega videza zelenjave vedno bolj zanima tudi notranja kakovost. Pod izrazom kakovost lahko razumemo več pomenov, saj je tudi interesov potrošnikov po kakovosti več, na primer: tržna vrednost (oblika, barva, velikost, svežina in konsistenca), senzorična vrednost (okus, vonj, aroma in lastnosti teksture), prehranska in zdravilna vrednost (zaželena notranja kakovost: vitamini, minerali, ogljikovi hidrati, vlaknine, bioaktivne substance in nezaželena notranja kakovost: vsebnost težkih kovin, ostanki fitofarmaceutskih sredstev, nitrati, mikotoksini) ter ekološka vrednost (pridelovalne metode: integrirana, ekološka, hidroponska pridelava), če naštejemo samo pomembne dejavnike. V zavarovanih prostorih pridelana zelenjava ima po navadi visoko vizualno kakovost, zato v primerjavi z zelenjavo, pridelano na prostem, tudi dosega višjo tržno vrednost (Gruda, 2005). Z nadziranjem rastnih razmer v zavarovanih prostorih lahko vplivamo na senzorične lastnosti pridelane zelenjave (Gruda, 2005).

V javnosti je zaznati splošno prepričanje, da je zelenjava, pridelana na hidroponski način, slabše kakovosti, malodane, da je skoraj umetna. Številne raziskave sedaj že potrjujejo, da lahko pridelovalci na hidroponski način pridelajo zelenjavo brez izgube kakovosti v primerjavi z gojenjem na prostem, saj jim breztalno gojenje zagotavlja fleksibilnost in intenzivnost pridelave velikih količin in visoko kakovostnih pridelkov tudi na manj ugodnih območjih za pridelavo zelenjave (Gruda, 2009). Pri strokovno vodeni breztalni pridelavi je vnos hranil zelo nadzorovan in lahko hranilno raztopino pred načrtovanim spraviom pridelka enostavno zamenjamo z deževnico in s tem vplivamo na zmanjšano vsebnost nitratov, kar pri pridelavi na prostem ne moremo (Gruda, 2009). Tako nam breztalna pridelava omogoča okolju prijazno pridelavo zelenjave (ni vsebnosti težkih kovin v pridelku) in omogoča usmeritev pridelave v izpolnjevanje specifičnih zahtev po kakovosti pridelka, čeprav se včasih količina pridelka zaradi specifične usmeritve pridelave zmanjša (Gruda, 2009).

#### 2.2.5 Varstvo

Pri klasični pridelavi tankolistnega dvoredca je potrebno upoštevati pravila kolobarjenja, sicer pa težave glede bolezni in škodljivcev zmanjšujemo z upoštevanjem priporočil, ki so navedena za solatnice in križnice, v poletnem obdobju pa je še posebej priporočljivo razkuževanje tal z apnenim dušikom in solarizacijo tal (Osvald in Kogoj-Osvald, 2003).

##### 2.2.5.1 Glivične bolezni

Med najbolj razširjena glivična obolenja, ki prizadenejo tako nadzemne kot podzemne dele rastlin rukvice, spadajo okužbe s *Fusarium* spp., *Pythium* spp. in *Rhizoctonia* spp., ki lahko

okužijo rastline v fazi kličnih listov, do sekundarnih poškodb in gnitja pa lahko pride z okužbo z *Botryotinia* spp., *Sclerotinia* spp. in *Alternaria* spp., ki napadajo steblo, listne peclje in hipokotil. Za glivična obolenja so bolj občutljive rastline, gojene v zavarovanem prostoru, kjer sta temperatura in vlaga naklonjeni njihovim rasti. Najbolj nevarna glivična bolezen je peronospora (*Plasmopara* spp.), ki najbolj prizadene rukvico, medtem ko je tankolistni dvoredec dokaj odporen nanjo (Pimpini in Enzo, 1997). Peronospora napade steblo in majhne liste ter povzroča razbarvanja v večjem ali manjšem obsegu, ki so najprej rumena, nato pa se hitro obarvajo rjavo. Ob visoki vlažnosti pride do nastanka belega micelija, ki se najbolje razvija na mokrih listih in temperaturi od 10 do 16 °C, in tako se razvojni krog hitro zaključi in pridelek je lahko uničen v enem do dveh dneh (Pimpini in Enzo, 1997).

Tankolistni dvoredec lahko prizadene bela gniloba (*Sclerotinia sclerotiorum*) (Garibaldi in sod., 2005), o kateri so prvič poročali iz severne Italije in ima začetne simptome, kot so nekroze stebela in potemnitev listov. Rastline začnejo gniti tik nad tlemi ali na podzemnih delih, na katerih se pojavi gosta snežno bela vatasta prevleka. Okužene rastline ovenijo in odmrejo, bolezen pa se najhuje razširja ob visoki relativni vlagi in milih temperaturah (15 °C).

#### 2.2.5.2 Škodljivci

Napadi škodljivcev so redki, predvsem se omenjajo bolhači (*Phyllotreta* spp.) in občasni napadi listne uši (Aphididae), ki pa zaenkrat ne povzročajo večje škode, edino resno škodo v zadnjih letih povzročajo listne zavrtalke (*Liriomyza* spp.) v poletnih mesecih, če pridelovalci ne spremljajo njihovega pojava in nadzirajo njihovega širjenja (Pimpini in Enzo, 1997). Škodi, ki jo povzročajo škodljivci, se najlaže izognemo s primernim kolobarjenjem. Hujši napad bolhačev lahko pričakujemo pri poletni setvi (Ugrinović, 2006).

#### 2.2.5.3 Vpliv obrambnih komponent tankolistnega dvoredca

Rastline se lahko pred škodljivimi organizmi zaščitijo na dva načina, in sicer z morfološkimi ovirami ali s kemičnimi substancami (sekundarni metaboliti). V rastlinah iz družine križnic prevladuje ravno slednji obrambni sistem in vključuje glukozinolate in njihove razgradne produkte (Bohinc in sod., 2012).

Med vsemi pesticidi, ki se danes uporabljajo v kmetijstvu, so največkrat uporabljeni herbicidi. Negativni vpliv uporabe herbicidov na okolje bi lahko zmanjšali z alternativnimi strategijami kontrole plevelov. Tako bi glukozinolati, ki se nahajajo v agronomsko pomembnih rastlinah, lahko predstavljali naraven vir za alelokemični nadzor številnih talnih škodljivcev in plevelnih rastlin (Brown in Morra, 1995). Ta biološka aktivnost pa po navadi ni neposredno odvisna od glukozinolatov, ampak od njihovih razgradnih produktov, kot so epitionitrili, nitrili, izotiocianati, oksazolidin-2-tioni in tiocianati, ki se sprostito ob encimski razgradnji glukozinolatov s pomočjo encima mirozinaze (tioglukozid glukohidrolaza, EC 3.2.3.1) ob prisotnosti vode. Ti razgradni produkti pa imajo lahko insekticidno, nematocidno, fungicidno, antibiotsko in fitotoksično delovanje (Brown in Morra, 1995; Kirkegaard in Sarwar, 1998). Delujejo torej biofumigacijsko (to je zatiranje

škodljivcev in ostalih patogenov, ki se nahajajo v zemlji) s sproščanjem biocidnih komponent v zemljo, ko se glukozinolati hidrolizirajo v zemlji pri zelenem gnojenju ali kolobarjenju z rastlinami iz družine Brassicaceae (Kirkegaard in Sarwar, 1998).

V rastlinah iz družine križnic je po navadi prisotnih okoli 20 različnih glukozinolatov, ki se razlikujejo glede strukture, le-ta pa je odvisna od njihove stranske verige (alifatski, aromatski ali indolni). Tako kot se razlikujejo med seboj, so razlike tudi med vrstami in znotraj vrste rastlin, kot tudi v različnih delih rastlin, kar pa vpliva tudi na koncentracijo in tip biocidnega produkta hidrolize (Kirkegaard in Sarwar, 1998). Različne dolžine verig glukozinolatov običajno pripomorejo k raznolikosti hidrolitičnih produktov z zelo različnimi značilnostmi okusov ter protirakovinskih aktivnosti in toksičnosti za herbivore (Falk in sod., 2004). Glukozinolati so splošno poznani tudi kot obrambne komponente rastlin proti herbivorom in so verjetno odgovorni za prepoznavnost s strani specialnih predatorjev pri rastlinah gostiteljicah, tako da lahko delujejo kot insekticid in kot vaba za insekte (Fahey in sod., 2001). V osnovi imajo izotiocianati insekticidno delovanje na predstavnike reda Lepidoptera, ki je lahko primerljivo s sintetičnimi insekticidi, medtem ko imajo nitrili (eden od možnih razgradnih produktov glukozinolatov) osnovno funkcijo privabljanja naravnih sovražnikov (Bohinc in sod., 2012). Njihove antagonistične interakcije niso omejene le na mikrobe (glivične in bakterijske rastlinske patogene), pač pa so dokazali tudi njihovo delovanje proti nematodam in kot repelentne - odvračalna hrana za žuželke iz reda mladoletnic (Trichoptera), polže in postrance (Amphipoda) (Fahey in sod., 2001; Newman in sod., 1992). Glukozinolati lahko delujejo tudi kot alelokemikalije, ki vplivajo na rastlinsko združbo, ki raste v bližini, torej lahko delujejo kot bioherbicidi (Brown in Morra, 1995). Tudi toksičnost posameznih izotiocianatov se razlikuje za različne organizme, tako je lahko izotiocianat, ki nastane iz aromatskega glukozinolata, tudi 40-krat bolj toksičen za jajčeca črnega jajčastega rilčkarja (*Otiiorhynchus sulcatus* F.) kot alifatska različica (Borek in sod., 1998; Kirkegaard in Sarwar, 1998). Razpon profila glukozinolatov, različna toksičnost izotiocianatov, prilagojena različnim rastlinskim škodljivcem, in širok nabor fenoloških in morfoloških razlik med križnicami omogočajo izbiro in gojenje rastlin iz družine križnic, ki imajo večji biofumigacijski potencial na določene izbrane organizme (Kirkegaard in Sarwar, 1998). Uporaba takih rastlin za zeleno gnojenje bi pomenila postopno sproščanje izotiocianatov med rastjo in visoko koncentracijo izotiocianatov, ko se rastline vdela v tla (Borek in sod., 1998).

## 2.2.6 Spravilo in skladiščenje pridelka

Za spravilo in skladiščenje pridelka so enaki pogoji tako pri navadni rukvici kot pri tankolistnem dvoredcu. Ko so rastline tankolistnega dvoredca visoke približno 15 cm, jih lahko prvič režemo na višini od 2 do 3 cm nad rastnim vršičkom. To je v ugodnih razmerah približno 30 dni po vzniku, naslednjič pa jih lahko porežemo že čez 20 dni. Pri zgodnjem pridelovanju in dobri oskrbi dobimo od 1 do 2 odkosa, saj v obdobju pomlad-poletje hitro uhajajo v cvet. Pri pozni setvi v obdobju poletje-jesen pa lahko pričakujemo od 3 do 4 odkose, v ugodnih razmerah pa celo od 5 do 6 rezi (spravil pridelka). Na m<sup>2</sup> lahko pridelamo od 0,7 do 1,2 kg listov na eno rez - košnjo. Pobran pridelek je takoj po spravilu priporočljivo ohladiti in pakirati po 80 do 100 g in ga nato hraniti v hladilnikih (hladilnicah) (Osvald in Kogoj-Osvald, 2003).

Nicola in sod. (2004) navajajo, da je hidroponski način pridelave primeren za pridelavo pakirane, tako imenovane ready-to-eat (angl.) zelenjave, saj se s tem izognemo kontaminaciji listov z zemljo in zmanjšamo stroške čiščenja listov zelenjave pred pakiranjem. Po spravilu je dolžina časa skladiščenja, ko je kakovost pakirane zelenjave še zadovoljiva, odvisna od uporabljenega substrata, gostote setve in koncentracije N, uporabljenega za gnojenje (Nicola in sod., 2004). S trajanjem skladiščenja se sveža masa zmanjšuje, medtem ko se suha snov povečuje, kar je logična posledica izgube turgorja v listih, po šestih dneh skladiščenja pa se kakovostni indeks (svežina in izgled) znatno zmanjša (Nicola in sod., 2004).

## **2.2.7 Prehranski pomen in zdravilne lastnosti**

Prehranski pomen in zdravilne lastnosti se med tankolistnim dvoredcem in navadno rukvico bistveno ne razlikujejo (Cortese, 2002).

Rukvico so že v starem Rimu uporabljali kot zdravilno rastlino, saj sta njeno učinkovitost opevala že Virgil in Columella, ki sta jo slavila kot učinkovit afrodisijak. Zaradi te lastnosti je bilo gojenje rukvice v srednjem veku v samostanskih vrtovih prepovedano. Semena rukvice delujejo proti bakterijam. V tradicionalni medicini priporočajo rukvico kot sredstvo, ki preprečuje vnetje, čisti kri, odvaja vodo in blato, pospešuje prebavo, pomirja, krepi, spodbuja tek, delovanje želodca, deluje protivnetno pri črevesnih krčih ter preprečuje skorbut (Bianco in Boari, 1997). Od 4 do 8 % raztopino soka se uporablja pri srbečici, ozeblinah, opeklinah in koprivnici. Ugotovljeno je bilo tudi, da pospešuje rast las, učinkuje proti mastnim lasem, proti prehladu in hripavosti ter se obnese kot vodica za vnetja na obrazu, priporočajo pa jo tudi za zmanjševanje težav pri sladkorni bolezni in proti oteklina (Černe, 2000).

Listi rukvice delujejo splošno poživljajoče, ugodno vplivajo na prebavo in so zelo koristen spremljevalec jedi z več maščobe. Vplivajo na prehodnost sečnih poti in ožilja, njihovi glukozinolati pa tako kot pri vseh drugih križnicah (gorčica, hren, zelje, brokoli in druge) delujejo antikancerogeno, antimikrobno, antioksidativno (Cortese, 2002). Cvetovi so užitni, a se večinoma uporabljajo za okras (Bianco, 1995).

Listi tankolistnega dvoredca in rukvice imajo značilen pekoč okus in vonj, ki je odvisen od genetske raznolikosti in okolja. Tankolistni dvoredec ima veliko vitamina C (celo dvakrat več kot rukvica), kar je razvidno iz preglednice 1. Ima zdravilne učinke, kot so diuretčni, protivnetni in vpliv na kroženje krvi. Uživanje sveže surove rukvice in tankolistnega dvoredca je najboljši način, da pridobimo vse zdravilne učinkovine, ki so v rastlini (Bennett in sod., 2007), saj imajo sveži surovi listi precejšen potencial kot funkcionalna hrana, ki vsebuje sestavine, kot so glukozinolati in preko njih nastali bioaktivni izotiocianati, ki so koristni za ljudi (Bennett in sod., 2006).

Preglednica 1: Kemična sestava listov tankolistnega dvoredca v primerjavi z nekaterimi vrtninami (Grlič, 1980; Bianco, 1995; Bianco in sod., 1998)

Table 1: Chemical composition of wild rocket leaves in comparison with other leafy vegetables (Grlič, 1980; Bianco, 1995; Bianco et al., 1998)

Sestavina	Enota	TD	RD	Rukvica	Regrat	Solata	Špinača
Energijska vrednost	kcal			23	44	15	23
Voda	%	84	86	91	87	94	91
Surove beljakovine	g/100 g			2,6	3,1	1,4	3,0
Surove maščobe	g/100 g			0,3	1,1	0,2	0,5
Ogljikovi hidrati	g/100 g			3,9	3,7	2,2	1,8
Vlaknine	g/100 g			0,9	0,4	0,6	0,5
Kalcij	mg/100 g		344	309	316	45	102
Fosfor	mg/100 g			41	65	29	60
Železo	mg/100 g			5,2	3,2	1,2	3,5
Magnezij	mg/100 g		26	46	36	13	60
Kalij	mg/100 g		511	468	440	247	547
Vitamin B1	mg/100 g			-	0,19	0,1	0,1
Vitamin B2	mg/100 g			-	0,17	0,2	0,3
Vitamin B3	mg/100 g			-	0,8	0,3	0,5
Vitamin A	mg/100 g	9		7,42	9,92	1,86	5,69
Vitamin C	mg/100 g	180-400		110-190	52	20	53

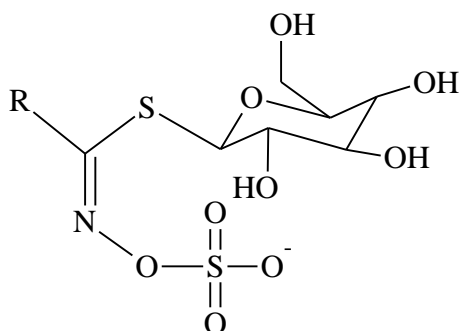
Okrajšavi: TD – tankolistni dvoredec, RD – rukvičasti dvoredec (*Diplotaxis erucoides* (L.) DC.)

Pri ljudeh se povečuje uživanje listov rukvice in tankolistnega dvoredca, tako že pripravljenih listov za uživanje ali kot delež listov v že pripravljenih mešanih solatah, uporabljajo pa se tudi kot zeliščno zdravilo (Bennett in sod., 2002).

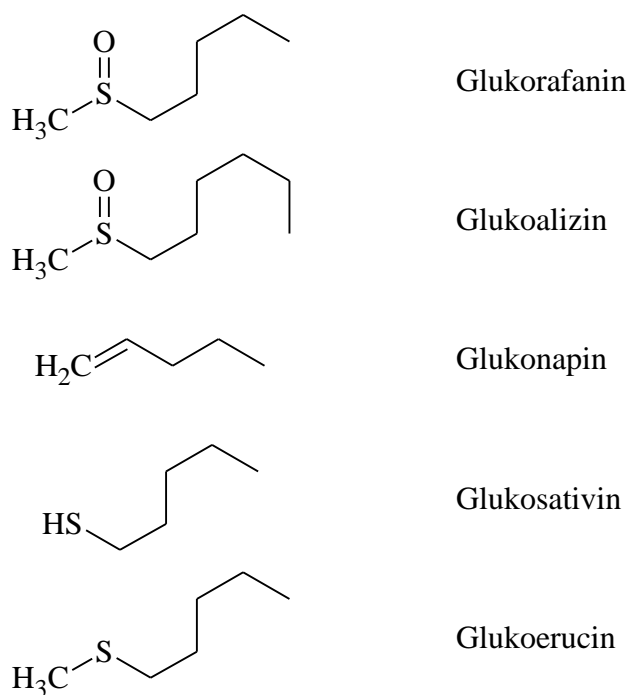
### 2.3 GLUKOZINOLATI

Najbolj poznani sekundarni metaboliti v rastlinah, ki vsebujejo žveplo, so glukozinolati ( $\beta$ -tioglukozidni-N-hidroksisulfati) (Fahey in sod., 2001; Falk in sod., 2004), katerim se v zadnjem obdobju posveča veliko pozornosti, saj imajo njihovi razgradni produkti veliko pozitivnih učinkov na človeški organizem, kot je na primer močna antikancerogena aktivnost. Najdemo jih izključno v dvokaličnicah z najvišjimi koncentracijami v družinah Resedaceae, Capparidaceae in Brassicaceae (Brown in Morra, 1995). Opisanih in izoliranih je bilo že več kot 120 različnih glokozinolatov v različnih vrstah reda Capperales (Fahey in sod., 2001) oziroma reda z novim taksonomskim imenom Brassicales (Agerbirk in sod., 2008), med katerimi so najznačilnejši predstavniki iz družine Brassicaceae. Med omenjenimi rastlinami najdemo predstavnike številnih poljščin, ki jih pogosto uporabljamo v živalski in humani prehrani, nekatere zelo poznane vrtnine, pa tudi plevele (Požrl, 2009). Glukozinolati imajo zelo podobno osnovno strukturo (slika 1), ki je sestavljena iz  $\beta$ -D-glukopiranoznega ostanka, povezanega preko žvepla na (Z)-*cis*-N-hidroksiaminosulfatni ester, z zelo heterogeno kemijsko zgradbo, ki se med seboj razlikuje po različni stranski verigi (R), ki je lahko ena izmed mnogih aminokislin (Falk in sod., 2004). Naravni glukozinolati so izključno  $\beta$ -D-glukopiranozili (Verkerk in Dekerr, 2008). Poleg alkaloidov in drugih spojin spadajo glukozinolati med sekundarne metabolite, ki vsebujejo dušik in izvirajo iz aminokislin (Zenk in Juenger, 2007). Uvrščamo jih med tioglikozide (Robertson in Botting, 1999). Strukturna heterogenost glukozinolatov je posledica

variabilne stranske verige, ki definira tudi biološko aktivnost razgradnih produktov (Verkerk in Dekerr, 2008).



Slika 1: Osnovna struktura glukozinolatov (Robertson in Botting, 1999)  
Figure 1: Common structure of glucosinolates (Robertson and Botting, 1999)



Slika 2: Kemijska struktura R-skupine glukozinolatov, analiziranih v disertaciji (Cataldi in sod., 2007; Hong in sod., 2011)  
Figure 2: Chemical structures of R-group of glucosinolates analyzed in the dissertation (Cataldi et al., 2007; Hong et al. 2011)

Na podlagi R skupine jih lahko delimo v tri osnovne kategorije: alifatske, indolne (heterociklične) in aromatske (Bennett in sod., 2006) oziroma še nekoliko podrobneje po kemijski strukturi stranskih verig: veriga z žveplom, alifatska ravna veriga, alifatska razvejana veriga, olefinska veriga z ravno oziroma razvejano strukturo ali s hidroksilno skupino, alifatska ravna ali razvejana veriga s strukturo alkohola, alifatska ravna veriga z okso skupino, aromatska veriga,  $\omega$ -hidroksi alkilna veriga, indolna veriga ter večkrat glikozilirana veriga in druge (Fahey in sod., 2001; Požrl, 2009). Alifatski glukozinolati izhajajo iz metionina, indolni iz triptofana in aromatski iz fenilalanina (Jones in sod.,

2006). Alifatske glukozinolate najdemo predvsem v nadzemnih poganjkih, aromatski se v večini nahajajo v koreninah, medtem ko so indolni prisotni v vseh tkivih, vendar v nizkih koncentracijah (Kirkegaard in Sarwar, 1998). Vsebnost glukozinolatov daje značilen okus vsem križnicam, pridelanim za namen solat, kot je na primer rukvica (vrste *Eruca* in *Diplotaxis*), ki vsebuje 4-metiltiobutil glukozinolat (Traka in Mithen, 2009; Fahey in sod., 2001).

### 2.3.1 Funkcija glukozinolatov v rastlinah

Vsebnost glukozinolatov v rastlinah je približno 1 % suhe mase v tkivih zelenjave iz rodu *Brassica* (Fahey in sod., 2001; Rosa in sod., 1997), vendar se lahko približa tudi 10 % v semenih nekaterih rastlin, v katerih glukozinolati lahko predstavljajo polovico vsega žvepla, ki je v semenu (Fahey in sod., 2001).

Na vsebnost glukozinolatov v vrtninah vpliva več dejavnikov. Odvisna je od vrste, sorte, vrste tal, vremenskih razmer med rastjo (Schonhof in sod., 2007), stresnih dejavnikov, kot sta pomanjkanje vode in gostota setve (Kim in sod., 2006), in od načina pridelovanja ter drugih faktorjev (Černe, 1998). Profil in vsebnost posameznih glukozinolatov ter vsebnost skupnih glukozinolatov se lahko močno razlikujejo med sortami rastlin iste vrste (Herrmann, 2010; Padilla in sod., 2007) in tudi glede na fazo rasti in dele rastlin (Rosa in sod., 1996).

Glukozinolati so v vseh delih rastline, vendar v različnih količinah, te so največje v semenih in brstih (Bellostas in sod., 2007). Večino skupnih glukozinolatov v vseh rastlinah predstavlja le eden ali štiri značilni glukozinolati, ostali so zastopani v sledovih (Kusznierewicz in sod., 2008), v eni rastlini pa jih je lahko do 15 različnih. Na vsebnost glukozinolatov vplivajo tudi vrsta tkiva, fiziološka starost in zdravstveno stanje rastlin (Verkerk in Dekerr, 2008). Večina vrst rastlin vsebuje omejeno število različnih glukozinolatov, na splošno manj kot deset različnih (Fahey in sod., 2001). Starost rastline je glavni dejavnik, ki vpliva na kakovost, količino in sestavo glukozinolatov v rastlini. Okoljski dejavniki, kot so rodovitnost tal, vpliv patogenov, poškodbe in rastni regulatorji, imajo signifikanten vpliv na količino specifičnih glukozinolatov v rastočih rastlinah in lahko vplivajo na razporeditev glukozinolatov po različnih organih rastlin (Fahey in sod., 2001).

Na vsebnost glukozinolatov v rastlini in razmerja med različnimi vrstami glukozinolatov v posameznih delih rastline vpliva tudi stres, saj lahko infekcije, poškodbe, intenziteta svetlobe, ekstremne temperature in drugi ekološki faktorji vplivajo na povečanje ali zmanjšanje posameznih glukozinolatov, kar pa istočasno predstavlja zaščito oziroma stresni odgovor rastline na stresne razmere (Chen in Andreasson, 2001; Verkerk in Dekerr, 2008; Požrl, 2009)

Dinamično spreminjanje vsebnosti glukozinolatov v posameznih tkivih je odvisno od regulacije biosinteze, razgradnje in mobilizacije biomolekul (Chen in Andreasson, 2001; Požrl, 2009). V rastlinah lahko prihaja do transporta glukozinolatov iz nekaterih delov in akumulacije v drugih delih (Chen in Andreasson, 2001).

V nepoškodovanih rastlinah so glukozinolati shranjeni kot inertni prekurzor sulforafana in ostalih izotiocianatov. Izotiocianati se sprostitjo, ko so glukozinolati podvrženi hidrolizi encima mirozinaza, to je encim, ki je poleg glukozinolatov prisoten v križnicah (Shapiro in sod., 2001). Glukozinolati so shranjeni v vakuolah rastlinskih celic, vendar ko se celice poškodujejo in so izpostavljeni encimu mirozinazi (tioglukozidaza, prisotna v rastlinah, ki vsebujejo glukozinolate), se hidrolizirajo in oblikujejo izotiocianate (Falk in sod., 2004; Rask in sod., 2000).

Dokazano je bilo, da se dietični glukozinolati pretvorijo v izotiocianate v živalih in ljudeh in da je ta konverzija uravnavana z aktivnostjo mirozinaze v prebavni mikroflori (Shapiro in sod., 2001; Shapiro in sod., 1998). Shapiro in sod. (2001) navajajo, da mirozinaza v nepoškodovanih poganjkih rastlin pomembno prispeva k biorazpoložljivosti izotiocianatov s pospeševanjem njihovega nastanka iz glukozinolatov.

Razgradni produkti glukozinolatov, tako imenovani izotiocianati, so zelo bioaktivni in so pokazali izredno sposobnost vplivanja na procese karcinogeneze z vplivom na vse tri faze: iniciacijo tumorjev, napredovalne in progresivne faze in celo z zatiranjem zadnjih korakov karcinogeneze, kot sta angiogeneza in metastaza (Traka in Mithen, 2009).

Poleg značilnih senzoričnih lastnosti (specifičen vonj in pekoč okus) so bili v zadnjih letih hidrolitični produkti glukozinolatov, kot je na primer sulforafan, identificirani kot spojine, odgovorne za znižanje tveganja raka pri ljudeh, ki so uživali hrano, bogato s križnicami (Falk in sod., 2004; Hecht, 2000).

Izotiocianati so pokazali tudi biološke aktivnosti, ki niso direktno povezane s preventivo raka, med drugimi so to protivnetne lastnosti, antibakterijske lastnosti in lastnost spodbujanja srčnožilnega sistema (Traka in Mithen, 2009). Po svojih bakteriocidnih in fungicidnih lastnostih spadajo med najmočnejše naravne antibiotike v višjih rastlinah (Seigler, 1998). Produkti hidrolize glukozinolatov imajo obrambno vlogo, saj učinkujejo kot repelent in so za herbivore lahko toksični (Taiz in Zeiger, 2002).

Pomembna pa je tudi interakcija glukozinolatov z insekti ali drugimi rastlinami, saj lahko v določenih razmerah delujejo kot alomoni in kairomoni, imajo alelopatsko aktivnost in vplivajo na ovipozicijo (Seigler, 1998; Požrl, 2009). Alomoni so snovi, ki ščitijo rastlino pred napadom na primer insektov, ker onemogočajo, da bi insekti rastlino prebavili in se z njo prehranjevali (jim je toksična). Ravno nasprotno velja za kairomone, ki morajo biti prisotni v rastlini, saj stimulirajo živalski metabolizem. Glukozinolati in njihovi razgradni produkti lahko v kombinaciji z drugimi faktorji delujejo kot stimulansi pri ovipoziciji oziroma izbiri primernege mesta za odlaganje jajčec določenih vrst insektov (Seigler, 1998). Alelopatija je definirana kot vpliv ene rastlinske vrste na drugo vrsto. Številne križnice sproščajo v okolje razgradne produkte glukozinolatov in s tem zavirajo rast drugih rastlin v svoji bližini (Požrl, 2009).

Glukozinolati pa imajo lahko tudi antinutritivne učinke, ki so značilni predvsem za poljščine, ki jih uporabljamo za živalsko krmo. Tako lahko razgradni produkti glukozinolatov negativno vplivajo na prirast živine, sposobnost reprodukcije, povzročajo nepravilnosti na notranjih organih živine, ker delujejo goitrogeno. Intenziteta negativnih



vplivov pa je povezana s količino in vrsto glukozinolatov in njihovim spektrom razgradnih produktov ter pogoji razgradnje glukozinolatov v živalski krmi (Seigler, 1998; Požrl, 2009).

Glukozinolati so zelo stabilni vodotopni prekurzorji izotiocianatov in so tipično prisotni v svežih rastlinah v precej večjih količinah kot njim sorodni izotiocianati (Fahey in sod., 2001). Relativno neaktivni glukozinolati se pretvorijo v izotiocianate med ranitvijo rastline, žvečenjem sveže rastline ali pa s poškodbo rastlinskega tkiva, povzročenege z mečkanjem ali zamrzovanjem, odtajanjem, med samim pridelovanjem, pobiranjem pridelka, transportom ali rokovanjem (Fahey in sod., 2001; Bones in Rossiter, 1996; Rosa in sod., 1997). Te poškodbe sprostitjo mirozinazo (EC 3.2.3.1), glikoprotein, ki je prisoten, vendar fizično ločen od glukozinolatov (Fahey in sod., 2001).

### 2.3.2 Ekstrakcija glukozinolatov

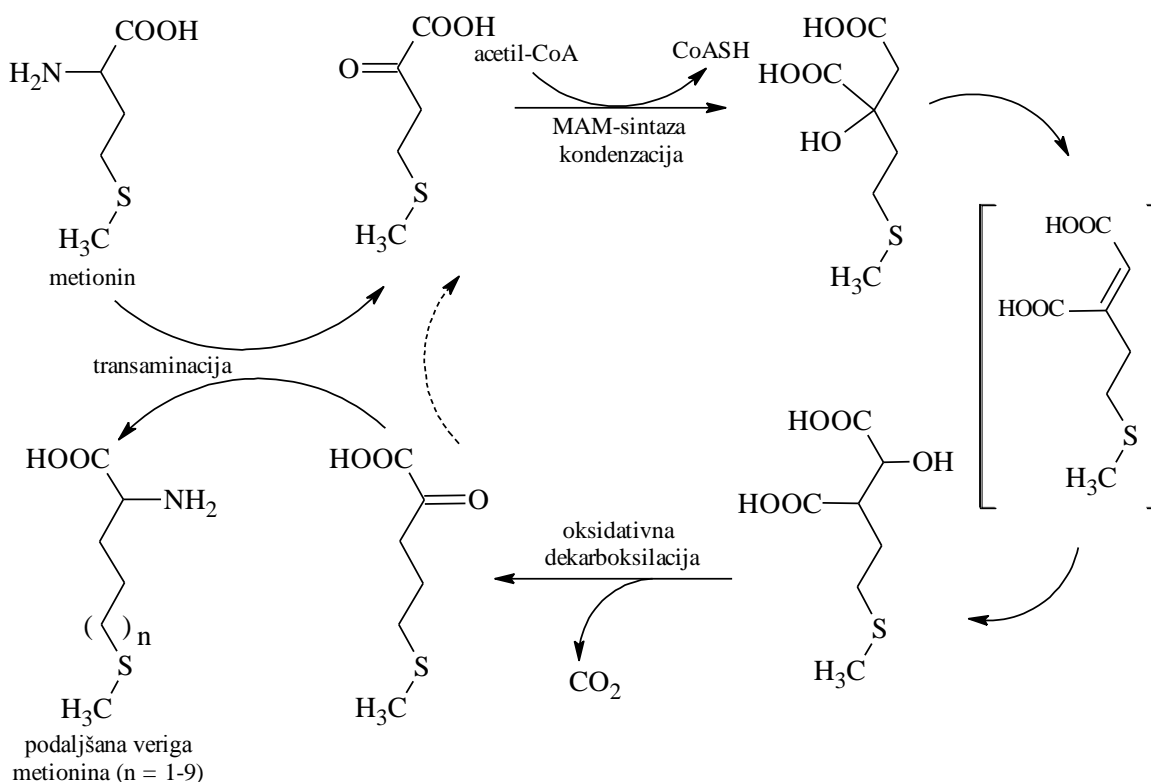
Leta 1984 so G. R. Fenwick in sod. (Norwich, UK) razvili reverzno fazno HPLC, metodo za kvantitativno analizo desulfoglukozinolatov, ki je še danes najbolj uporabljana (Fahey in sod., 2001). Ta metoda izkorišča encimsko desulfacijo rastlinskega ekstrakta, kateremu sledi HPLC detekcija desulfoglukozinolatov (Fahey in sod., 2001). Tipično ta metoda uporablja odzivne faktorje, določene s prečiščenim desulfosinigrinom, in uporablja desulfobenzilglukozinolat kot eksterni standard. Ustreznost retencijskih časov glukozinolatov in primerjava s standardiziranim ekstraktom oljne ogrščice se uporabljata za validacijo kromatografskih profilov (Fahey in sod., 2001).

V listih rukvice (*Eruca sativa*) in tankolistnega dvoredca (*Diplotaxis tenuifolia*) se nahaja glukozinolat glukosativin, ki se po hidrolizi pretvori v 4-merkaptobutilizotiocianat, ki je glavna hlapna substanca iz svežega listnega tkiva in za katero prevladuje mnenje, da je lahko odgovorna za značilen okus in vonj (Bennett in sod., 2002; Bennett in sod., 2006).

### 2.3.3 Biosinteza glukozinolatov

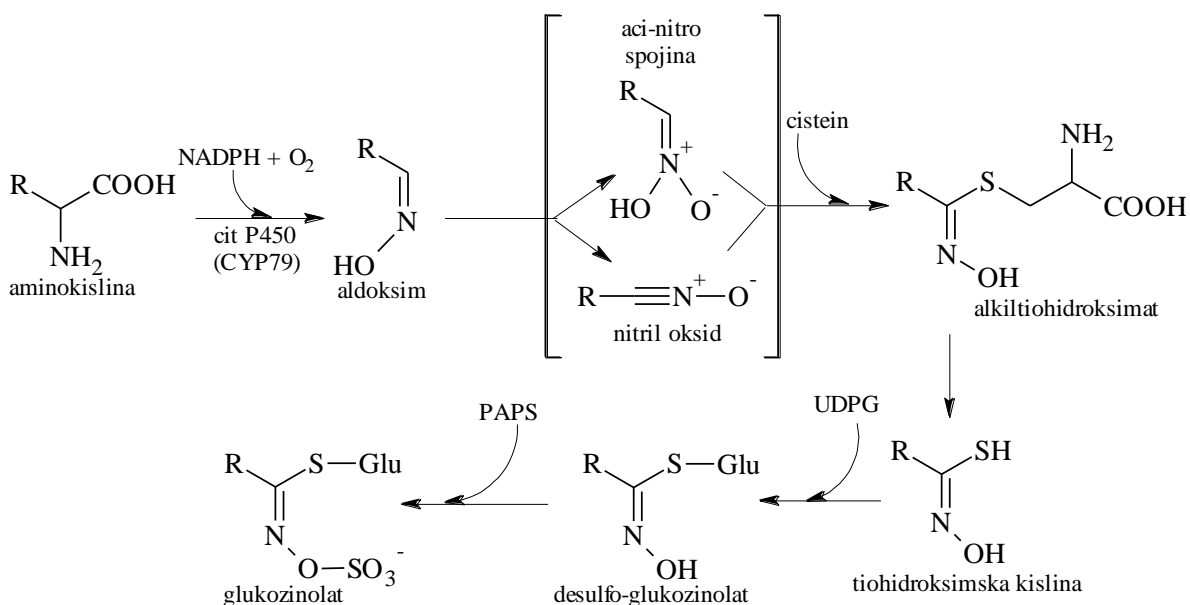
Biosintezo glukozinolatov sestavljajo tri faze (Wittstock in Halkier, 2002; Verkerk in Dekerr, 2008, Požrl, 2009), in sicer: prva faza vključuje podaljševanje verig alifatskih in aromatskih aminokislin z vključevanjem metilne skupine v stransko verigo (slika 3); v drugi fazi se tvori jedro glukozinolatov preko pretvorbe aminokislin v aldoksim (slika 4); tretja faza pa predstavlja pretvorbo aldoksima z reakcijami vstavljanja žvepla, glikozilacije in sulfatacije ter naknadnimi modifikacijami stranskih verig z oksidacijami ali eliminacijami (slika 4).

Danes poznamo deset biosinteznih genov iz rastline *Arabidopsis*, ki kontrolirajo vse tri faze reakcije biosinteze glukozinolatov in njihove pripadajoče encime (Wittstock in Halkier, 2002).



Slika 3: Prva faza biosinteze alifatskih glukozinolatov: podaljševanje metionina. Okrajšava: MAM – metil tioalkil malat (Wittstock in Halkier, 2002)

Figure 3: First stage of glucosinolates biosynthesis: the chain elongation pathway of methionine. Abbreviation: MAM – methylthioalkylmalate (Wittstock and Halkier, 2002)



Slika 4: Druga in tretja faza biosinteze glukozinolatov: tvorba aldoksima in naknadna modifikacija. Okrajšave: cytP450 – citokrom P450, PAPS – 3-fosfoadenozin 5-fosfosulfat, R – stranska veriga, UDPG – uridin difosfat glukoza (Wittstock in Halkier, 2002)

Figure 4: Second and third stages of glucosinolates biosynthesis: glucosinolate core structure and structural changes. Abbreviations: cytP450 – cytochrome P450, PAPS – 3-phosphoadenosine 5-phosphosulfate, R – side chain, UDPG – uridine diphosphate glucose (Wittstock and Halkier, 2002)

### 2.3.4 Glukozinolati, mirozinaza in razgradni produkti hidrolize glukozinolatov

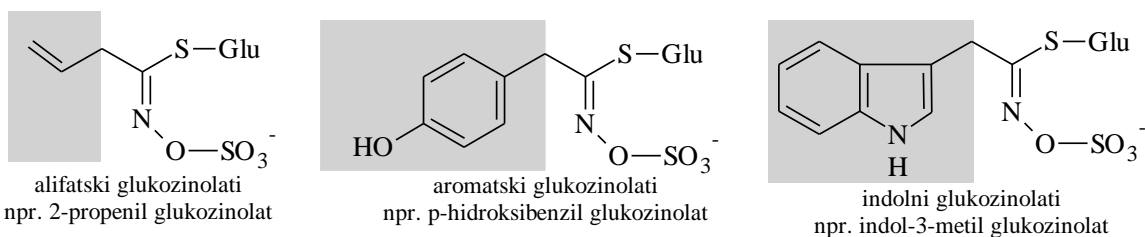
Sekundarni metaboliti, kot so glukozinolati, so klasificirani kot fitoanticipini (med fitoanticipine spadajo tudi cianogeni glikozidi, benzoksazinoid glikozidi in avenakozidi). V rastlinskem tkivu je njihova funkcija zasnovana dvokomponentno, pri čemer sta komponenti prostorsko ločeni in kot taki praktično inertni. Ko pride do poškodbe rastlinskega tkiva, se fitoanticipini bioaktivirajo z delovanjem encimov in tako predstavljajo skoraj trenutno reakcijo rastline na napad herbivorov ali patogenih mikroorganizmov oziroma gre za kemijski obrambni sistem rastline (Morant in sod., 2008; Požrl, 2009). V našem primeru gre za sistem glukozinolati-mirozinaza (tioglukozidaze), ki rastlinam zagotavlja učinkovit obrambni sistem pred herbivori in tudi ostalimi patogeni (Wittstock in Halkier, 2002). Mirozinaza in glukozinolati so v rastlinskih celicah ločeni. Kompartimentizacijo sistema glukozinolat-mirozinaza so dokazali pri preučevani rastlini *Arabidopsis* z identifikacijo celic z visoko vsebnostjo žvepla (S-celic) med floemom in endodermisom v cvetnem stebelu, za katerega se predvideva, da vsebuje visoke koncentracije glukozinolatov ter lokalizacijo mirozinaze v sosednjih celicah (Wittstock in Halkier, 2002). Torej se mirozinaza nahaja v specifičnih mirozimskih celicah, glukozinolati pa so skoncentrirani v specifičnih s-celicah.

Intaktni glukozinolati sami posebej niso toksični, vendar ko pride do poškodbe rastlinskega tkiva (na primer rezanje ali žvečenje), pridejo v stik z encimi mirozinaze in poteče reakcija hidrolize, ki jih spremeni v nestabilne aglikone, ki se pretvorijo v različne bioaktivne in včasih tudi toksične komponente, po navadi so to izotiocianati ali nitrili (Wittstock in Halkier, 2002). Ti hidrolizirani produkti dajejo rastlinam iz družine križnic značilno aromo.

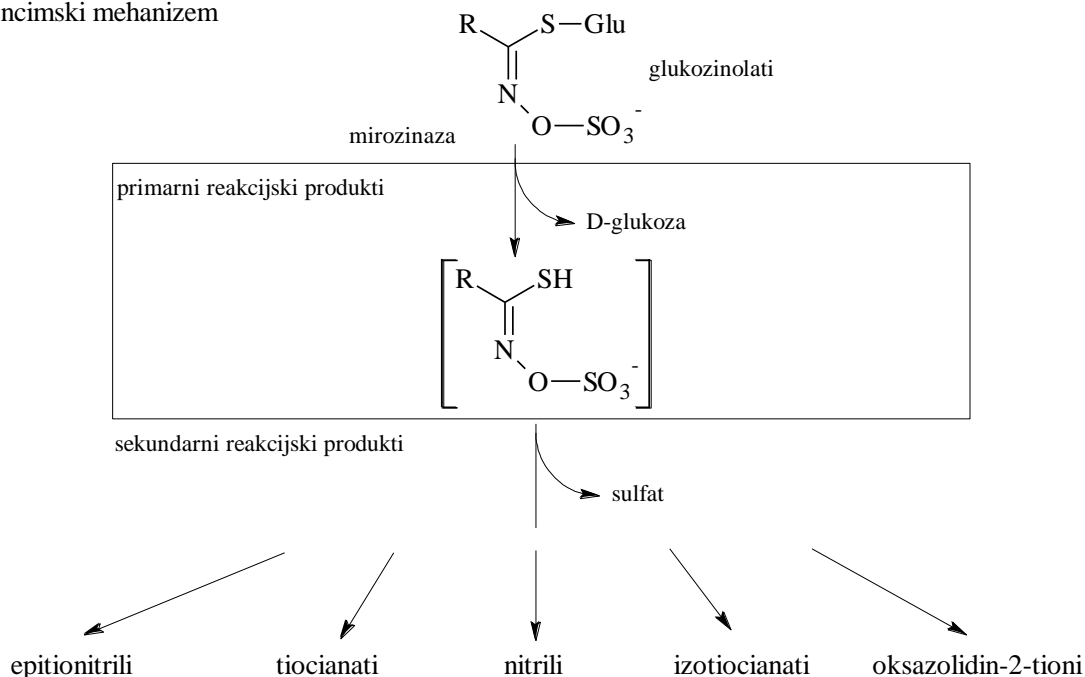
Hidroliza glukozinolatov poteka v dveh fazah (slika 5) (Požrl, 2009): v prvi fazi se odcepi glukoza in nastane nestabilni aglikon (tiohidroksimat-O-sulfat); v drugi fazi nestabilni aglikon v reakcijah tako imenovane Lossenove preureditve odcepi sulfat in razpade na različne razgradne produkte. Na potek razgradnje vplivajo različni faktorji, tako da sta količina razgradnih produktov in njihov spekter lahko zelo raznolika (Požrl, 2009).

Produkti hidrolize so predvsem odvisni od strukture stranske verige glukozinolatov, vendar tudi od vrste rastline in od reakcijskih pogojev, kot je pH (Wittstock in Halkier, 2002). Tvorijo se lahko izotiocianati, oksazolidin-2-tioni, nitrili, epitionitrili, tiocianati in številni drugi produkti (slika 5). Pri nevtralnem pH se nestabilni aglikoni preoblikujejo in tvorijo izotiocianate; če je stranska veriga hidroksilirana na tretjem ogljiku, se zgodi spontana ciklizacija izotiocianatov in se tvorijo oksazolidin-2-tioni. Ob prisotnosti specifičnih spremljevalnih proteinov (angl. epithiospecifier protein-like factor) se formirajo nitrili, ki so bolj pogosti pri nizkem pH (pH<3). Poleg nitrilov se lahko ob vezavi žvepla z dvojno vezjo tvorijo epitionitrili. Nekateri glukozinolati pa se hidrolizirajo do tiocianatov (Wittstock in Halkier, 2002).

A skupine glukozinolatov



B encimski mehanizem



Slika 5: Primeri osnovnih oblik glukozinolatov, potek hidrolize in razgradni produkti hidrolize glukozinolatov (Travers-Martin in sod., 2008)

Figure 5: Examples of aliphatic, aromatic and indolic glucosinolate structures, enzymatic mechanism and metabolites (Travers-Martin et al., 2008)

Mirozinaza je prisotna v vseh rastlinah, ki vsebujejo glukozinolate. Poznanih je več izoencimov. Na intenziteto hidrolize glukozinolatov vpliva aktivnost encima, ta pa je odvisna od vrste, starosti in dela rastline, od količine substrata in koncentracije samega encima ter nekaterih notranjih (kovinski ioni, askorbinska kislina, pH) in zunanjih (temperatura) dejavnikov (Požrl, 2009). Aktivnost mirozinaze kmalu po mehanski poškodbi hitro pade, saj naj bi jo inaktivirali produkti hidrolize, aktivnost pa se zmanjša tudi zaradi porabe glukozinolatov, na kar kažejo tudi raziskave o korelaciji med vsebnostjo skupnih glukozinolatov in aktivnostjo encima ter med vsebnostjo določenih glukozinolatov in encimsko aktivnostjo (Li in Kushad, 2004; Požrl, 2009).

Različne vrste vrtnin vsebujejo različne glukozinolate in v različnih količinah. Glukorafanin (slika 2), bioprekurzor sulforafana, je najbolj zastopan glukozinolat v brokoliju in ga povezujejo z zmanjšanim tveganjem za nastanek rakavih obolenj ter izboljšanim delovanjem jeter (Hussein in sod., 2010; Song in sod., 2005). Bell in Wagstaff (2014) poročata, da je glukorafanin poleg glukosativina in glucoerucina najbolj zastopan glukozinolat v rastlinah tankolistnega dvoredca. Zaradi razgradnih produktov izotiocianatov, ki nastanejo s pomočjo delovanja encima mirozinaze, je pomembna identifikacija akcesij rukvice, ki vsebujejo nadpovprečne količine erucina. Tako bi poznavanje vsebnosti glukorafanina v akcesijah rukvice lahko bilo pomemben korak k žlahtnjenju super varietet rukvice, namenjene prehrani ljudi (Bell in Wagstaff, 2014).

Glukoalizin (slika 2) je vmesni glukozinolat pri sintezi glukobrasikanapina in je v rastlinah manj zastopan kot glukorafanin. Poroča se, da ga je v listih nekaterih varietet *Brassica rapa* manj kot 20 % od skupnih glukozinolatov in ga povezujejo tudi z grenkim okusom varietet, ki ga vsebujejo v večjih količinah (Padilla in sod., 2007). Je tudi negativno povezan z intenziteto arome v listih tankolistnega dvoredca (Pasini in sod., 2011).

Glukonapin (slika 2) spada med alifatske glukozinolate. S hidrosilacijo stranske verige glukonapina nastane progoitrin, ki velja za anti-nutritivni glukozinolat. Ta reakcija lahko nastane zaradi pomanjkanja žvepla, ki je odgovorno za zmanjšanje akumulacije alifatskih glukozinolatov, medtem ko večja dostopnost dušika pospešuje reakcijo hidrosilacije. Na razmerje vsebnosti glukonapina in progoitrina vplivajo rastne razmere (okoljski stres) močnejše kot na primer na glukozinolat glukorafanin. Glukorafanin je tudi prekurzor glukonapina pri biosintezi glukozinolatov. Varietete *Brassica rapa*, ki vsebujejo večje količine glukonapina, so po navadi po okusu tudi bolj grenke, kar povezuje glukonapin z zaznavanjem grenkega okusa v zelenjavi, ki ga vsebuje (Padilla in sod., 2007).

Glukosativin (slika 2) ima glavno vlogo pri zaznavanju grenkega okusa v listih tankolistnega dvoredca in je tudi tipičen predstavnik glukozinolatov v tankolistnem dvoredcu, kateremu daje tudi značilno aromo in okus (Pasini in sod., 2011). Po hidrolizi glukosativina nastane izotiocianat sativin, hlapna in zelo pekoča substanca, ki je delno odgovorna za vonj po rukvici (Bennett in sod., 2007).

Glukoerucin (slika 2) je še en tipičen predstavnik glukozinolatov v tankolistnem dvoredcu in je lahko prekurzor glukorafanina in glukosativina, ki sta tudi prisotna v tankolistnem dvoredcu (Bennett in sod., 2007; Bell in Wagstaff, 2014). Tudi glucoerucin in njegovi razgradni produkti (erucin) so tisto, kar daje tankolistnemu dvoredcu značilen okus.

### 3 MATERIAL IN METODE

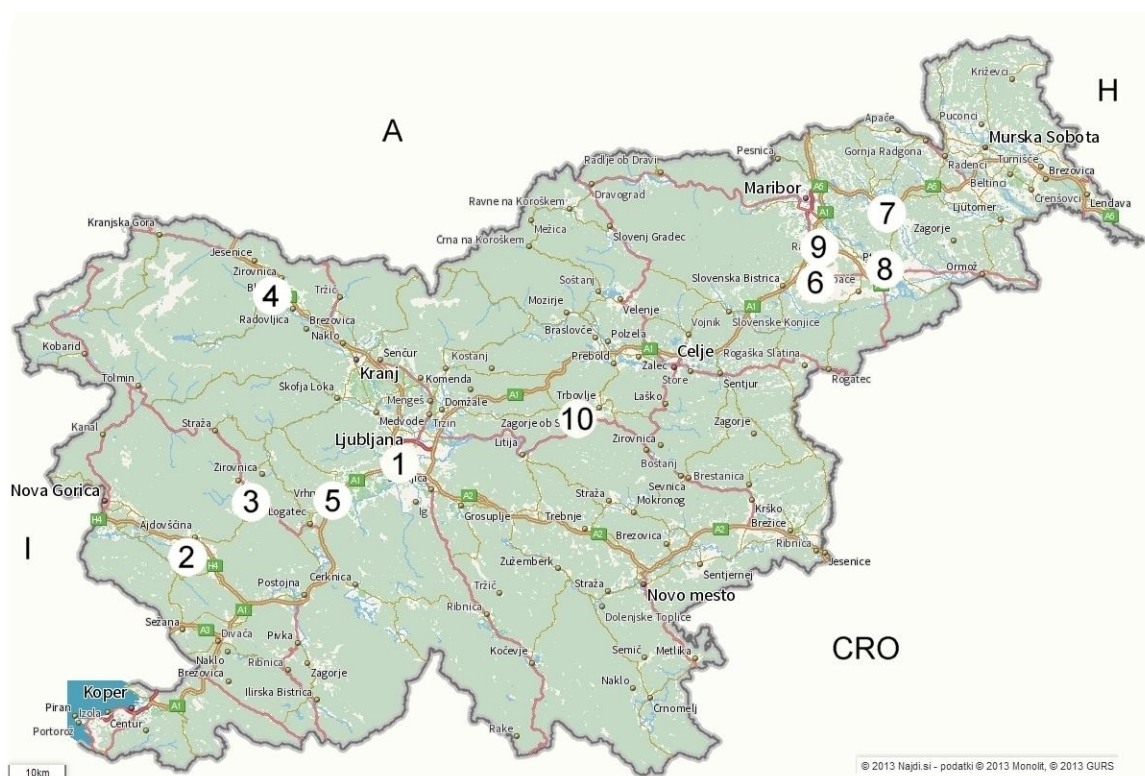
#### 3.1 LOKACIJA

Raziskavo smo izvedli v neogrevanem steklenjaku Biotehniške fakultete v Ljubljani (300 m<sup>2</sup>, 45° zemeljske širine) in laboratoriju oddelka za agronomijo. Gojenje tankolistnega dvoredca je potekalo od konca marca do julija (27. 03.–23. 07. 2008).

#### 3.2 MATERIAL

##### 3.2.1 Rastlinski material

Izbrali smo rastlinski material (semena), ki so nam ga posredovali sodelavci Genske banke kmetijskih rastlin na Kmetijskem inštitutu Slovenije – KIS. Semena so bila nabrana na območju Slovenije, in sicer v Ljubljani, Ajdovščini (Planina), Ajdovščini (Godovič), na Bledu, Vrhniki, Pragerskem, v Bišu, na Ptuju, v Račah in Zagorju ob Savi. Nekaj rastlinskega materiala (semena) smo dodatno uporabili zaradi primerjave, in sicer iz semenskih hiš Franchi sementi (vzorec K1) in Sementi Dotto (vzorec K2). Naša izbira temelji na geografski raznolikosti akcesij (domače akcesije) (slika 6, preglednica 2).



Slika 6: Prikaz območij, kjer so bila nabrana semena akcesij po Sloveniji. (Kart. podloga, Najdi.si zemljevid, 2013) Legenda: 1 - Ljubljana, 2 - Ajdovščina (Planina), 3 - Ajdovščina (Godovič), 4 - Bled, 5 - Vrhnika, 6 - Pragersko, 7 - Biš, 8 - Ptuj, 9 - Rače in 10 - Zagorje ob Savi

Figure 6: Display of areas in which seeds of accessions were collected in Slovenia (Kart. podloga, Najdi.si zemljevid, 2013) Legend: 1 - Ljubljana, 2 - Ajdovščina – Planina, 3 - Ajdovščina – Godovič, 4 - Bled, 5 - Vrhnika, 6 - Pragersko, 7 - Biš, 8 - Ptuj, 9 - Rače in 10 - Zagorje ob Savi

Morfološke informacije o akcesijah, ki smo jih uporabili v naši raziskavi, najdemo v preglednici 2, v večini je bil habitus pol pokončen, dolžina listov je bila kratka do srednja, akcesije so pozno uhajale v cvet, večinoma pa so bile pekočega okusa (Ugrinović in Škof, 2012).

Preglednica 2: Glavne značilnosti akcesij tankolistnega dvoredca, shranjenega v Slovenski rastlinski genski banki na KIS-u (Ugrinović in Škof, 2012). Okrajšava: GB KIS – oznaka v genski banki; nmv – nadmorska višina  
Table 2: Main characteristics of wild rocket accessions in the Slovene Plant Gene Bank at the Agricultural Institute of Slovenia and passport data (Ugrinović and Škof, 2012). Abbreviation: GB KIS – accession description in a Gene Bank; nmv – m above sea level

Domače akcesije	GB KIS	Habitus	Dolžina listov	Uhajanje v cvet	Okus	Podatki nahajališča			
						Habitat	Longituda	Latituda	nmv
1	Dx-4	pol pokončen	kratki kratki	srednje	zelo pekoč	ob poteh	4608--N	01450--E	300
2	Dx-8	pol pokončen	do srednji kratki	pozno	pekoč	ob poteh	4587--N	01390--E	100
3	Dx-9	pol pokončen	do srednji kratki	pozno	pekoč	ob poteh	4589--N	01394--E	280
4	Dx-10	pol pokončen	do srednji kratki	pozno	pekoč	ob poteh	4637--N	01413--E	500
5	Dx-12	do pol pokončen	do srednji kratki	pozno	zelo pekoč	ob poteh	4596--N	01428--E	350
6	Dx-13	pol pokončen	do srednji kratki	pozno	pekoč	ob železniški progi	4639--N	01566--E	250
7	Dx-14	pol pokončen	do srednji kratki	pozno	pekoč	ob poteh	4596--N	01428--E	350
8	Dx-15	do pol pokončen	do srednji kratki	pozno	prazen prazen	ob poteh	4639--N	01566--E	250
9	Dx-16	pol pokončen	do srednji kratki	pozno	do prijeten	ob železniški progi	4653--N	01589--E	220
10	Dx-17	pol pokončen	do srednji	pozno	prazen	ob železniški progi	4641--N	01591--E	220

### 3.3 METODE DELA

Pri 12 vzorcih tankolistnega dvoredca smo zatehtali dvakrat po 0,75 grama semena. Stehtano seme smo dali v petrijevke s po dvema filtrirnima papirjema, namočenima z destilirano vodo. Vzorce semen smo tako pustili kaliti tri dni pri sobni temperaturi (20–24 °C), da se je iz semen pojavila koreničica (radikula).

S šoto (Humisubstrat N2, Klasmann & Deilmann) smo napolnili 24 gojitvenih plošč s 160 vdolbinami (volumen vdolbine je bil 18 mL) in 24 gojitvenih plošč s 84 vdolbinami (volumen vdolbine je bil 35 mL). S kameno volno smo napolnili 24 gojitvenih plošč s 160 in 24 gojitvenih plošč s 84 vdolbinami. S perlitom (Agrilit<sup>®</sup>, Perlite Italiana S.r.l. s.u.) smo ravno tako napolnili 24 gojitvenih plošč s 160 vdolbinami in 24 gojitvenih plošč s 84 vdolbinami, katere smo kasneje izločili iz poskusa.

Plavajoči sistem smo postavili na gojitveni mizi z merami 1000 cm (d) x 150 cm (š) x 3 cm (v) in je imel volumen 450 litrov hranilne raztopine, dodaten plavajoči sistem pa smo postavili na prirejeni gojitveni mizi z merami 200 cm (d) x 150 cm (š) x 3 cm (v) in je imel volumen 90 litrov hranilne raztopine. V hranilno raztopino smo neprekinjeno dovajali tudi zrak preko zračnega kompresorja in razpršilcev (difuzorjev) zraka. Začetna koncentracija hranilne raztopine je bila 100 ppm posameznega hranila vodotopnega gnojila NPK (18:18:18 + mikroelementi) (Kristalon<sup>TM</sup>). Tako smo pri postavitvi v velikem bazenu raztopili 250 g, v malem pa 50 g gnojila NPK. Med rastjo smo koncentracijo hranilne raztopine merili z EC-metrom in po potrebi dodajali hranila s prej omenjenim gnojilom. Poleg koncentracije smo merili še pH in temperaturo hranilne raztopine ter temperaturo zraka v rastlinjaku, v katerem je potekal poskus. Previsok pH hranilne raztopine smo zniževali z dodajanjem 93 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> v koncentraciji 50 ml/1000 litrov vode. Šoto smo dognojevali s hranilno raztopino NPK (18:18:18 + mikroelementi) v koncentraciji 100 ppm (5,5 g NPK/10 L vode). Površina gojitvene mize, na kateri so bile gojitvene plošče, napolnjene s šoto, je bila 800 cm (d) x 150 cm (š) (to je 12 m<sup>2</sup>). Gojitvene plošče, napolnjene s šoto, smo dognojevali s 30 litri hranilne raztopine tedensko (koncentracija 100 ppm).

Zaradi slabe kalivosti semen tankolistnega dvoredca smo se odločili za dosejevanje gojitvenih plošč. Ponovno smo zatehtali slabše kalivo seme dvakrat po 0,75 grama in ga potresli po filter papirju v petrijevkah ter ga zalili s 5 ml giberelinske kisline (GA<sub>3</sub>) v koncentraciji 5 mg/L destilirane vode in pustili kaliti tri dni. Nakaljena semena smo po treh dneh dosejali v gojitvene plošče, in sicer po eno seme na vdolbino. Vsa obravnavanja so bila poškrabljena s Confidorjem (Bayer CropScience) proti mušicam, v samem rastlinjaku pa smo obesili tudi rumene in bele lepljive plošče proti letečim škodljivcem. Rez listov smo opravili v stadiju od 5 do 7 pravih listov, in sicer dve rezi na kameni volni in eno rez na šoti. Prva rez na šoti je bila izvedena po 68-ih dneh, na kameni volni pa po 54-ih dneh rasti. Pri vsaki rezi smo stehali maso listov. Vzorce prve rezi na šoti, kameni volni in vzorce druge rezi na kameni volni smo na grobo narezali in spravili v PE vrečke in jih zmrznili na - 20 °C v hladilnici, kjer so počakali na nadaljnje analize vsebnosti glukozinolatov v listih. Rastline, ki so v času rezi zacvetele, nismo vključili v analizo glukozinolatov. Za analizo glukozinolatov smo uporabili vzorce prve rezi na šoti in kameni volni ter druge rezi na kameni volni, posejane na gojitvenih ploščah s 160 vdolbinami.



Ko smo v gojitvene plošče posejali vse vzorce, smo v plavajočem sistemu zagotavljali enakomerno količino in koncentracijo hranilne raztopine (v začetku 100 ppm gnojila NPK 18:18:18), v katero smo neprekinjeno tudi dovajali zrak (aerirali). Pri konvencionalnem gojenju v šoti smo zagotavljali redno površinsko zalivanje in tedensko zalivanje s hranilno raztopino (NPK 18:18:18 v koncentraciji 5,5 g/10 L vode). Zaradi slabega vznika in posledično slabe popolnjenosti gojitvenih plošč z rastlinami smo vzorce tankolistnega dvoredca, posejane na perlitu, opustili iz poskusa.

Spremljali smo pH in EC ter temperaturo hranilne raztopine v plavajočem sistemu in temperaturo zraka v rastlinjaku.

### 3.4 POTEK POSKUSA

#### 3.4.1 Merjenje agronomskih lastnosti

Pri agronomskih lastnostih tankolistnega dvoredca smo izmerili odstotek vznika, po opravljeni rezi listov pa maso listov na šoti in kameni volni pri prvi rezi ter na kameni volni pri drugi rezi. Izmerili smo tudi pridelek v g/m<sup>2</sup> pri obeh tehnologijah gojenja. Izmerili smo še odstotek rastlin, ki so v času rezi zacvetele, in odstotek suhe snovi v listih ter dolžino rastne dobe rastlin ob tehnološki zrelosti rastlin pri obeh tehnologijah gojenja.

#### 3.4.2 Vzorčenje materiala

Za namen analize glukozinolatov smo vzorčili rastline v tehnološki zrelosti, v fazi od 5 do 7 pravih listov, katere smo porezali od 15 do 20 mm nad rastnim vršičkom. Vzorce smo ohladili in prenesli v zamrzovalno komoro, kjer smo jih zamrznili na - 20 °C za nadaljnje analize.

#### 3.4.3 Določanje glukozinolatov v listih

Glukozinolate v listih tankolistnega dvoredca smo z malimi modifikacijami določili po metodi, ki jo navajajo Gratacós-Cubarsí in sod. (2010). Zatehtali smo 1,5 g listov zmrznjenega vzorca in jih s pomočjo tekočega dušika v terilnici zmleli do finega prahu. Zmleti vzorec smo dali v centrifugirno tubico in dodali 7,5 ml mrzlega (4 °C) metanola. Vzorec smo dali v toplo kopel na 70 °C za 15 min in ga vsakih 5 min premešali. Vzorec smo ohladili v ledeni kopeli in centrifugirali na 10000 rpm pri 4 °C za 10 min. Odpipetirali smo 4 ml supernatanta in ga evaporirali do suhega na rotavaporju. Vzorec smo rekonstruirali z 2 ml metanola in ga prefiltrirali skozi 0,2 µm filter v 1,5 ml vialo. Kot eksterni standard smo uporabili sinigrin (Sigma Aldrich Chemie GmbH, Steinheim, Germany). Vzorce smo analizirali na HPLC sistemu in koncentracijo posameznih glukozinolatov izračunali po metodi eksterne standarda.

#### 3.4.4 HPLC-MS analiza

Analize glukozinolatov smo opravili na HPLC-MS (tekočinska kromatografija visoke ločljivosti) Thermo Finnigan Surveyor instrument, (Thermo Scientific, San Jose, USA).

Uporabili smo HPLC kolono C18 (150 x 4.6 mm, 3 $\mu$ m, Gemini), zaščiteno z Phenomenex security guard kolono, delujočo pri 40 °C.

Injeciran volumen je bil 10  $\mu$ L in pretok črpanja 0,8 mL/min. Ekstrakcija je bila opravljena z mobilno fazo A (0,1 % mravljične kisline in 3 % acetonitrila v vodi, v/v/v) in mobilno fazo B (0,1 % mravljične kisline in 3 % vode v acetonitrilu, v/v/v) s sledečim gradientom: začetek s 100 % A, linearni gradient do 50 % A pri 15-ih min, nato linearni gradient do 75 % A pri 18-ih min, ter nato linearni gradient do 100 % A pri 20-ih min (Gratacós-Cubarsí in sod. (2010) z modifikacijami). Celoten čas analize je bil 23 min. Vsa topila so bila HPLC čistosti.

Posamezne glukozinolate v vzorcih smo določili na masnem spektrometru – MS (Thermo Scientific, LCQ Deca XP MAX) z uporabo ESI (angl. electrospray ionization) v negativnem načinu (ESI<sup>-</sup>). ESI nastavljeni parametri so bili: napetost na konici, 2,6 kV; nosilni plin (N<sub>2</sub>), 20 psi; pomožni plin (N<sub>2</sub>), 5 psi; in temperatura kapilare 270 °C. Snemanje celotnega spektra (angl. full-scan) smo izvedli v masnem območju od *m/z* 100 do 500. MS spekter in njihovi MS<sup>2</sup> fragmenti so bili primerjani z obstoječimi informacijami iz literature (Bennett in sod., 2006), kar nam je omogočilo identifikacijo ločenih individualnih vrhov glukozinolatov. Kvantifikacijo smo izvedli s snemanjem celotnega masnega spektra (angl. MS full scan). Rezultate vsebnosti glukozinolatov smo ovrednotili s pomočjo umeritvene krivulje (pri *m/z* 358 v negativnem ionskem načinu), od 2 do 2000 mg/mL, s štirimi koncentracijami eksterne standardnega vzorca sinigrina.

### 3.5 RASTNE RAZMERE V ČASU POSKUSA

V prilogi A2 smo v preglednici prikazali klimatske razmere v času poskusa. Iz preglednice razberemo, da so se temperature v rastlinjaku proti koncu maja in v juniju močno dvignile. Iz priloge je tudi razvidno, da voda v plavajočem sistemu deluje kot nekakšen blažilnik visokim temperaturam zraka v prostoru, saj je temperatura hranilne raztopine manj nihala kot temperature zraka.

### 3.6 MERITVE IN OBDELAVA PODATKOV

Podatke smo analizirali in statistično obdelali s programom Statgraphic plus 4.0 (Statistical Graphics Corporation), pri čemer smo upoštevali, da na vsebnost glukozinolatov vplivajo izvor nabranega semena vzorca, tehnologija gojenja (na šoti – konvencionalno; na kameni volni – plavajoči sistem) in število rezi (prva in druga rez). Pri obdelavi podatkov smo opravili analizo variance (ANOVA) več dejavnikov ter s poskusom mnogoterih primerjav (Duncanov test pri 5 % tveganju) ugotovili, katera obravnavanja se med seboj statistično značilno razlikujejo.

Pri vrednotenju pridelka smo naredili preračun na m<sup>2</sup>, pri čemer smo upoštevali, da je površina šestih gojitvenih plošč enaka 1 m<sup>2</sup>. To je pomenilo pri gojitvenih ploščah s 84 vdolbinami gostoto 504 rastlin/m<sup>2</sup>, pri gojitvenih ploščah s 160 vdolbinami pa gostoto 960 rastlin/m<sup>2</sup>.

## 4 REZULTATI

### 4.1 AGRONOMSKE LASTNOSTI

#### 4.1.1 Vznik tankolistnega dvoredca

Povprečni vznik pri preučevanih vzorcih smo ovrednotili s primerjavo, koliko semen je bilo posejanih in koliko jih je dejansko vzkalilo. Med tehnologijami gojenja so bile statistično značilne razlike (slika 7). Najboljši vznik je v povprečju bil na kameni volni (50 %), sledil je vznik na šoti (37 %), najslabši vznik pa je bil dosežen na perlitu (16 %). Prav tako so bile statistično značilne razlike v vzniku pri različnih gostotah sejanja oziroma pri različno velikih vdolbinah na gojitvenih ploščah (slika 7). V povprečju je bil vznik boljši pri gostejši setvi (160 vdolbin) (40 %) kot pri redkejši setvi (84 vdolbin) (29 %). V preglednici 3 je ANOVA pokazala, da je prišlo do interakcij med vzorci in tehnologijo gojenja ter tehnologijo in gostoto setve.

Preglednica 3: *p*-vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije odstotka vznika tankolistnega dvoredca

Table 3: ANOVA *p*-values for main effects and interactions for % of germination of wild rocket

Parameter	Glavni vplivi			Interakcije			
	Vzorec	Tehnologija	Gostota	Vzorec tehnologija	Vzorec gostota	Tehnologija gostota	Vzorec tehnologija gostota
% vznika	$p < 0,0000$	$p < 0,0000$	$p < 0,0000$	$p < 0,0003$	NS	$p < 0,0000$	$p < 0,0022$

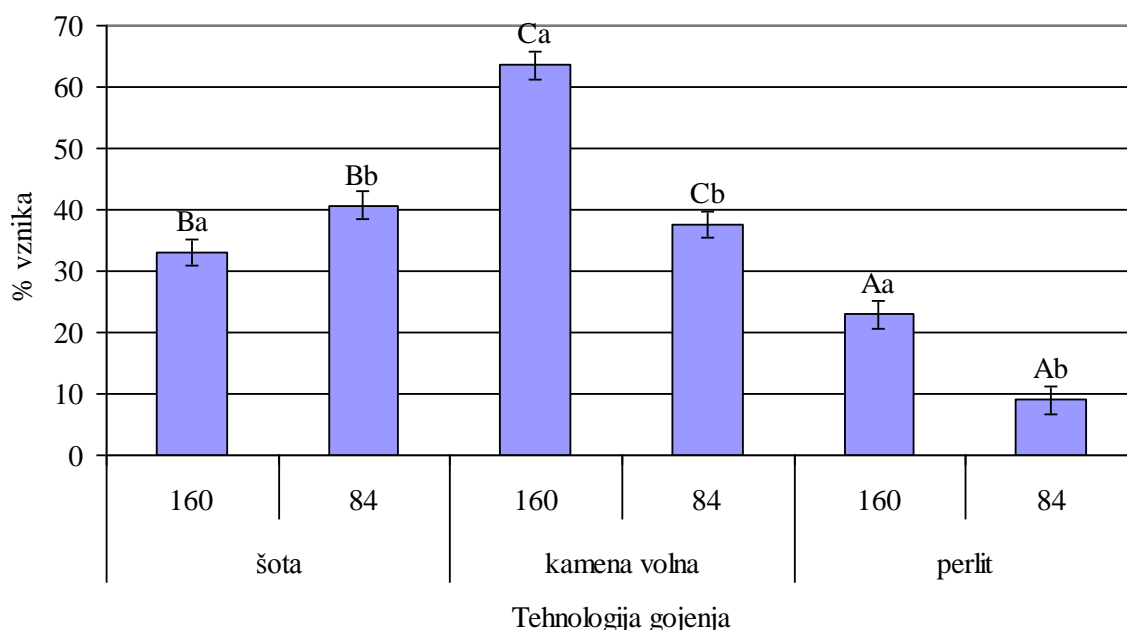
Razlike so bile statistično značilne tudi med posameznimi vzorci (preglednici 3 in 4 ter slika 8), kjer je bil povprečni vznik med vzorci od 15 % pa do 93 %. Iz preglednice 4 in slike 8 in 9 je razvidno, da sta tudi kontrolna vzorca K1 in K2 imela slabši vznik na perlitu, zaradi česar smo nadaljnje analize na perlitu izločili iz poskusa. Vznik je bil od samo 9 % na perlitu na gojitveni plošči s 84 vdolbinami do 64 % na kameni volni na gojitveni plošči s 160 vdolbinami (preglednica 4). Na šoti je bil vznik boljši (41 %) pri ploščah s 84 vdolbinami kot pri ploščah s 160 vdolbinami (33 %) (preglednica 4). Pri kameni volni (64 %) in perlitu (23 %) je bil vznik boljši pri gostejši setvi (160 vdolbin na gojitveno ploščo) kot pri manjši gostoti (84 vdolbin na gojitveno ploščo) (38 % na kameni volni in 9 % na perlitu) (preglednica 4). Primerjava med vzorci je pokazala, da je bil v povprečju najboljši vznik zabeležen pri akcesiji 1 (46 %), medtem ko je bil pri akcesiji 2 in 8 najslabši (15 %). Kontrolna vzorca sta imela najboljši povprečni vznik (K2 77 % in K1 93 %).

Preglednica 4: Povprečni % vznika z  $\pm$  intervali standardne napake (SE) pri vzorcih semen tankolistnega dvoredca na substratih: šoti, kameni volni in perlitu na gojitvenih ploščah s 160 in 84 vdolbinami  
Table 4: Average % of germination with intervals of  $\pm$  standard error of wild rocket growing on different substrates and densities

Vzorec		Šota				Kamena volna				Perlit			
		160		84		160		84		160		84	
		$\bar{x}$	$\pm$ SE	$\bar{x}$	$\pm$ SE	$\bar{x}$	$\pm$ SE	$\bar{x}$	$\pm$ SE	$\bar{x}$	$\pm$ SE	$\bar{x}$	$\pm$ SE
1	c	40,0	0,6	86,9	13,1	100,0	0,0	30,4	18,5	17,8	7,2	1,8	1,8
2	a	14,7	2,2	14,3	8,3	35,6	12,5	20,2	1,2	6,6	1,6	1,2	1,2
3	b	20,0	8,1	42,3	7,7	82,2	17,8	31,5	4,2	19,7	0,9	3,0	1,8
4	ab	10,3	4,1	33,9	11,3	61,3	38,8	31,0	4,8	10,0	0,0	0,0	0,0
5	a	10,9	5,3	20,2	14,3	32,8	0,3	33,3	15,5	11,9	6,3	1,2	0,0
6	ab	11,3	8,1	16,1	8,9	75,6	24,4	8,3	0,0	14,7	0,3	2,4	1,2
7	a	20,0	3,1	22,6	4,8	44,1	10,3	16,7	2,4	8,4	1,6	0,6	0,6
8	a	23,1	9,4	15,5	8,3	26,6	15,9	9,5	1,2	16,3	5,6	2,4	1,2
9	ab	15,9	0,9	11,9	2,4	64,4	21,9	33,3	13,1	26,6	5,9	2,4	0,0
10	ab	29,7	1,6	25,0	6,0	39,7	4,1	36,3	0,6	13,4	4,7	1,8	0,6
K1	e	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	58,9	12,5
K2	d	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	29,4	0,6	32,1	2,4
Povp.		33,0	6,6	40,7	7,1	63,5	6,6	37,5	6,4	22,9	5,1	9,0	3,7
		<b>Ba</b>		<b>Bb</b>		<b>Ca</b>		<b>Cb</b>		<b>Aa</b>		<b>Ab</b>	

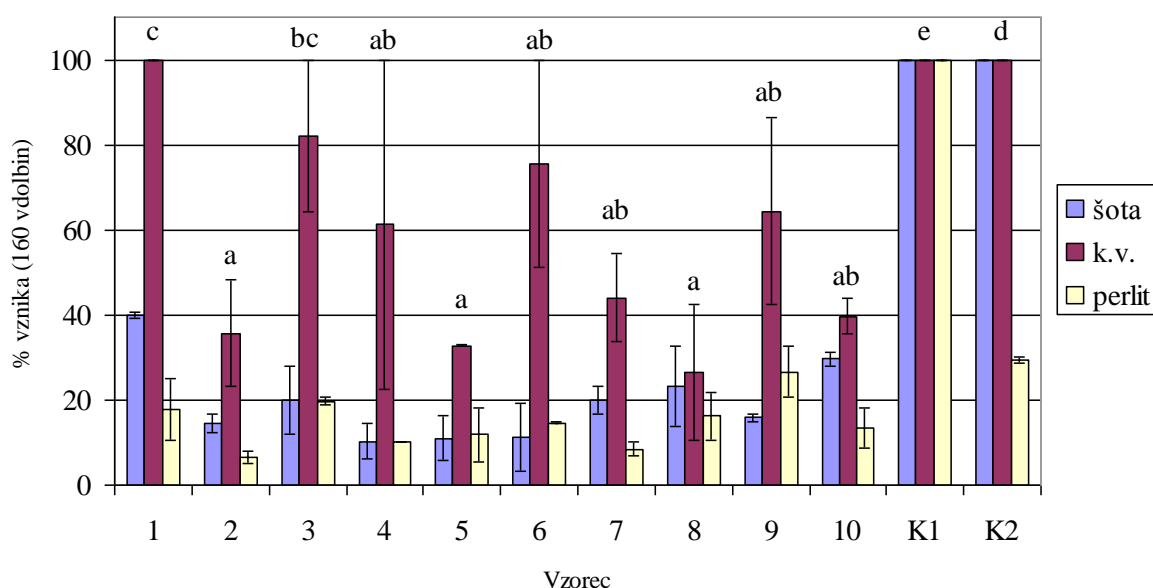
Različne črke pri posameznih vzorcih pomenijo statistično značilne razlike pri 95 % zaupanju (a, b, c, d, e) za povprečni vznik na vseh obravnavanih tehnologijah skupaj pri vzorcih, (A, B, C) za povprečni vznik med tehnologijami, (a, b) za povprečni vznik med gostoto setve

Different letters by the samples mean significant differences at 95 % confidential level (a, b, c, d, e) for average % of germination of samples grown on all systems together, (A, B, C) for average germination between growing systems, (a, b) for average germination between growing densities



Slika 7: Razlika v odstotku vznika pri različnih tehnologijah na gojitvenih ploščah s 160 in 84 vdolbinami  
Različne črke pomenijo statistično značilne razlike pri 95 % zaupanju (A, B in C za tehnologijo; a in b za gostoto setve)

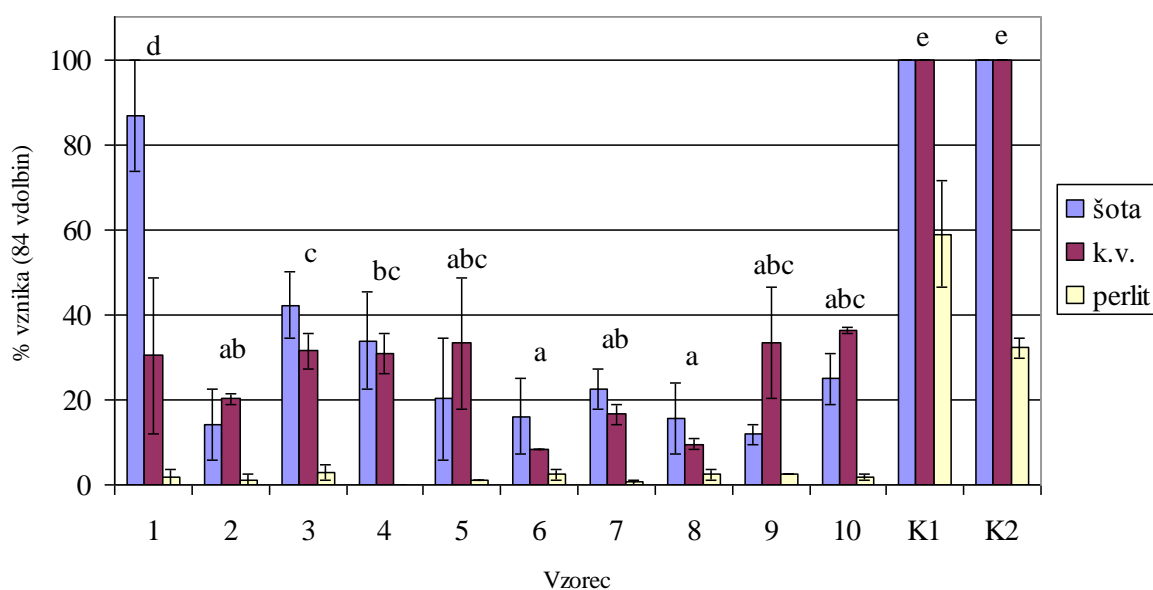
Figure 7: Different % of germination between technologies on a density of 160 and 84 cells plug tray  
Different letters mean significant differences at 95 % confidential level (A, B and C for growing technology; a and b for growing density)



Slika 8: Odstotek vznika med posameznimi vzorci in tehnologijo gojenja na gojitvenih ploščah s 160 vdolbinami

Različne črke pomenijo statistično značilne razlike pri 95 % zaupanju (a,b,c,d,e za povprečje odstotka vznika vzorca na vseh tehnologijah skupaj)

Figure 8: % of germination between seed samples and growing technology on a density of 160 cells/plug tray  
 Different letters mean significant differences at 95 % confidential level (a,b,c,d,e for average % of germination for each sample on all growing technologies together)



Slika 9: Odstotek vznika med posameznimi vzorci in tehnologijo gojenja na gojitvenih ploščah s 84 vdolbinami

Različne črke pomenijo statistično značilne razlike pri 95 % zaupanju (a,b,c,d,e za povprečje odstotka vznika vzorca na vseh tehnologijah skupaj)

Figure 9: % of germination between seed samples and growing technology on a density of 84 cells/plug tray  
 Different letters mean significant differences at 95 % confidential level (a,b,c,d,e for average % of germination for each sample on all growing technologies together)

#### 4.1.2 Masa porezanih listov na šoti in kameni volni ob prvi rezi

Ob prvi rezi je tehnologija gojenja imela statistično značilen vpliv (preglednica 5) na pridelek tankolistnega dvoredca. Povprečna masa listov ob prvi rezi na kameni volni na gojitvenih ploščah s 160 vdolbinami je bila  $800,33 \pm 38,1 \text{ g/m}^2$ , na šoti pa  $361,55 \pm 38,1 \text{ g/m}^2$ , pri ploščah s 84 vdolbinami pa je bila povprečna masa listov na kameni volni  $339,00 \pm 38,1 \text{ g/m}^2$ , na šoti pa  $251,85 \pm 38,1 \text{ g/m}^2$  (preglednica 6 in slika 12). Gostota gojenja je tudi statistično značilno vplivala na povprečno maso listov (preglednica 5 in slika 12). Med tehnologijo in gostoto gojenja je prišlo tudi do interakcije (preglednica 5). V povprečju med vzorci ni bilo statistično značilnih razlik (preglednica 5 ter sliki 10 in 11) pri pridelku iz prve rezi.

Preglednica 5: *p*-vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije pridelka ( $\text{g/m}^2$ ) ob prvi rezi tankolistnega dvoredca

Table 5: ANOVA *p*-values for main effects and interactions for yield ( $\text{g/m}^2$ ) of wild rocket at first cut

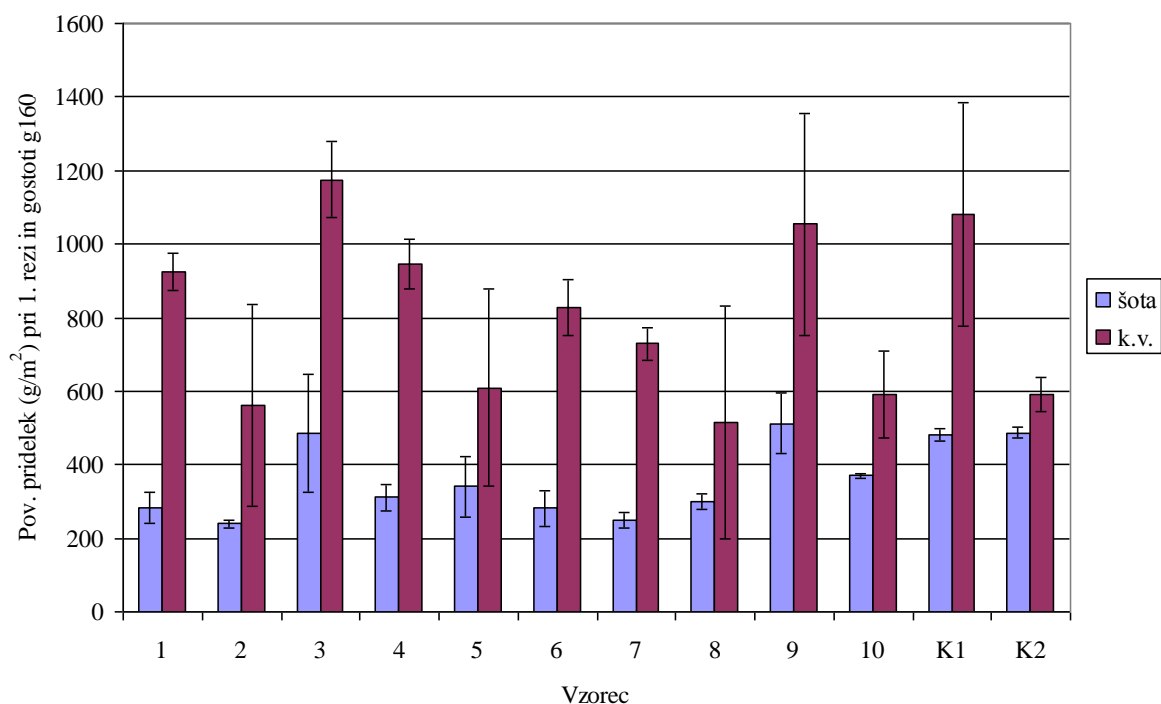
Parameter	Glavni vplivi			Interakcije		
	Vzorec	Tehnologija	Gostota	Vzorec tehnologija	Vzorec gostota	Tehnologija gostota
Pridelek 1. rez	NS	$p < 0,0000$	$p < 0,0000$	NS	NS	$p < 0,0077$

Preglednica 6: Povprečni pridelek ( $\text{g/m}^2$ ) pri prvi rezi za posamezen vzorec tankolistnega dvoredca, gojenega na šoti in kameni volni pri različni gostoti setve

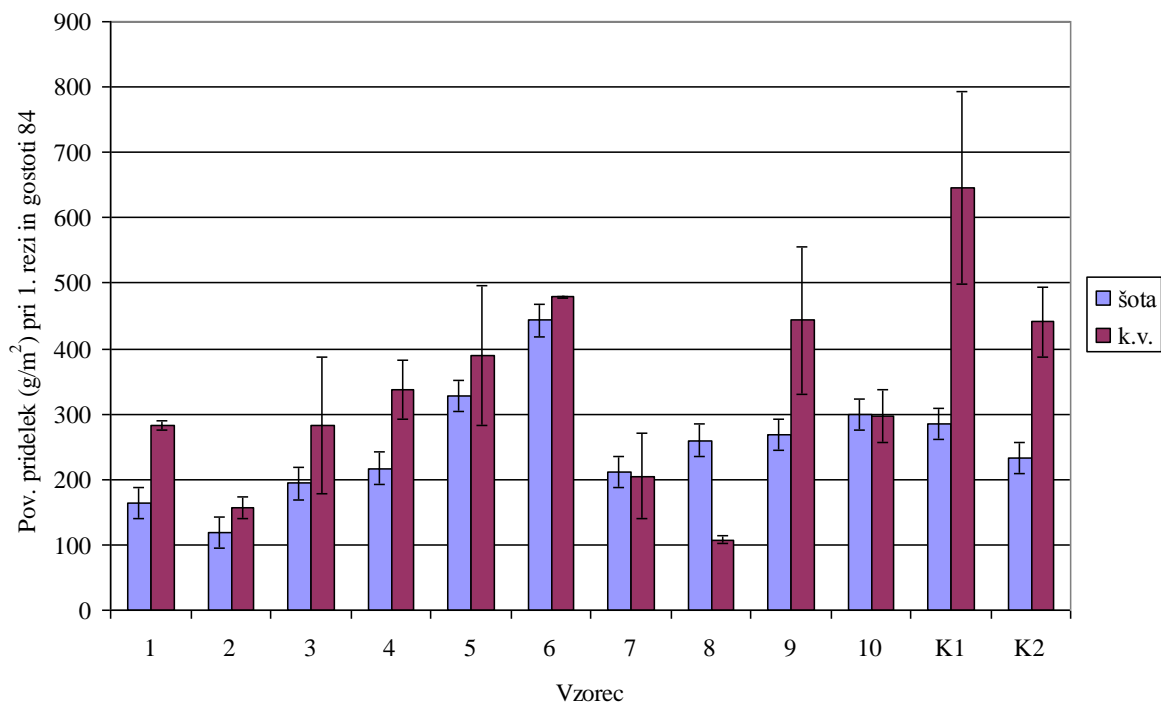
Table 6: Average yield ( $\text{g/m}^2$ ) of wild rocket at first cut grown on peat and rock wool at different densities

Vzorec	Šota				Kamena volna			
	160		84		160		84	
	$\bar{x}$	$\pm\text{SE}$	$\bar{x}$	$\pm\text{SE}$	$\bar{x}$	$\pm\text{SE}$	$\bar{x}$	$\pm\text{SE}$
1	281,70	42,30	164,40	0,00	924,90	50,70	282,00	7,20
2	239,10	9,30	118,20	0,00	561,90	274,50	157,50	16,50
3	485,10	161,70	193,80	0,00	1175,10	104,70	282,00	104,40
4	310,80	34,80	217,20	0,00	945,00	68,40	337,50	45,30
5	340,80	81,60	328,20	0,00	608,40	267,60	390,00	106,80
6	280,80	49,80	443,40	0,00	826,50	76,50	478,80	1,80
7	249,60	21,60	211,80	0,00	728,70	44,70	204,90	65,10
8	300,00	20,40	259,80	0,00	515,40	316,80	107,70	6,30
9	512,70	81,30	268,80	0,00	1054,50	301,50	443,40	112,20
10	371,10	6,30	299,40	0,00	592,50	117,90	297,30	40,50
K1	480,60	16,20	284,40	0,00	1080,30	303,30	645,90	147,30
K2	486,30	15,30	232,80	0,00	590,70	46,50	441,00	53,40
Povp.	361,55	24,19	251,85	24,35	800,33	61,97	339,00	33,95
	<b>Aa</b>		<b>Ab</b>		<b>Ba</b>		<b>Bb</b>	

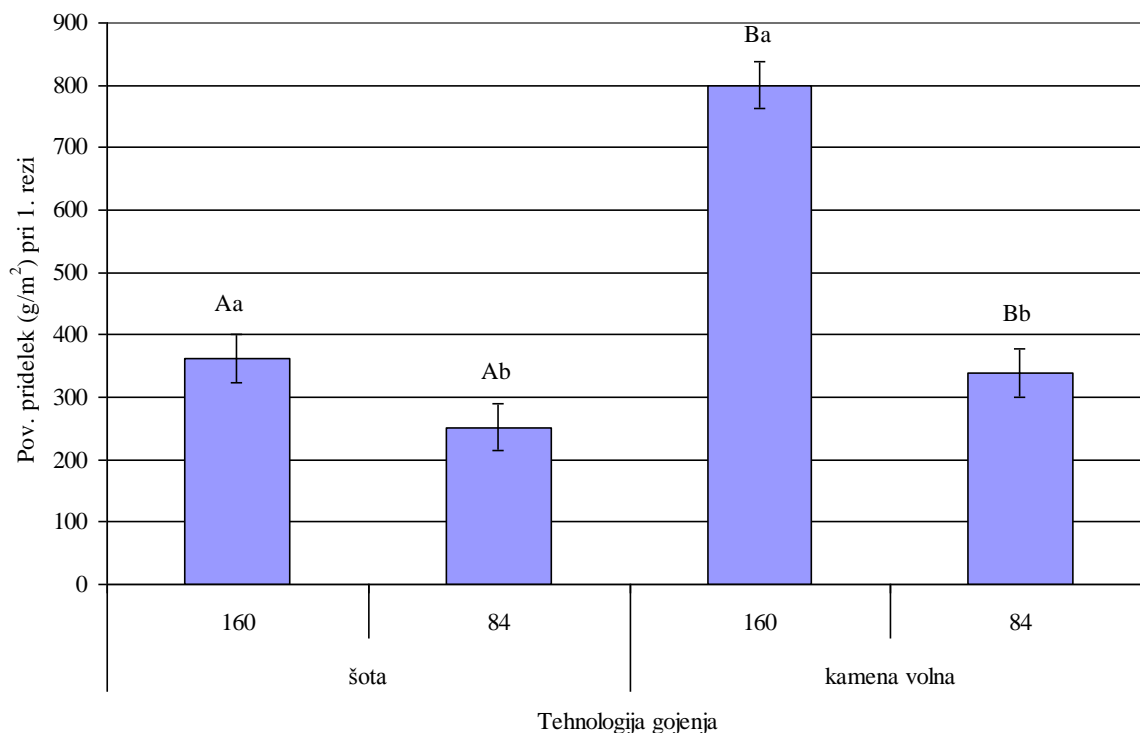
Različne črke pomenijo statistično značilne razlike pri 95 % zaupanju (A in B za tehnologijo; a in b za gostoto setve)  
Different letters mean significant differences at 95 % confidential level (A and B for growing system, a and b for growing density)



Slika 10: Primerjava povprečnega pridelka ( $\text{g/m}^2$ ) pri prvi rezi tankolistnega dvoredca na ploščah s 160 vdolbinami med vzorci pri različnih tehnologijah gojenja  
 Figure 10: Comparison of the average yield ( $\text{g/m}^2$ ) at first cut of wild rocket at a density of 160 cells/plug tray between samples grown with different technologies



Slika 11: Primerjava povprečnega pridelka ( $\text{g/m}^2$ ) pri prvi rezi tankolistnega dvoredca na ploščah s 84 vdolbinami med vzorci pri različnih tehnologijah gojenja  
 Figure 11: Comparison of the average yield ( $\text{g/m}^2$ ) at first cut of wild rocket at a density on 84 cells/plug tray between samples grown with different technologies



Slika 12: Povprečni pridelek ( $\text{g/m}^2$ ) prve rezi tankolistnega dvoredca pri različni tehnologiji in gostoti setve. Različne črke pomenijo statistično značilne razlike pri 95 % zaupanju (A in B za tehnologijo; a in b za gostoto gojenja).  
Figure 12: Average yield ( $\text{g/m}^2$ ) at first cut of wild rocket at different technologies and sowing densities. Different letters mean significant differences at 95 % confidential level (A and B for growing technology; a and b for growing density).

#### 4.1.3 Masa porezanih listov na kameni volni ob prvi in drugi rezi

Kot smo že omenili, pri konvencionalnem gojenju tankolistnega dvoredca na šoti so rastline po prvi rezi že začele poganjati cvetno steblo, zato smo izvedli dve rezi samo pri rastlinah, ki smo jih gojili na plavajočem sistemu. Med gostoto setve in številom rezi je bila statistično značilna interakcija (preglednica 7). Statistično značilne razlike so se pojavile tudi med vzorci (preglednica 7).

Preglednica 7:  $p$ -vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije pridelka  $\text{g/m}^2$  pri prvi in drugi rezi tankolistnega dvoredca na kameni volni

Table 7: ANOVA  $p$ -values for main effects and interactions for yield  $\text{g/m}^2$  at first and second cut of wild rocket on rock wool

Parameter	Glavni vplivi		Interakcije			
	Vzorec	Gostota	Vzorec gostota	Vzorec rez	Gostota rez	Vzorec gostota rez
Pridelek	$p < 0,0382$	$p < 0,0000$	NS	NS	$p < 0,0055$	NS

Na sliki 13 vidimo, da je bil povprečni pridelek med vzorci statistično najmanjši pri akcesiji 8 ( $515,40 \pm 316,8 \text{ g/m}^2$  pri prvi rezi in  $192,30 \pm 0,9 \text{ g/m}^2$  pri drugi rezi na gojitvenih ploščah s 160 vdolbinami ter  $107,70 \pm 6,3 \text{ g/m}^2$  pri prvi rezi in  $84,00 \pm 11,4 \text{ g/m}^2$  pri drugi rezi na gojitvenih ploščah s 84 vdolbinami) in največji pri kontroli K1 ( $1080,30 \pm 303,3 \text{ g/m}^2$  pri prvi rezi in  $478,50 \pm 131,1 \text{ g/m}^2$  pri drugi rezi na gojitvenih



ploščah s 160 vdolbinami ter  $645,90 \pm 147,3 \text{ g/m}^2$  pri prvi rezi in  $277,50 \pm 75,3 \text{ g/m}^2$  pri drugi rezi na gojitvenih ploščah s 84 vdolbinami) (preglednica 8 in slika 14).

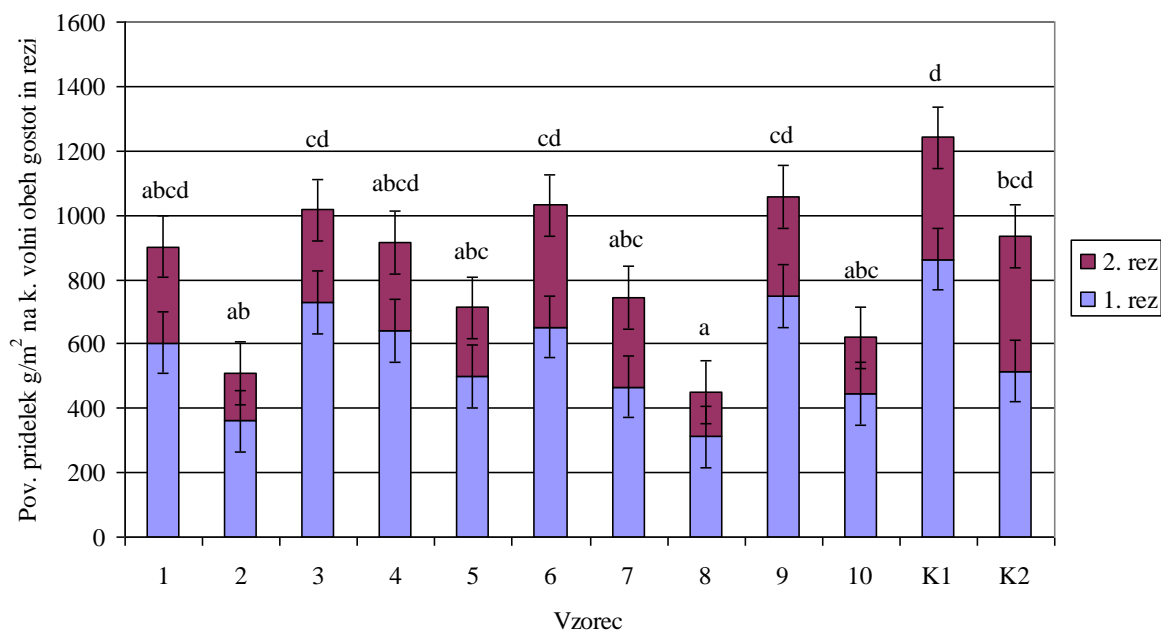
Preglednica 8: Povprečni pridelek ( $\text{g/m}^2$ ) pri prvi in drugi rezi na kameni volni za posamezen vzorec tankolistnega dvoredca na gojitvenih ploščah s 160 in 84 vdolbinami

Table 8: Average yield ( $\text{g/m}^2$ ) of wild rocket at first and second cut on rock wool and a density of 160 and 84 cells/plug tray

Vzorec	Prva rez				Druga rez			
	160		84		160		84	
	$\bar{x}$	$\pm\text{SE}$	$\bar{x}$	$\pm\text{SE}$	$\bar{x}$	$\pm\text{SE}$	$\bar{x}$	$\pm\text{SE}$
1 <b>abcd</b>	924,90	50,70	282,00	7,20	450,90	52,50	146,40	21,00
2 <b>ab</b>	561,90	274,50	157,50	16,50	214,20	42,00	82,20	9,00
3 <b>cd</b>	1175,10	104,70	282,00	104,40	423,00	6,60	150,90	41,10
4 <b>abcd</b>	945,00	68,40	337,50	45,30	431,70	135,30	117,90	25,50
5 <b>abc</b>	608,40	267,60	390,00	106,80	290,10	66,90	136,80	43,80
6 <b>cd</b>	826,50	76,50	478,80	1,80	503,40	49,20	251,70	20,70
7 <b>abc</b>	728,70	44,70	204,90	65,10	390,90	87,90	164,10	29,70
8 <b>a</b>	515,40	316,80	107,70	6,30	192,30	0,90	84,00	11,40
9 <b>cd</b>	1054,50	301,50	443,40	112,20	402,90	161,70	214,20	37,20
10 <b>abc</b>	592,50	117,90	297,30	40,50	199,50	86,70	149,40	1,80
K1 <b>d</b>	1080,30	303,30	645,90	147,30	478,50	131,10	277,50	75,30
K2 <b>bcd</b>	590,70	46,50	441,00	53,40	453,90	206,70	385,80	24,00
Povp.	800,33	61,97	339,00	33,95	369,28	31,49	180,08	19,01
	<b>Aa</b>		<b>Ba</b>		<b>Ab</b>		<b>Bb</b>	

Različne črke pomenijo statistično značilne razlike pri 95 % zaupanju (A in B za gostoto; a in b za število rezi; a,b,c in d za povprečje med vzorci)

Different letters mean significant differences at 95 % confidential level (A and B for growing density; a and b for the cuts; a, b, c and d for average between samples)



Slika 13: Skupni povprečni pridelek ( $\text{g/m}^2$ ) obeh gostot gojenja na kameni volni za obe rezi  
Različne črke pomenijo statistično značilne razlike pri 95 % zaupanju (a,b,c in d za povprečje posameznega vzorca)

Figure 13: Overall average yield ( $\text{g/m}^2$ ) on rock wool for both densities and cuts

Different letters mean significant differences at 95 % confidential level (a,b,c in d for each sample average)

#### 4.1.4 Pridelek glede na tehnologijo gojenja

Pri pridelku smo upoštevali pridelek na šoti (samo ena rez) in pridelek na kameni volni (prva in druga rez). Tehnologija gojenja je statistično značilno vplivala na količino pridelka (preglednica 9). V povprečju je bil pridelek na šoti s 160 vdolbinami na gojitveno ploščo  $361,55 \pm 44,3 \text{ g/m}^2$ , medtem ko je bil na kameni volni s 160 vdolbinami na gojitveno ploščo v povprečju kar  $1169,60 \pm 44,3 \text{ g/m}^2$  (preglednica 10 in slika 14). Pri gojitvenih ploščah s 84 vdolbinami pa je bil povprečni pridelek na šoti  $251,85 \pm 44,3 \text{ g/m}^2$  in na kameni volni  $519,08 \pm 44,3 \text{ g/m}^2$  (preglednica 10 in slika 15). Povprečja posameznih vzorcev pri gojitvenih ploščah s 160 vdolbinami so prikazana na sliki 14, pri gojitvenih ploščah s 84 vdolbinami pa na sliki 15. Tudi gostota setve je imela statistično značilen vpliv na količino pridelka (preglednica 9 in slika 16), in sicer pri ploščah s 160 vdolbinami je bil pridelek približno dvakrat večji kot pri ploščah s 84 vdolbinami. Med tehnologijo in gostoto setve je prišlo tudi do interakcije (preglednica 9). Statistično značilne razlike pri povprečnem pridelku so se pokazale tudi med vzorci (preglednica 9 in slika 17).

Preglednica 9: *p*-vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije celotnega pridelka  $\text{g/m}^2$  tankolistnega dvoredca

Table 9: ANOVA *p*-values for main effects and interactions for yield  $\text{g/m}^2$  of wild rocket

Parameter	Glavni vplivi			Interakcije		
	Vzorec	Tehnologija	Gostota	Vzorec tehnologija	Vzorec gostota	Tehnologija gostota
Celoten pridelek	$p < 0,0180$	$p < 0,0000$	$p < 0,0000$	NS	NS	$p < 0,0013$

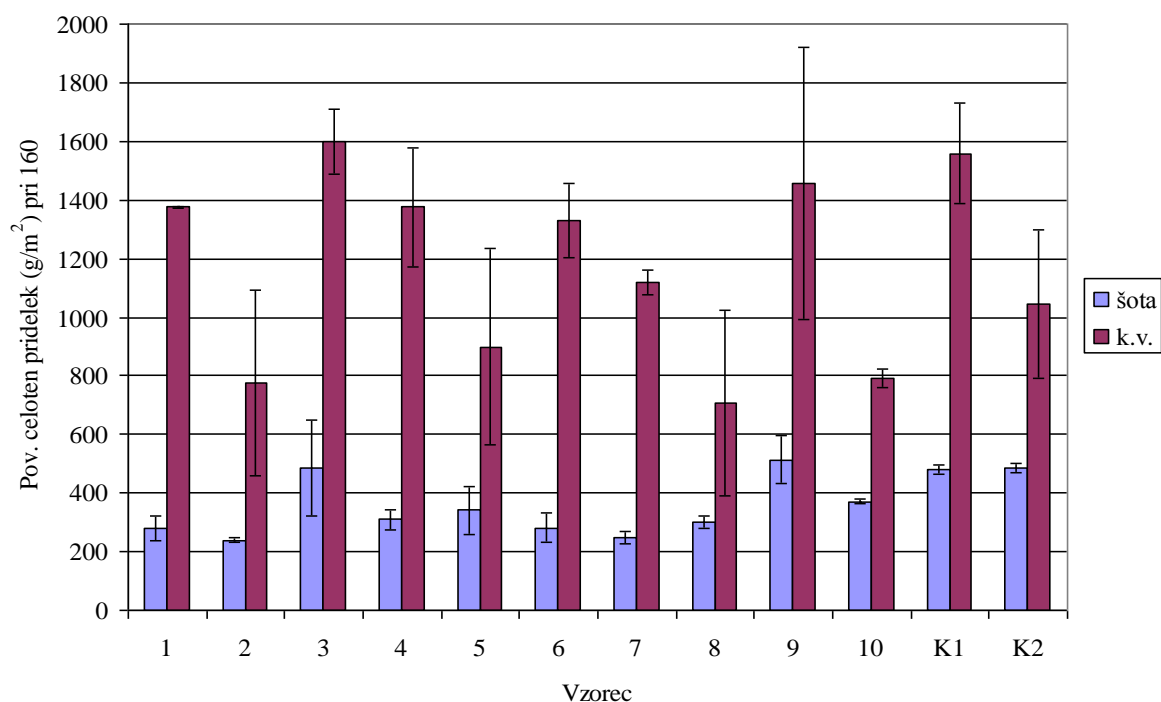
Preglednica 10: Pridelek ( $\text{g/m}^2$ ) posameznega vzorca tankolistnega dvoredca na šoti in kameni volni (obe rezi) na gojitvenih ploščah s 160 in 84 vdolbinami

Table 10: Wild rocket yield ( $\text{g/m}^2$ ) of different samples grown on peat and rock wool at a density of 160 and 84 cells/plug tray

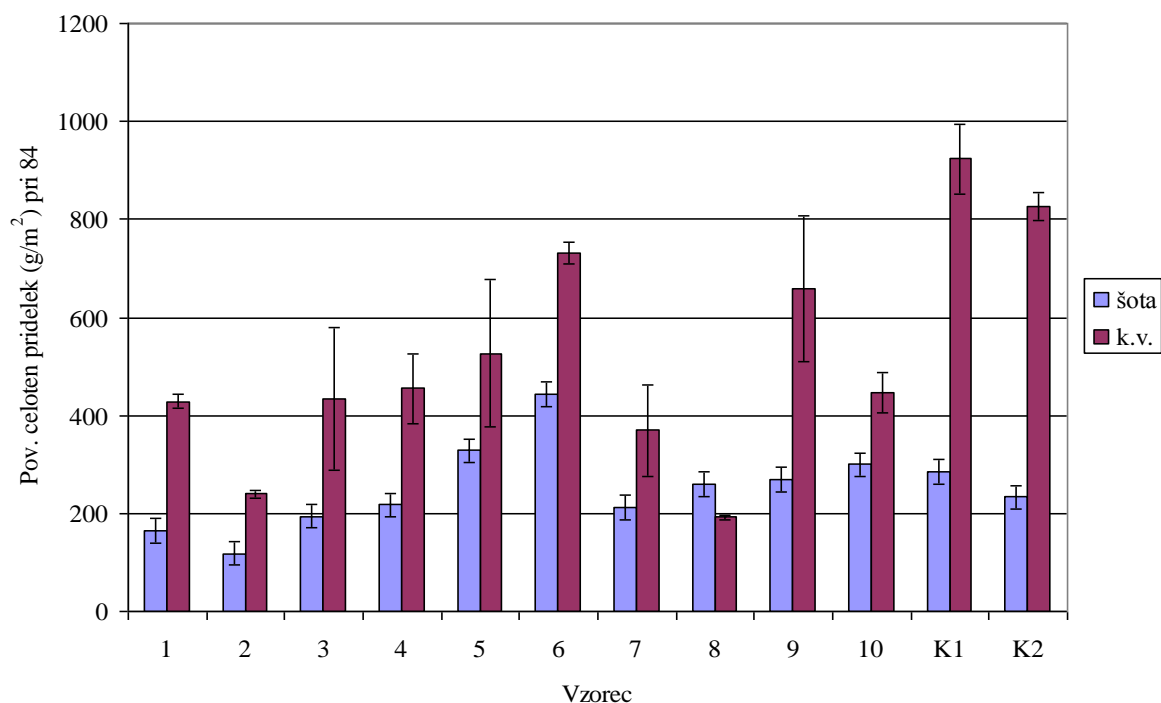
Vzorec	Šota				Kamena volna				
	160		84		160		84		
	$\bar{x}$	$\pm\text{SE}$	$\bar{x}$	$\pm\text{SE}$	$\bar{x}$	$\pm\text{SE}$	$\bar{x}$	$\pm\text{SE}$	
1	abc	281,70	42,30	164,40	0,00	1375,80	1,80	428,40	13,80
2	a	239,10	9,30	118,20	0,00	776,10	316,50	239,70	7,50
3	bc	485,10	161,70	193,80	0,00	1598,10	111,30	432,90	145,50
4	abc	310,80	34,80	217,20	0,00	1376,70	203,70	455,40	70,80
5	abc	340,80	81,60	328,20	0,00	898,50	334,50	526,80	150,60
6	bc	280,80	49,80	443,40	0,00	1329,90	125,70	730,50	22,50
7	ab	249,60	21,60	211,80	0,00	1119,60	43,20	369,00	94,80
8	a	300,00	20,40	259,80	0,00	707,70	315,90	191,70	5,10
9	bc	512,70	81,30	268,80	0,00	1457,40	463,20	657,60	149,40
10	ab	371,10	6,30	299,40	0,00	792,00	31,20	446,70	42,30
K1	c	480,60	16,20	284,40	0,00	1558,80	172,20	923,40	72,00
K2	bc	486,30	15,30	232,80	0,00	1044,60	253,20	826,80	29,40
Povp.		361,55	24,19	251,85	24,35	1169,60	81,30	519,08	48,29
		<b>Aa</b>		<b>Ab</b>		<b>Ba</b>		<b>Bb</b>	

Različne črke pomenijo statistično značilne razlike pri 95 % zaupanju (A in B za tehnologijo; a in b za gostoto setve; a, b in c za povprečje pridelka med vsemi vzorci)

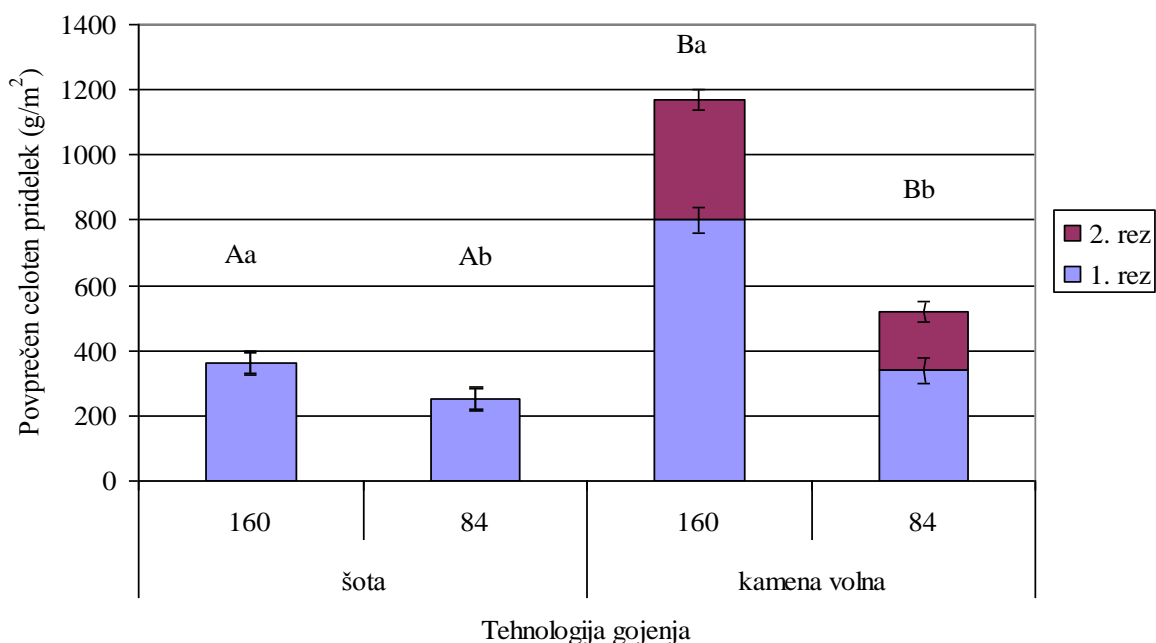
Different letters mean significant differences at 95 % confidential level (A and B for growing system; a and b for growing density; a, b and c for average yield between samples)



Slika 14: Primerjava pridelka ( $\text{g/m}^2$ ) tankolistnega dvoredca na gojitvenih ploščah s 160 vdolbinami, med vzorci pri različnih tehnologijah gojenja  
Figure 14: Comparison of the yield ( $\text{g/m}^2$ ) of wild rocket at a density of 160 cells/plug tray between samples grown on different technologies

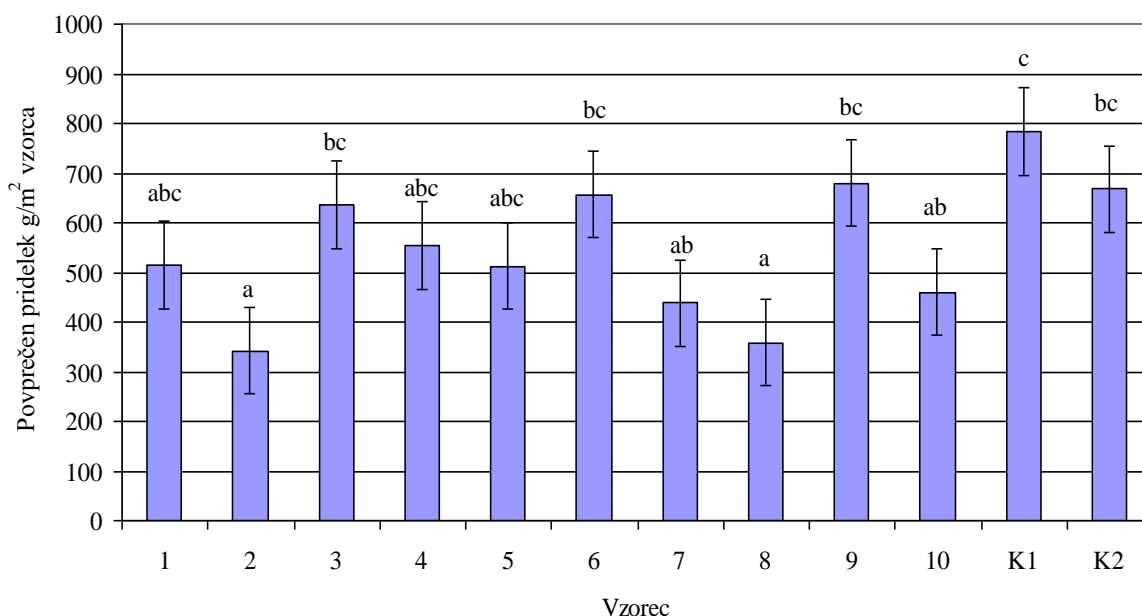


Slika 15: Primerjava pridelka ( $\text{g/m}^2$ ) tankolistnega dvoredca na gojitvenih ploščah s 84 vdolbinami med vzorci pri različnih tehnologijah gojenja  
Figure 15: Comparison of the yield ( $\text{g/m}^2$ ) of wild rocket at a density of 84 cells/plug tray between samples grown on different technologies



Slika 16: Celoten pridelek ( $\text{g/m}^2$ ) tankolistnega dvoredca pri različni tehnologiji gojenja in gostoti setve. Različne črke pomenijo statistično značilne razlike pri 95 % zaupanju (A in B za tehnologijo; a in b za gostoto gojenja).

Figure 16: The overall total yield ( $\text{g/m}^2$ ) of wild rocket with different growing technologies and densities. Different letters mean significant differences at 95 % confidential level (A and B for growing technology; a and b for growing density).



Slika 17: Primerjava celotnega povprečnega pridelka med vzorci (povprečje tehnologij in gostote setve skupaj) v  $\text{g/m}^2$ .

Različne črke pomenijo statistično značilne razlike pri 95 % zaupanju (a, b in c za povprečje med vzorci).

Figure 17: Comparison of average total yield between samples with the two growing technologies (on peat and rock wool) in  $\text{g/m}^2$ .

Different letters mean significant differences at 95 % confidential level (a, b and c for samples).

V povprečju je najmanjši pridelek dosegla akcesija 2 ( $342,17 \pm 87,8 \text{ g/m}^2$ ), največji pa kontrola K1 ( $784,07 \pm 87,8 \text{ g/m}^2$ ) (slika 17). Med samoniklimi akcesijami je največji

povprečni pridelek dosegla akcesija 9 s pridelkom  $679,82 \pm 87,8 \text{ g/m}^2$ , sledili sta akcesija 6 s pridelkom  $656,83 \pm 87,8 \text{ g/m}^2$  in akcesija 3 s pridelkom  $635,80 \pm 87,8 \text{ g/m}^2$ . Akcesije 9, 6 in 3 se po povprečnem pridelku niso signifikantno razlikovale od kontrole K2 s povprečnim pridelkom  $667,86 \pm 87,8 \text{ g/m}^2$ . Ostale akcesije (4, 1, 5, 10, 7, 8 in 2) so imele statistično manjši povprečni pridelek od prej omenjenih (slika 17).

#### 4.1.5 Odstotek cvetočih rastlin

Na odstotek cvetočih rastlin so vplivali različni vzorci, tehnologija gojenja in gostota setve (preglednica 11). V povprečju je zacvetelo  $5,22 \pm 0,85 \%$  rastlin na kameni volni, medtem ko je bil odstotek cvetočih rastlin na šoti kar  $14,33 \pm 1,47 \%$ . Tudi gostota gojitvene plošče je vplivala na povprečni odstotek cvetočih rastlin, in sicer s  $6,19 \pm 0,85 \%$  pri ploščah s 160 vdolbinami in  $13,36 \pm 1,47 \%$  pri ploščah s 84 vdolbinami. Razlike med posameznimi vzorci prikazujeta sliki 18 in 19. Najmanjši povprečni odstotek cvetočih rastlin smo zabeležili pri vzorcih 3, 5, 6 ter 9 (od  $4 \pm 2,4$  do  $6 \pm 2,4 \%$ ), največji pa pri vzorcu 1 ( $16 \pm 2,4 \%$ ) (slika 19).

Preglednica 11: *p*-vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije odstotka cvetov tankolistnega dvoredca

Table 11: ANOVA *p*-values for main effects and interactions for the % of bolting plants of wild rocket

Parameter	Glavni vplivi			Interakcije		
	Vzorec	Tehnologija	Gostota	Vzorec tehnologija	Vzorec gostota	Tehnologija gostota
% cvetov	$p < 0,0013$	$p < 0,0000$	$p < 0,0002$	$p < 0,0146$	NS	NS

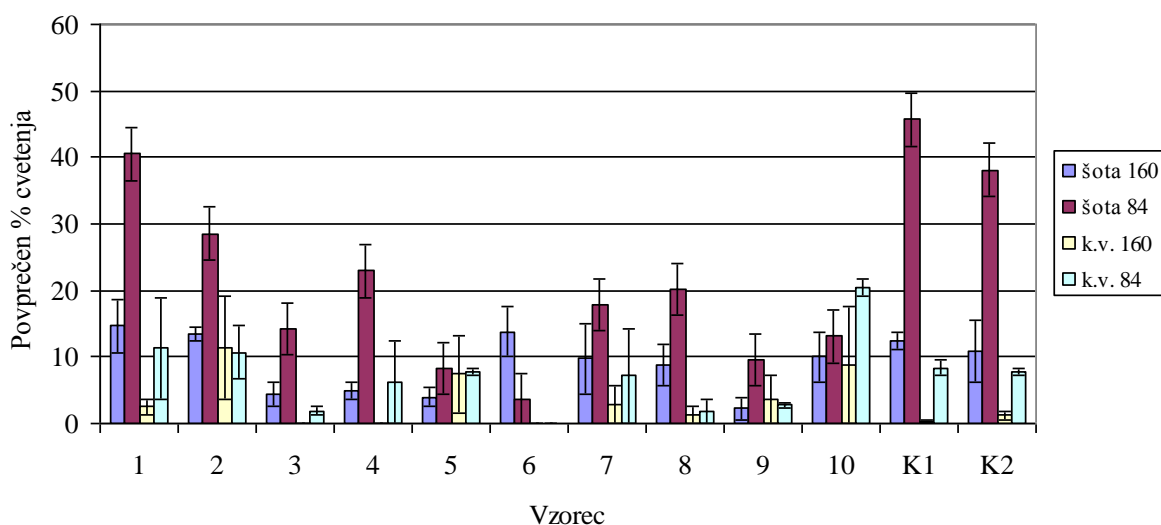
Preglednica 12: Povprečni odstotek cvetnih stebel pri različnih tehnologijah in gostotah setve tankolistnega dvoredca

Table 12: Average % of bolting plants with different growing technologies and densities of wild rocket

Vzorec		Šota				Kamena volna			
		160		84		160		84	
		$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$
1	<b>d</b>	14,69	4,06	40,48	0,00	2,50	1,25	11,28	7,71
2	<b>cd</b>	13,44	0,94	28,57	0,00	11,38	7,81	10,65	3,98
3	<b>a</b>	4,41	1,85	14,29	0,00	0,00	0,00	1,85	0,66
4	<b>abc</b>	5,00	1,25	22,89	0,00	0,00	0,00	6,25	6,25
5	<b>a</b>	3,96	1,45	8,33	0,00	7,37	5,79	7,65	0,51
6	<b>a</b>	13,75	3,75	3,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	<b>abc</b>	9,70	5,30	17,86	0,00	2,82	2,83	7,14	7,15
8	<b>ab</b>	8,75	3,13	20,24	0,00	1,25	1,25	1,85	1,85
9	<b>a</b>	2,20	1,57	9,52	0,00	3,60	3,60	2,75	0,38
10	<b>bcd</b>	10,00	3,75	13,10	0,00	8,82	8,83	20,43	1,20
K1	<b>cd</b>	12,50	1,25	45,68	0,00	0,31	0,32	8,39	1,25
K2	<b>bcd</b>	10,96	4,67	38,10	0,00	1,25	0,63	7,74	0,60
Povp.		9,11	1,07	21,89	3,94	3,28	1,14	7,17	1,36
		<b>Aa</b>		<b>Ab</b>		<b>Ba</b>		<b>Bb</b>	

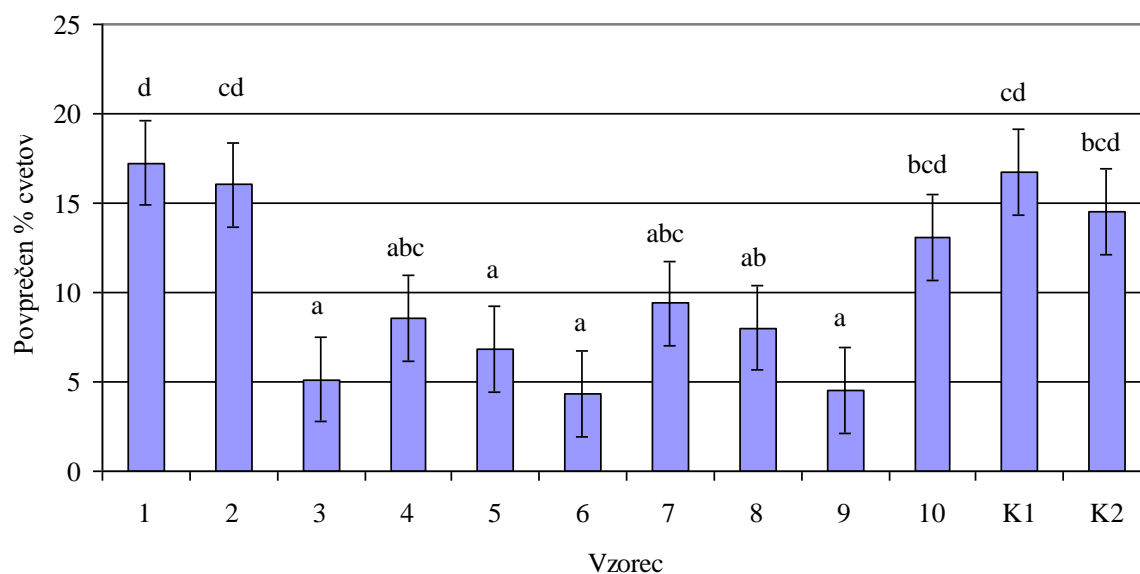
Različne črke pomenijo statistično značilne razlike pri 95 % zaupanju (A in B za tehnologijo; a in b za gostoto setve; a, b, c in d za povprečje odstotka cvetov med vsemi vzorci)

Different letters mean significant differences at 95 % confidential level (A and B for growing system; a and b for growing density; a, b, c and d for average % of bolting plants between samples)



Slika 18: Povprečni odstotek cvetnih stebel tankolistnega dvoredca pri različni tehnologiji (šota in kamena volna) in gostoti setve (160 in 84 vdolbin na gojitveno ploščo) pred prvo rezjo

Figure 18: Average % of bolting plants of wild rocket before the first cut at different technologies and densities



Slika 19: Povprečni odstotek cvetnih stebel pri različnih vzorcih tankolistnega dvoredca

Različne črke pomenijo statistično značilne razlike pri 95 % zaupanju (a, b, c in d za povprečje med vzorci)

Figure 19: Average % of bolting plants before first cut, differences between samples of wild rocket

Different letters mean significant differences at 95 % confidential level (a, b, c and d for samples)

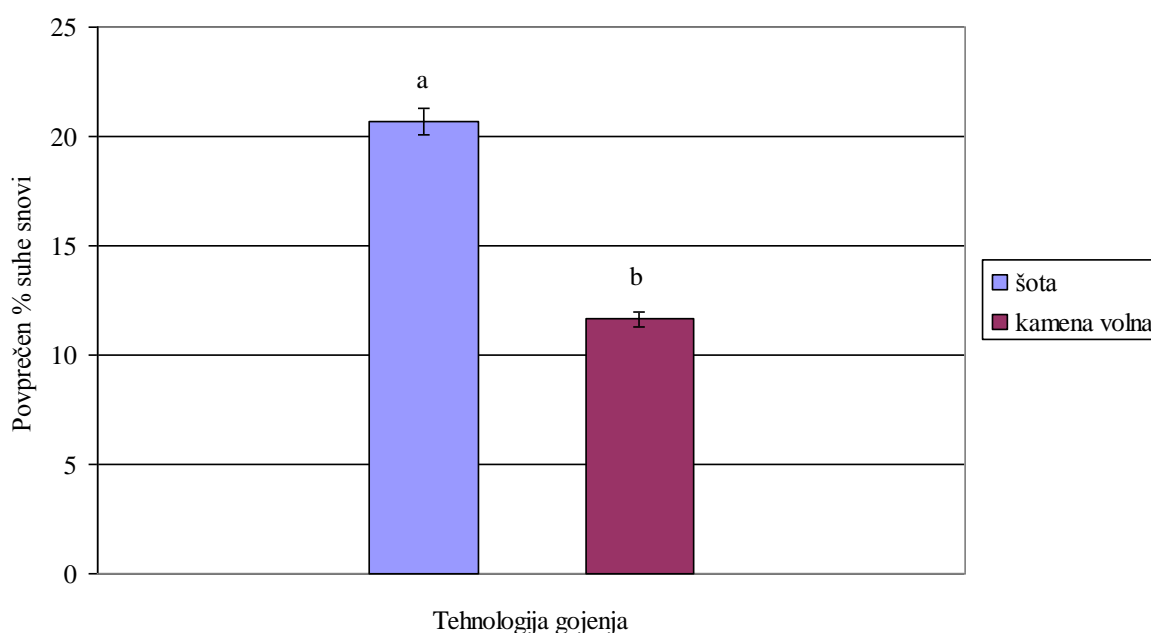
#### 4.1.6 Vsebnost suhe snovi

Vsebnost suhe snovi v listih iz prve rezi je bila statistično značilno večja pri gojenju na šoti kot pri gojenju na kameni volni (plavajoči sistem) (preglednica 13). V povprečju je bil odstotek suhe snovi na šoti  $21 \pm 0,6$  % in na kameni volni  $12 \pm 0,3$  % (slika 20). Med gostoto setve (160 ali 84 vdolbinami na gojitveni plošči) ni bilo statistično značilnih razlik v vsebnosti suhe snovi (preglednica 13). Povprečna vsebnost suhe snovi na šoti in kameni volni za posamezen vzorec je prikazana na sliki 21. Med vzorci ni bilo statistično značilnih razlik v vsebnosti suhe snovi (preglednica 13).

Preglednica 13: *p*-vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije odstotka suhe snovi v tankolistnem dvoredcu

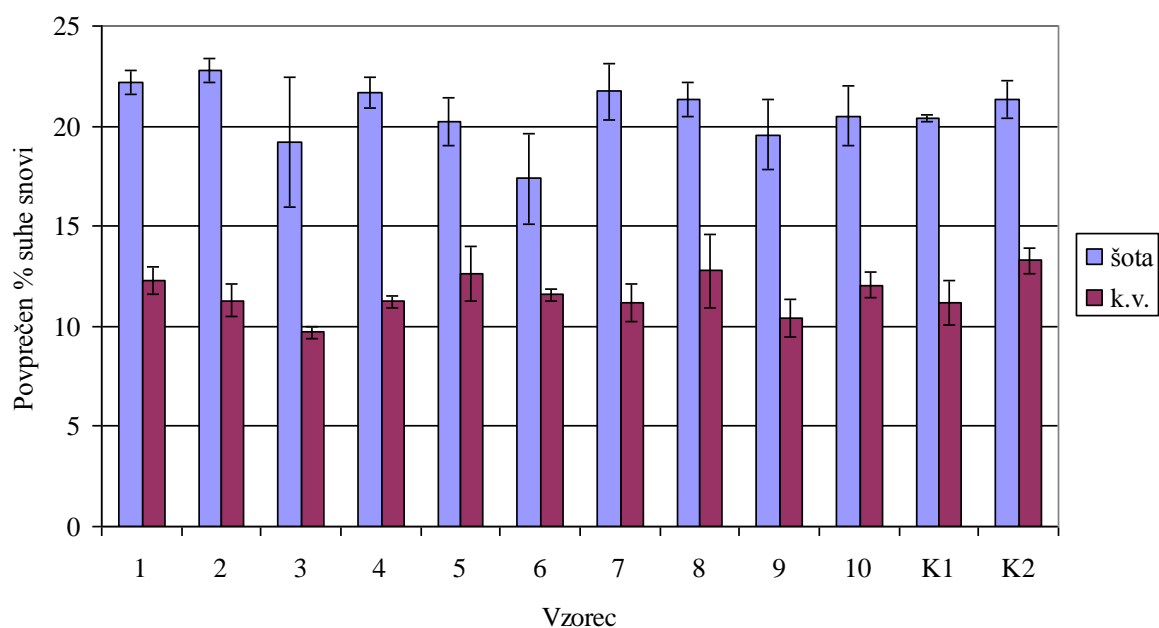
Table 13: ANOVA *p*-values for main effects and interactions for dry matter % of wild rocket

Parameter	Glavni vplivi			Interakcije		
	Vzorec	Tehnologija	Gostota	Vzorec tehnologija	Vzorec gostota	Tehnologija gostota
% suhe snovi	NS	$p < 0,0000$	NS	NS	NS	NS



Slika 20: Povprečni odstotek suhe snovi v listih tankolistnega dvoredca, primerjava tehnologij gojenja  
Različne črke pomenijo statistično značilne razlike pri 95 % zaupanju (a in b za tehnologijo)

Figure 20: Average % of dry matter content in leaves of wild rocket, comparison of technologies  
Different letters mean significant differences at 95 % confidential level (a and b for growing technology)



Slika 21: Odstotek sušine v listih tankolistnega dvoredca pri prvi rezi, primerjava vzorcev, gojenih na šoti in kameni volni

Figure 21: % of dry matter in leaves of wild rocket, comparison of samples grown on peat and rock wool flocks

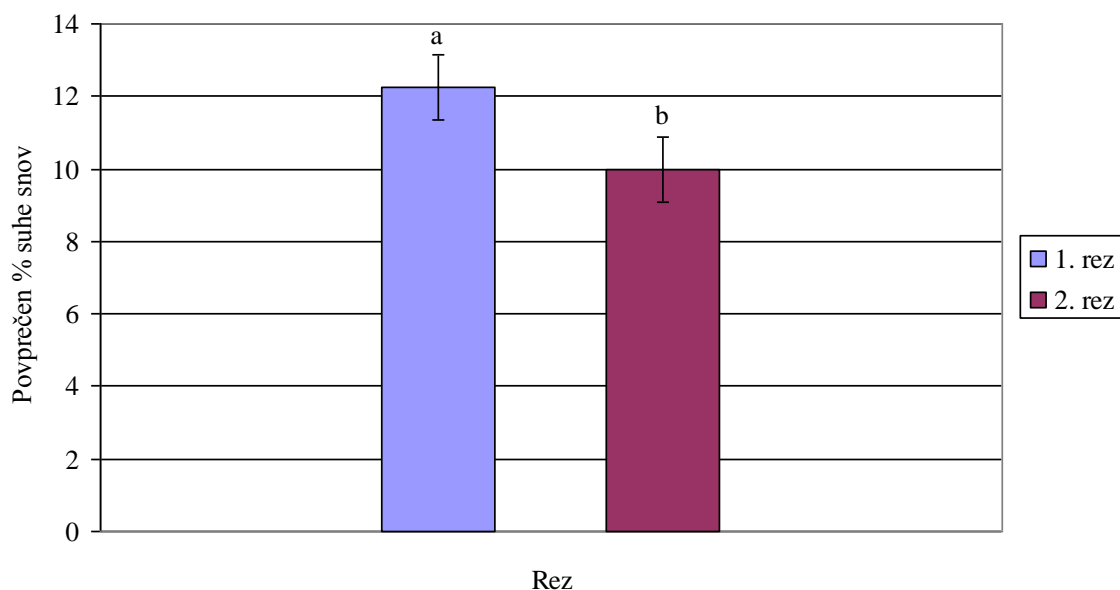
Na kameni volni se je vsebnost suhe snovi ob drugi rezi statistično značilno razlikovala od prve rezi (preglednica 14). V povprečju je bila vsebnost suhe snovi ob drugi rezi  $10 \pm 0,3$  %, ob prvi pa  $12 \pm 0,3$  % (slika 22). Med vzorci in gostoto setve (160 in 84 vdolbin na gojitveno ploščo) ni bilo statistično značilnih razlik (preglednica 14). Povprečne vrednosti suhe snovi za posamezne vzorce in posamezno rez so prikazane na sliki 23. Med glavnimi vplivi na suho snov ni prišlo do interakcij (preglednica 14).

Preglednica 14: *p*-vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije odstotka suhe snovi v listih tankolistnega dvoredca pri prvi in drugi rezi na kameni volni

Table 14: ANOVA *p*-values for main effects and interactions for % of dry matter in leaves of wild rocket at first and second cut on rock wool

Parameter	Glavni vplivi			Interakcije			
	Vzorec	Gostota	1. in 2. rez	Vzorec gostota	Vzorec 1. in 2. rez	Gostota 1. in 2. rez	Vzorec gostota 1. in 2. rez
% suhe snovi	NS	NS	$p < 0,0005$	NS	NS	NS	NS



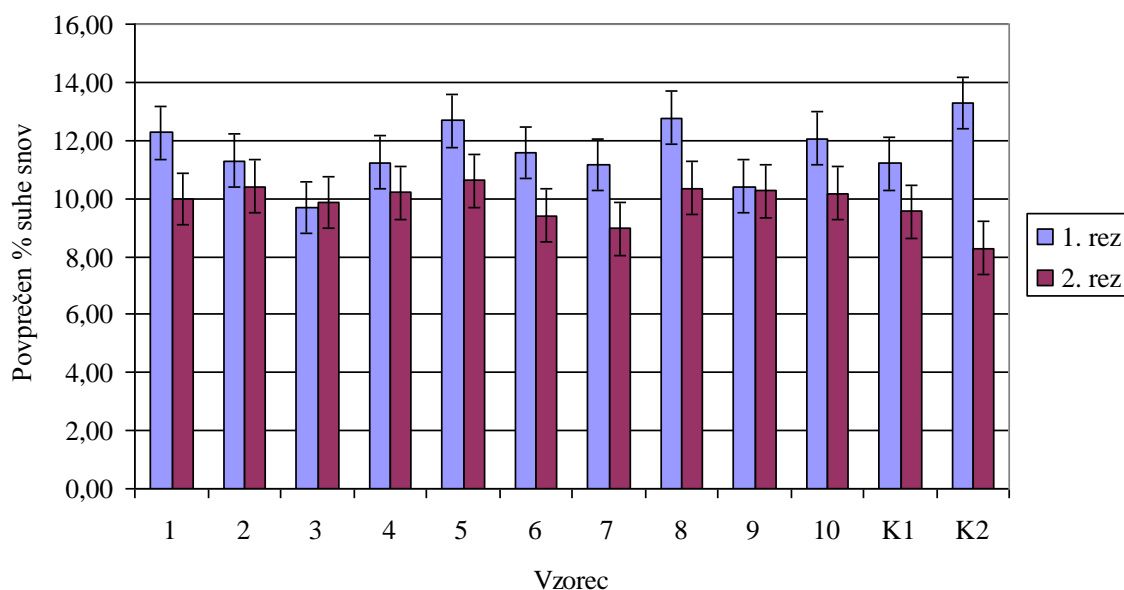


Slika 22: Povprečni odstotek suhe snovi v listih tankolistnega dvoredca, primerjava med rezema na kameni volni

Različne črke pomenijo statistično značilne razlike pri 95 % zaupanju

Figure 22: Average % of dry matter content in leaves of wild rocket, comparison between cuts on rock wool

Different letters mean significant differences at 95 % confidential level



Slika 23: Povprečni odstotek suhe snovi v listih tankolistnega dvoredca na kameni volni, primerjava med prvo in drugo rezjo

Figure 23: Average % of dry matter content in leaves of wild rocket on rock wool, comparison between first and second cuts

#### 4.1.7 Dolžina rastne dobe pri različnih tehnologijah

Na dolžino vegetacije do prve rezi sta statistično značilno vplivali tehnologija in gostota setve, med katerima je prišlo tudi do interakcije (preglednica 15). V povprečju je bila prva rez na kameni volni izvedena po 54-ih dneh po setvi, na šoti pa po 68-ih dneh po setvi. Pri ploščah s 160 vdolbinami na gojitveno ploščo je bila v povprečju prva rez izvedena po 60-ih dneh, na ploščah s 84 vdolbinami na gojitveno ploščo pa po 62-ih dneh. Pri dolžini rastne dobe do prve rezi med vzorci ni bilo statistično značilnih razlik.

Preglednica 15: *p*-vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije dolžine rastne dobe tankolistnega dvoredca do prve rezi na šoti in kameni volni

Table 15: ANOVA *p*-values for main effects and interactions for growing length of wild rocket until the first cut on peat and rock wool

Parameter	Glavni vplivi			Interakcije		
	Vzorec	Tehnologija	Gostota	Vzorec tehnologija	Vzorec gostota	Tehnologija gostota
Dolžina rastne dobe do prve rezi	NS	$p < 0,0000$	$p < 0,0232$	NS	NS	$p < 0,0006$
Dolžina celotne rastne dobe (obe rezi na k.v.)	NS	$p < 0,0069$	NS	NS	NS	$p < 0,0047$

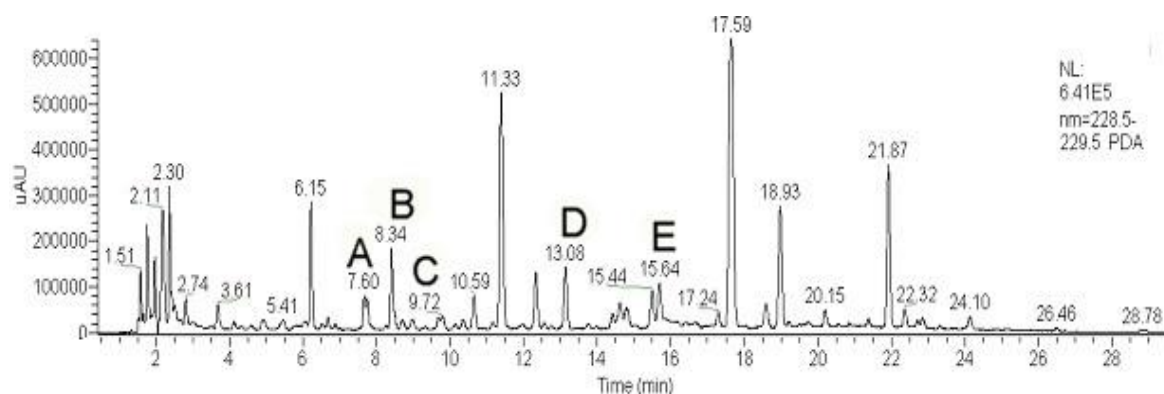
Kljub temu da sta bili na kameni volni izvedeni dve rezi, je bil skupen čas rasti prve in druge rezi v povprečju 65 dni (celotna rastna doba) statistično značilno krajši od časa rasti do prve rezi na šoti, ki je v povprečju znašal 68 dni (preglednica 15). Pri celotnem času pridelave na kameni volni in šoti vzorci in gostota gojenja niso imeli statistično značilnega vpliva na dolžino celotne rastne dobe (preglednica 15).

#### 4.2 VSEBNOST GLUKOZINOLATOV

Vsebnost glukozinolatov smo preverili samo v vzorcih, posejanih na šoti in kameni volni na gojitvenih ploščah s 160 vdolbinami. Preverili smo tudi vsebnost glukozinolatov pri drugi rezi na kameni volni in gostoti gojitve pri 160 vdolbinah na gojitveno ploščo.

Vsebnost glukozinolatov smo izračunali s pomočjo umeritvene krivulje eksterne standarda sinigrina. Umeritvena krivulja za sinigrin (pri  $m/z$  358 v negativnem ionskem načinu) je bila izračunana v koncentracijskem območju od 2 do 2000 mg/mL

Na sliki 24 lahko vidimo tipičen kromatogram pri določanju glukozinolatov. Po retencijskem času so se glukozinolati zvrstili v naslednjem zaporedju: glukorafanin ( $R_t = 7,07$  min), glukoalizin ( $R_t = 8,53$  min), glukonapin ( $R_t = 9,23$  min), glukosativin ( $R_t = 13,50$  min) in gluukoerucin ( $R_t = 15,62$  min).



Slika 24: Značilen kromatogram glukozinolatov. Vrh A = glukorafanin, B = glukoalizin, C = glukonapin, D = glukosativin, E = glukoerucin

Figure 24: Typical negative ion EIS chromatogram of intact glucosinolates. Peak A = glucoraphanin, B = glucoalyssin, C = glukonapin, D = glukosativin, E = glucoerucin

Preglednica 16: Molekulska masa in MS<sup>2</sup> ioni identificiranih glukozinolatov v tankolistnem dvoredcu v vrstnem redu glede na njihov retencijski čas. Okrajšave: Rt = min, \* = glukozinolat, Glc = glukoza

Table 16: Molecular weight and MS<sup>2</sup> ions of identified glucosinolates in wild rocket in order of their retention. Abbreviations: Rt = min, \* = glucosinolate, Glc = glucose

	Rt	Sistematska imena	Trivialna imena	Tip	m/z [M-H] <sup>-</sup>	MS <sup>2</sup>
A	7,07	4-metilsulfinil-butil*	Glukorafanin	Alkil-tioalkil	436	259 [Glc-SO <sub>3</sub> ] <sup>-</sup>
B	8,53	5-metilsulfinil-pentil*	Glukoalizin	Alkil-tioalkil	450	259 [Glc-SO <sub>3</sub> ] <sup>-</sup>
C	9,23	3-butenil*	Glukonapin	Alkenil	372 (371)	259 [Glc-SO <sub>3</sub> ] <sup>-</sup>
D	13,50	4-merkaptobutil*	Glukosativin	Tioalkil	406	259 [Glc-SO <sub>3</sub> ] <sup>-</sup>
E	15,62	4-metiltiobutil*	Glucoerucin	Alkil-tioalkil	420	259 [Glc-SO <sub>3</sub> ] <sup>-</sup>

V preglednici 16 so opisana vsa sistematska imena in retencijski časi identificiranih glukozinolatov ter za kateri tip glukozinolata gre. V naši raziskavi je prevladoval tip alkiltioalkil, poleg alkenila in tioalkila.

Preglednica 17 prikazuje povprečno vsebnost glukozinolatov pri posameznem vzorcu pri prvi rezi pri obeh tehnologijah gojenja skupaj (kamena volna in šota). V povprečju je imela akcesija 1 najmanjšo vsebnost skupnih glukozinolatov v suhih listih (3,012 g/kg SM) in se je statistično značilno razlikovala od vsebnosti skupnih glukozinolatov v akcesiji 6 (8,170 g/kg SM), ki je imela največ skupnih glukozinolatov v naši raziskavi (preglednica 17). V povprečju obeh tehnologij je bilo v suhih listih največ glukorafanina. Statistično značilne razlike so bile med vzorcem 1 (2,051 g/kg SM) in 7 (6,895 g/kg SM) ter vzorcem 6 (6,930 g/kg SM), sledja sta ga tudi vsebovala največ (preglednica 17). Največ glucoalizina na obeh tehnologijah skupaj je vseboval vzorec 7 (0,113 g/kg SM) in se je statistično značilno razlikoval od vsebnosti v vzorcu 1 (0,037 g/kg SM) (preglednica 17). Najmanj glukonapina sta pri obeh tehnologijah gojenja vsebovala vzorca K2 (0,095 g/kg SM) in 7 (0,097 g/kg SM) in sta se statistično značilno razlikovala od vzorca 8 (0,192 g/kg SM), ki ga je vseboval največ (preglednica 17). Pri skupnem povprečju obeh tehnologij pri vsebnosti

glukosativina med vzorci ni bilo statistično značilnih razlik (preglednica 17). Največ glukoerucina pri obeh tehnologijah gojenja je v povprečju vseboval vzorec 3 (0,834 g/kg SM) in se je statistično značilno razlikoval od povprečnih vsebnosti glukoerucina v vzorcih 1, 9, 2 in 10 (preglednica 17).

Preglednica 17: Povprečna vsebnost individualnih in skupnih glukozinolatov v suhih listih (GLS [g/kg SM]) tankolistnega dvoredca pri prvi rezi na obeh tehnologijah gojenja skupaj, za vsak vzorec posebej  
Table 17: Average content of individual and total glucosinolates (GLS [g/kg SM]) in dry leaves of wild rocket from the first cut for all samples. Data from both growing systems are considered

Vzorec	GRA	GAL	GNA	GSA	GER	skupni GLS
1	2.051a	0.037a	0.143abc	0.667	0.113a	3.012a
2	4.588ab	0.087abc	0.119ab	0.436	0.192a	5.421ab
3	5.503ab	0.053ab	0.164bc	0.504	0.834b	7.058ab
4	6.087ab	0.067abc	0.126ab	0.738	0.422ab	7.441ab
5	6.070ab	0.051ab	0.145abc	0.397	0.314ab	6.978ab
6	6.930b	0.092abc	0.147abc	0.420	0.580ab	8.170b
7	6.895b	0.113c	0.097a	0.323	0.306ab	7.737ab
8	5.309ab	0.086abc	0.192c	0.582	0.378ab	6.546ab
9	5.703ab	0.097bc	0.143abc	0.701	0.130a	6.774ab
10	4.819ab	0.065abc	0.122ab	0.297	0.211a	5.514ab
K1	4.851ab	0.069abc	0.115ab	0.736	0.290ab	6.061ab
K2	4.332ab	0.071abc	0.095a	0.770	0.285ab	5.552ab
Povprečje	5.262	0.074	0.134	0.548	0.338	6.355

Okrajšave: GRA – glukorafanin, GAL – glukotalizin, GNA – glukonapin, GSA – glukosativin, GER – glukoerucin, GLS - glukozinolati

Različne črke pomenijo statistično značilne razlike pri 95 % zaupanju (a, b in c za povprečje glukozinolatov med vzorci)

Different letters mean significant differences at 95 % confidential level (a, b and c for average content of glucosinolates between samples)

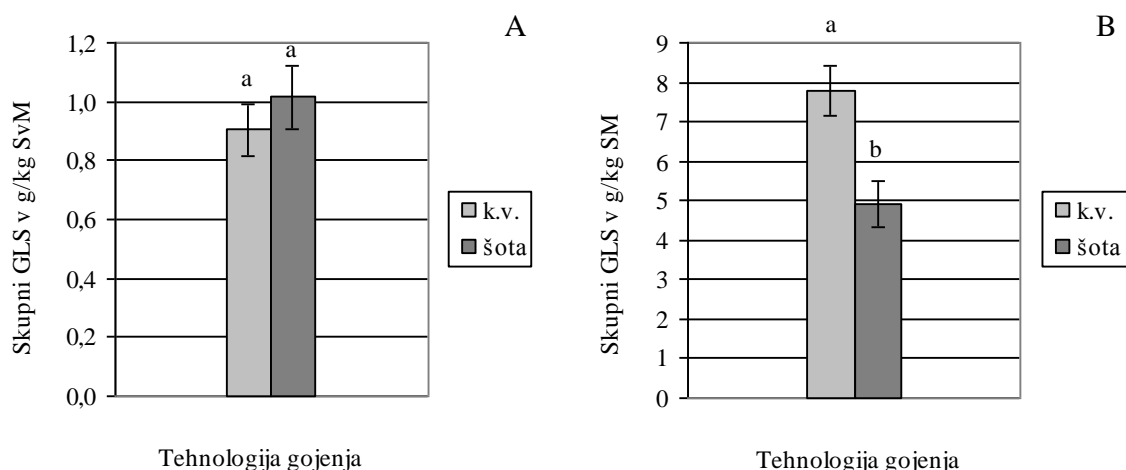
#### 4.2.1 Skupni glukozinolati – primerjava tehnologij

Vsebnost skupnih glukozinolatov se v svežih listih ni statistično značilno razlikovala med vzorci (preglednica 18 in 19). Tudi med tehnologijama gojenja v svežih listih ni bilo značilnih razlik v vsebnosti skupnih glukozinolatov (preglednica 18 in slika 25A). V povprečju so vzorci na kameni volni vsebovali  $0,904 \pm 0,088$  g/kg SvM, na šoti pa  $1,015 \pm 0,106$  g/kg SvM skupnih glukozinolatov (slika 25A). Pri svežih listih ni prišlo do interakcije med vzorci in tehnologijo gojenja (preglednica 18 in priloga B1).

Preglednica 18: *p*-vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije skupnih glukozinolatov v tankolistnem dvoredcu pri prvi rezi na šoti in kameni volni v svežih (SvM) in suhih (SM) listih

Table 18: ANOVA *p*-values for main effects and interactions for total GLS of wild rocket at first cut on peat and rock wool in fresh (SvM) and dry (SM) leaves

Parameter	Glavni vplivi		Interakcije
	Vzorec	Tehnologija	Vzorec tehnologija
Skupni GLS g/kg SvM	NS	NS	NS
Skupni GLS g/kg SM	NS	$p < 0,0051$	NS



Slika 25: Povprečna vsebnost skupnih glukozinolatov v svežih (A) in suhih (B) listih tankolistnega dvoredca (1. rez), gojenega na plavajočem sistemu (k.v.) in konvencionalno (šota). Različni črki (a, b) prikazujeta statistično značilno razliko med tehnologijama gojenja pri  $p < 0,05$ .  
Figure 25: Average total GLS content in first cut fresh leaves [g/kg SvM] (A) and dry leaves [g/kg SM] (B) of 12 samples of wild rocket grown on 2 growing systems. Different letters (a, b) mean significant differences between growing systems by LSD test at  $p < 0.05$ .

Preglednica 19: Povprečna vsebnost skupnih glukozinolatov pri posameznih vzorcih v svežih (GLS [g/kg SvM]) in suhih listih (GLS [g/kg SM]) tankolistnega dvoredca pri prvi rezi na obeh tehnologijah gojenja za vsak vzorec posebej.  
Table 19: Average content of total glucosinolates in fresh (GLS [g/kg SvM]) and dry (GLS [g/kg SM]) leaves of wild rocket from the first cut for all samples.

Vzorec	Skupni glukozinolati (g/kg SvM)				Skupni glukozinolati (g/kg SM)			
	Šota		Kamena volna		Šota		Kamena volna	
	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$
1	0,557	0,117	0,456	0,062	2,46	0,42	3,56	0,58
2	0,776	0,123	0,747	0,173	3,37	0,66	7,47	2,60
3	1,013	0,034	0,719	0,122	6,45	1,72	7,66	1,12
4	1,267	0,421	1,019	0,270	5,73	1,59	9,15	1,91
5	1,135	0,409	1,271	0,869	5,14	1,65	8,82	4,66
6	0,912	0,031	1,344	0,043	4,50	0,52	11,84	0,32
7	1,039	0,059	1,310	0,325	4,39	0,09	11,09	0,83
8	1,478	0,099	0,743	0,089	6,53	0,50	6,56	2,85
9	0,845	0,217	0,995	0,499	4,56	0,56	8,99	2,86
10	0,986	0,164	0,771	0,139	5,05	1,44	5,98	0,75
K1	1,262	0,046	0,645	0,098	6,12	0,20	6,00	0,11
K2	0,909	0,282	0,830	0,013	4,56	1,65	6,55	0,18
Povp.	1,015	0,106	0,904	0,106	4,91 <b>b</b>	0,59	7,81 <b>a</b>	0,59

Različni črki (a, b) prikazujeta statistično značilno razliko med tehnologijama gojenja pri  $p < 0,05$ .  
Different letters (a, b) mean significant differences between growing systems at  $p < 0.05$ .

V suhih listih se je vsebnost skupnih glukozinolatov statistično značilno razlikovala med tehnologijama gojenja (preglednica 18 in slika 25B). V povprečju so vzorci na kameni volni vsebovali  $7,806 \pm 0,633$  g/kg SM skupnih glukozinolatov, na šoti pa  $4,905 \pm 0,588$  g/kg SM (slika 25B). Med vzorci ni bilo statistično značilnih razlik (preglednici 18 in 19).

Do interakcij tudi pri suhih listih med vzorci in tehnologijo gojenja ni prišlo (preglednica 18 in priloga B2).

#### 4.2.2 Posamezni glukozinolati – primerjava tehnologij

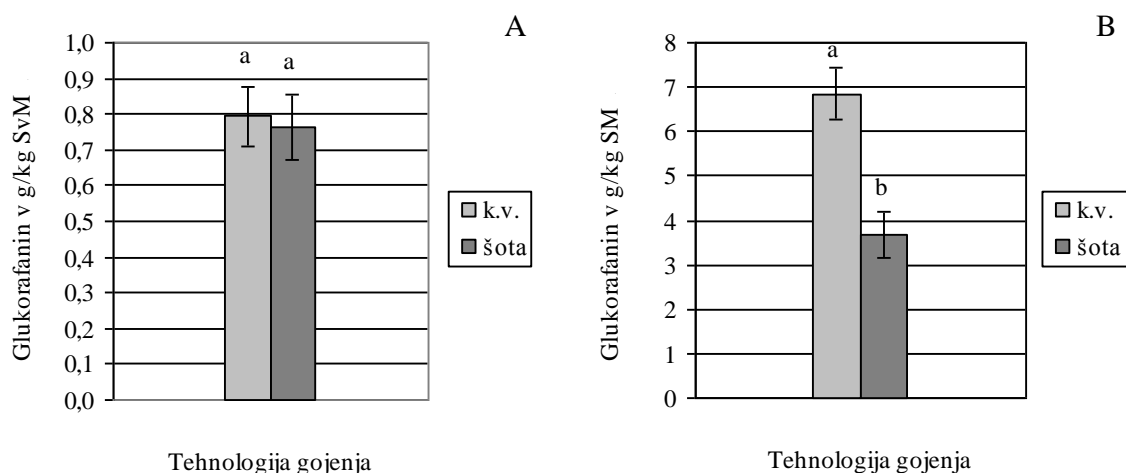
Kot smo že predhodno omenili, smo v naši raziskavi v tankolistnem dvoredcu uspeli identificirati pet različnih glukozinolatov. Primerjava v vsebnosti posameznih glukozinolatov glede na tehnologijo gojenja je bila izvedena na šoti (konvencionalno) in na kameni volni (plavajoči sistem) za prvo rez, na gojitvenih ploščah s 160 vdolbinami.

##### 4.2.2.1 Glukorafanin

V svežih listih se vsebnost glukorafanina ni signifikantno razlikovala med tehnologijama gojenja (preglednica 20 in slika 26A) in med posameznimi vzorci tudi ne (preglednica 21 in priloga C1). V povprečju je bila vsebnost glukorafanina v vzorcih, gojenih na kameni volni,  $0,794 \pm 0,082$  g/kg SvM, na šoti pa  $0,765 \pm 0,093$  g/kg SvM (slika 26A). Interakcije med vzorci in tehnologijo gojenja v svežih listih ni bilo (preglednica 20).

Preglednica 20: *p*-vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije glukorafanina v tankolistnem dvoredcu pri prvi rezi na šoti in kameni volni v svežih (SvM) in suhih (SM) listih  
Table 20: ANOVA *p*-values for main effects and interactions for glucoraphanin in wild rocket at first cut on peat and rock wool in fresh (SvM) and dry (SM) leaves

Parameter	Glavni vplivi		Interakcije
	Vzorec	Tehnologija	Vzorec tehnologija
Glukorafanin g/kg SvM	NS	NS	NS
Glukorafanin g/kg SM	NS	$p < 0,0011$	NS



Slika 26: Povprečna vsebnost glukorafanina v svežih (A) in suhih (B) listih tankolistnega dvoredca (1. rez), gojenega na plavajočem sistemu (k.v.) in konvencionalno (šota)

Različni črki (a, b) označujeta statistično značilno razliko med tehnologijama,  $p < 0,05$

Figure 26: Average content of glucoraphanin in first cut fresh leaves [g/kg SvM] (A) and dry leaves [g/kg SM] (B) of wild rockets from 2 growing systems

Different letters (a, b) mean significant differences between growing systems by LSD test at  $p < 0.05$

V suhih listih je bila razlika med tehnologijama gojenja statistično značilna (preglednica 20 in slika 27B). Med vzorci ni bilo statistično značilnih razlik (preglednica 20 in priloga C2). V povprečju so vzorci, gojeni na kameni volni, vsebovali  $6,848 \pm 0,585$  g/kg SM glukorafanina, gojeni na šoti pa  $3,675 \pm 0,513$  g/kg SM (slika 26B). Interakcije med tehnologijo gojenja in vzorci v suhih listih ni bilo (preglednica 20).

Podatki o vsebnosti glukorafanina za posamezen vzorec v svežih in suhih listih so prikazani v preglednici 21 in prilogah C1 in C2.

Preglednica 21: Povprečna vsebnost glukorafanina v svežih (GLS [g/kg SvM]) in suhih listih (GLS [g/kg SM]) tankolistnega dvoredca pri prvi rezi na obeh tehnologijah gojenja za vsak vzorec posebej  
Table 21: Average content of glucoraphanin in fresh (GLS [g/kg SvM]) and dry (GLS [g/kg SM]) leaves of wild rocket at first cut for all samples

Vzorec	Glukorafanin (g/kg SvM)				Glukorafanin (g/kg SM)			
	Šota		Kamena volna		Šota		Kamena volna	
	$\bar{x}$	$\pm$ SE	$\bar{x}$	$\pm$ SE	$\bar{x}$	$\pm$ SE	$\bar{x}$	$\pm$ SE
1	0,331	0,056	0,338	0,064	1,465	0,187	2,637	0,573
2	0,561	0,128	0,669	0,189	2,444	0,644	6,732	2,654
3	0,713	0,092	0,618	0,095	4,414	0,776	6,592	0,863
4	0,910	0,366	0,900	0,237	4,098	1,434	8,077	1,679
5	0,937	0,325	1,150	0,827	4,242	1,306	7,898	4,554
6	0,774	0,028	1,139	0,036	3,819	0,444	10,042	0,269
7	0,877	0,004	1,182	0,244	3,710	0,118	10,081	0,310
8	1,119	0,061	0,652	0,046	4,945	0,319	5,672	2,229
9	0,616	0,173	0,897	0,454	3,318	0,485	8,089	2,626
10	0,769	0,115	0,735	0,129	3,934	1,060	5,704	0,680
K1	0,939	0,142	0,546	0,038	4,551	0,671	5,151	0,519
K2	0,631	0,168	0,699	0,045	3,156	1,003	5,507	0,283
Povp.	0,765	0,092	0,794	0,092	3,675 <b>b</b>	0,513	6,848 <b>a</b>	0,513

Različni črki (a, b) prikazujeta statistično značilno razliko med tehnologijama gojenja pri  $p < 0,05$   
Different letters (a, b) mean significant differences between growing systems at  $p < 0,05$

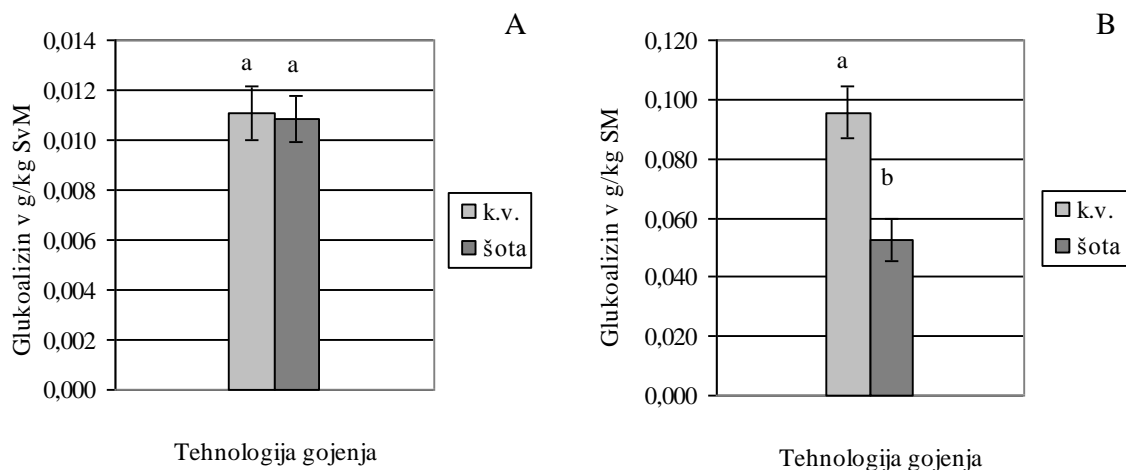
#### 4.2.2.2 Glukoalizin

V svežih listih se vsebnost glukoalizina ni statistično značilno razlikovala med tehnologijama (preglednica 22 in slika 27A). V povprečju ga je bilo v vzorcih, gojenih na kameni volni,  $0,011 \pm 0,001$  g/kg SvM, gojenih na šoti pa  $0,011 \pm 0,001$  g/kg SvM (slika 27A).

Preglednica 22:  $p$ -vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije glukoalizina v tankolistnem dvoredcu pri prvi rezi na šoti in kameni volni v svežih (SvM) in suhih (SM) listih  
Table 22: ANOVA  $p$ -values for main effects and interactions for glucoalyssin of wild rocket at first cut on peat and rock wool in fresh (SvM) and dry (SM) leaves

Parameter	Glavni vplivi		Interakcije
	Vzorec	Tehnologija	Vzorec tehnologija
Glukoalizin g/kg SvM	NS	NS	NS
Glukoalizin g/kg SM	NS	$p < 0,0014$	NS

Med vzorci ni bilo statistično značilnih razlik (preglednica 22 in priloga D1). Do interakcij med vzorci in tehnologijo gojenja v svežih listih ni prišlo (preglednica 22).



Slika 27: Povprečna vsebnost glukoalizina v svežih (A) in suhih (B) listih tankolistnega dvoredca (1. rez), gojenega na plavajočem sistemu (k.v.) in konvencionalno (šota)

Različni črki (a, b) označujeta statistično značilno razliko med gojitvenima sistemoma,  $p < 0,05$

Figure 27: Average content of glucoalyssin in first cut fresh leaves [g/kg SvM] (A) and dry leaves [g/kg SM] (B) of wild rocket from 2 growing systems

Different letters (a, b) mean significant differences between growing systems by LSD test at  $p < 0,05$

Preglednica 23: Povprečna vsebnost glukoalizina v svežih (GLS [g/kg SvM]) in suhih listih (GLS [g/kg SM]) tankolistnega dvoredca pri prvi rezi na dveh tehnologijah gojenja za vsak vzorec posebej

Table 23: Average content of glucoalyssin in fresh (GLS [g/kg SvM]) and dry (GLS [g/kg SM]) leaves of wild rocket at first cut for all samples

Vzorec	Glukoalizin (g/kg SvM)				Glukoalizin (g/kg SM)			
	Šota		Kamena volna		Šota		Kamena volna	
	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$
1	0,003	0,003	0,008	0,000	0,014	0,014	0,060	0,002
2	0,010	0,002	0,013	0,002	0,042	0,010	0,131	0,033
3	0,009	0,000	0,005	0,005	0,058	0,015	0,048	0,048
4	0,012	0,002	0,009	0,001	0,053	0,008	0,081	0,006
5	0,010	0,003	0,009	0,009	0,046	0,010	0,057	0,057
6	0,011	0,000	0,015	0,000	0,053	0,003	0,132	0,000
7	0,017	0,000	0,018	0,003	0,072	0,002	0,155	0,004
8	0,017	0,001	0,011	0,001	0,074	0,004	0,098	0,037
9	0,013	0,001	0,014	0,007	0,069	0,004	0,125	0,038
10	0,010	0,001	0,010	0,001	0,050	0,012	0,080	0,004
K1	0,010	0,001	0,009	0,001	0,050	0,007	0,087	0,008
K2	0,010	0,001	0,012	0,001	0,048	0,010	0,094	0,010
Povp.	0,011	0,001	0,011	0,001	0,052 <b>b</b>	0,007	0,096 <b>a</b>	0,007

Različni črki (a, b) prikazujeta statistično značilno razliko med tehnologijama gojenja pri  $p < 0,05$

Different letters (a, b) mean significant differences between growing systems at  $p < 0,05$

V suhih listih je imela tehnologija gojenja statistično značilen vpliv na vsebnost glukoalizina (preglednica 22 in slika 27B). V povprečju ga je bilo v vzorcih, gojenih na kameni volni  $0,096 \pm 0,009$  g/kg SM, gojenih na šoti pa  $0,052 \pm 0,007$  g/kg SM. Med



vzorci ni bilo statistično značilnih razlik (preglednica 22 in priloga D2). Interakcije med tehnologijo in vzorci v suhih listih ni bilo (preglednica 22).

Podatki o vsebnosti glukozinolatov za posamezni vzorec v svežih in suhih listih so prikazani v preglednici 23 in prilogah D1 in D2.

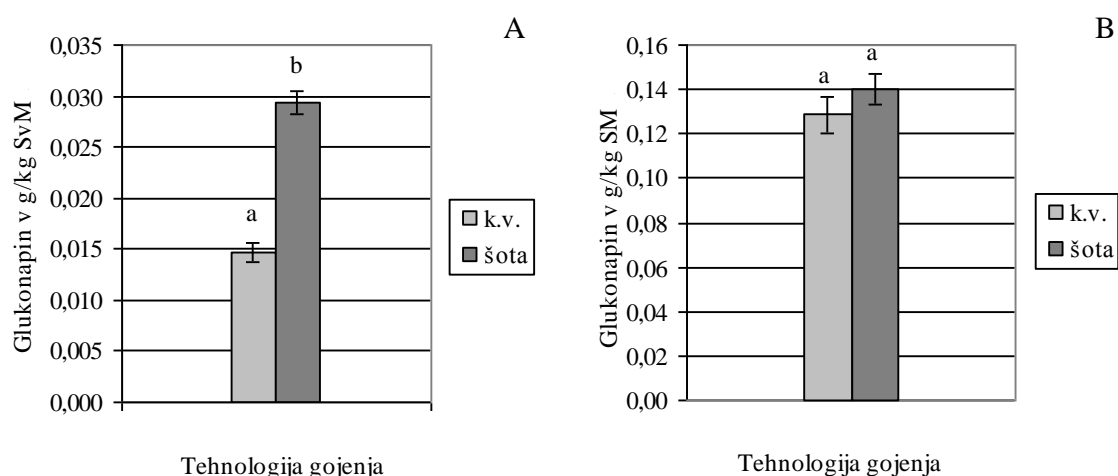
#### 4.2.2.3 Glukonapin

V svežih listih je imela na vsebnost glukonapina tehnologija gojenja statistično značilen vpliv (preglednica 24 in slika 28A). V povprečju ga je bilo v vzorcih, gojenih na kameni volni,  $0,015 \pm 0,001$  g/kg SvM, gojenih na šoti pa  $0,029 \pm 0,001$  g/kg SvM (slika 28A). Med posameznimi vzorci v svežih listih so bile statistično značilne razlike v vsebnosti glukonapina (preglednica 24 in priloga E1). V povprečju obeh tehnologij ga je najmanj vseboval vzorec K2 ( $0,016 \pm 0,003$  g/kg SvM), največ pa vzorec 8 ( $0,033 \pm 0,003$  g/kg SvM) (preglednica 26). Do interakcij med vzorci in tehnologijo gojenja v svežih listih ni prišlo (preglednica 24).

Preglednica 24: *p*-vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije glukonapina v tankolistnem dvoredcu pri prvi rezi na šoti in kameni volni v svežih (SvM) in suhih (SM) listih

Table 24: ANOVA *p*-values for main effects and interactions for gluconapin in wild rocket at first cut on peat and rock wool in fresh (SvM) and dry (SM) leaves

Parameter	Glavni vplivi		Interakcije
	Vzorec	Tehnologija	Vzorec tehnologija
Glukonapin g/kg SvM	$p < 0,0288$	$p < 0,0000$	NS
Glukonapin g/kg SM	$p < 0,0401$	NS	NS



Slika 28: Povprečna vsebnost glukonapina v svežih (A) in suhih (B) listih tankolistnega dvoredca (1. rez), gojenega na plavajočem sistemu (k.v.) in konvencionalno (šota)

Različni črki (a, b) označujeta statistično značilno razliko med gojitvenima sistemoma,  $p < 0,05$

Figure 28: Average content of gluconapin in first cut fresh leaves [g/kg SvM] (A) and dry leaves [g/kg SM] (B) of wild rocket from 2 growing systems

Different letters (a, b) mean significant differences between growing systems by LSD test at  $p < 0.05$

Preglednica 25: Povprečna vsebnost glukonapina v svežih (GLS [g/kg SvM]) in suhih listih (GLS [g/kg SM]) tankolistnega dvoredca pri prvi rezi na obeh tehnologijah gojenja za vsak vzorec posebej  
Table 25: Average content of gluconapin in fresh (GLS [g/kg SvM]) and dry (GLS [g/kg SM]) leaves of wild rocket at first cut for all samples

Vzorec	Glukonapin (g/kg SvM)				Glukonapin (g/kg SM)			
	Šota		Kamena volna		Šota		Kamena volna	
	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$
1	0,035	0,004	0,017	0,001	0,154	0,011	0,133	0,001
2	0,031	0,000	0,011	0,000	0,136	0,003	0,103	0,017
3	0,025	0,004	0,016	0,003	0,154	0,024	0,173	0,025
4	0,029	0,003	0,013	0,003	0,134	0,005	0,119	0,022
5	0,032	0,001	0,016	0,003	0,147	0,010	0,144	0,062
6	0,027	0,003	0,019	0,000	0,129	0,006	0,166	0,001
7	0,023	0,002	0,012	0,002	0,099	0,005	0,101	0,002
8	0,042	0,001	0,024	0,004	0,187	0,000	0,196	0,036
9	0,031	0,005	0,012	0,003	0,167	0,006	0,118	0,001
10	0,032	0,008	0,011	0,000	0,158	0,020	0,087	0,006
K1	0,025	0,002	0,012	0,003	0,119	0,012	0,111	0,010
K2	0,020	0,000	0,012	0,000	0,098	0,007	0,091	0,001
Povp.	0,029 <b>b</b>	0,001	0,015 <b>a</b>	0,001	0,140	0,006	0,128	0,006

Različne črke pomenijo statistično značilne razlike pri 95 % zaupanju (a in b za povprečje med tehnologijama)  
Different letters (a, b) mean significant differences at 95 % confidential level (a and b for average between growing systems)

Preglednica 26: Povprečna vsebnost glukonapina v svežih (GLS [g/kg SvM]) in suhih listih (GLS [g/kg SM]) tankolistnega dvoredca pri prvi rezi na obeh tehnologijah gojenja skupaj za vsak vzorec posebej  
Table 26: Average content of gluconapin in fresh (GLS [g/kg SvM]) and dry (GLS [g/kg SM]) leaves of wild rocket at first cut for all samples on both growing technologies

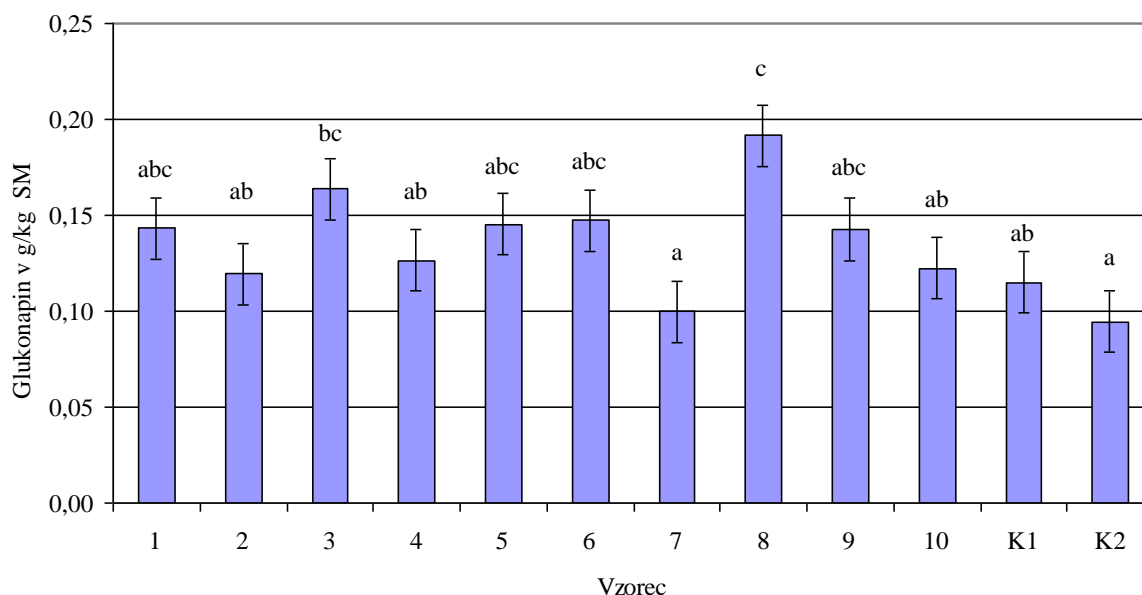
Vzorec	Glukonapin (g/kg SvM)			Glukonapin (g/kg SM)		
	Obe tehnologiji skupaj			Obe tehnologiji skupaj		
	$\bar{x}$	$\pm SE$		$\bar{x}$	$\pm SE$	
1	0,026	0,003	<b>bc</b>	0,143	0,016	<b>abc</b>
2	0,021	0,003	<b>ab</b>	0,119	0,016	<b>ab</b>
3	0,021	0,003	<b>ab</b>	0,164	0,016	<b>bc</b>
4	0,021	0,003	<b>ab</b>	0,126	0,016	<b>ab</b>
5	0,024	0,003	<b>ab</b>	0,145	0,016	<b>abc</b>
6	0,023	0,003	<b>ab</b>	0,147	0,016	<b>abc</b>
7	0,018	0,003	<b>ab</b>	0,100	0,016	<b>a</b>
8	0,033	0,003	<b>c</b>	0,192	0,016	<b>c</b>
9	0,021	0,003	<b>ab</b>	0,143	0,016	<b>abc</b>
10	0,022	0,003	<b>ab</b>	0,122	0,016	<b>ab</b>
K1	0,018	0,003	<b>ab</b>	0,115	0,016	<b>ab</b>
K2	0,016	0,003	<b>a</b>	0,095	0,016	<b>a</b>
Povp.	0,022	0,003		0,134	0,016	

Različne črke pomenijo statistično značilne razlike pri 95 % zaupanju (a, b in c za povprečje med vzorci pri obeh tehnologijah gojenja)  
Different letters mean significant differences at 95 % confidential level (a, b and c for average between samples on both growing systems)

V suhih listih med tehnologijama gojenja ni bilo statistično značilnih razlik (preglednica 24 in slika 28B). Statistično značilne razlike pa so bile med posameznimi vzorci (preglednici

24 in 26 ter slika 29 in priloga E2) za povprečje obeh tehnologij skupaj. V povprečju sta najmanj glukonapina vsebovala vzorca K2 ( $0,095 \pm 0,016$  g/kg SM) in 7 ( $0,100 \pm 0,016$  g/kg SM), največ pa vzorec 8 ( $0,192 \pm 0,016$  g/kg SM) na kameni volni in šoti skupaj (preglednica 26 in slika 29). Interakcije med tehnologijo in vzorci v suhih listih ni bilo (preglednica 24).

Podatki o vsebnosti glukonapina v posameznih vzorcih v svežih in suhih listih so prikazani v preglednici 25 in prilogah C5 in C6.



Slika 29: Povprečna vsebnost glukonapina v suhih listih tankolistnega dvoredca na obeh tehnologijah za posamezen vzorec

Različne črke pomenijo statistično značilne razlike pri 95 % zaupanju (a, b in c za vzorce)

Figure 29: Average content of gluconapin in wild rocket dry leaves on both growing systems for each sample  
Different letters mean significant differences at 95 % confidential level (a, b and c for samples)

#### 4.2.2.4 Glukosativin

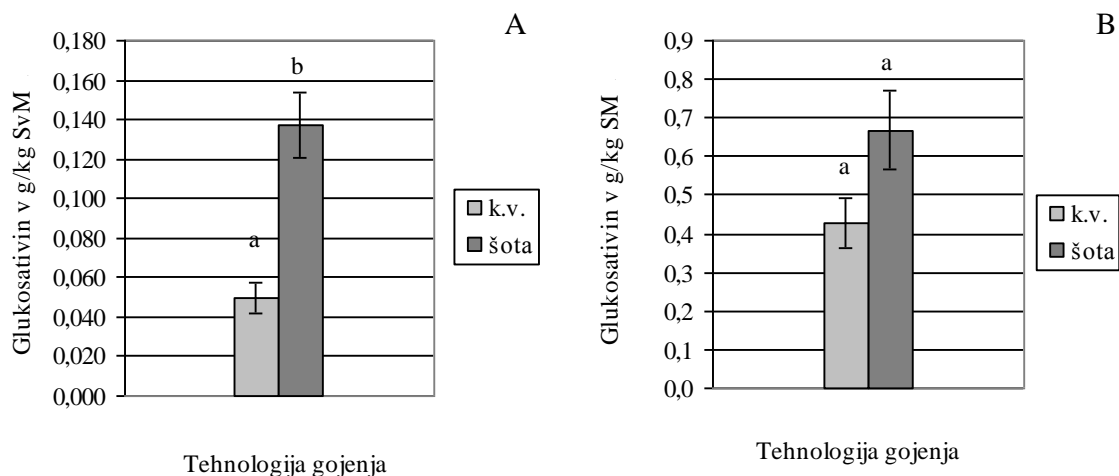
V svežih listih je imela na vsebnost glukosativina tehnologija gojenja statistično značilen vpliv (preglednica 27 in slika 30A). V povprečju so ga vzorci, gojeni na kameni volni, vsebovali  $0,049 \pm 0,017$  g/kg SvM, gojeni na šoti pa  $0,137 \pm 0,017$  g/kg SvM (slika 30A). Med vzorci ni bilo statistično značilnih razlik (preglednica 27 in priloga F1). Med vzorci in tehnologijo gojenja v svežih listih ni prišlo do interakcije (preglednica 27).

Preglednica 27: *p*-vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije glukosativina v tankolistnem dvoredcu pri prvi rezi na šoti in kameni volni v svežih (SvM) in suhih (SM) listih

Table 27: ANOVA *p*-values for main effects and interactions for glucosativin in wild rocket at first cut on peat and rock wool in fresh (SvM) and dry (SM) leaves

Parameter	Glavni vplivi		Interakcije
	Vzorec	Tehnologija	Vzorec tehnologija
Glukosativin g/kg SvM	NS	$p < 0,0035$	NS
Glukosativin g/kg SM	NS	NS	NS

V suhih listih na vsebnost glukosativina tehnologija gojenja ni imela statistično značilnega vpliva (preglednica 27 in slika 30B). V povprečju so ga vzorci, gojeni na kameni volni vsebovali  $0,429 \pm 0,064$  g/kg SM, gojeni na šoti pa  $0,667 \pm 0,102$  g/kg SM (slika 30B). Tudi med vzorci ni bilo statistično značilnih razlik (preglednica 27 in priloga F2). Interakcije med tehnologijo gojenja in vzorci v suhih listih ni bilo (preglednica 27).



Slika 30: Povprečna vsebnost glukosativina v svežih (A) in suhih (B) listih tankolistnega dvoredca (1. rez), gojenega na plavajočem sistemu (k.v.) in konvencionalno (šota)

Različni črki (a, b) označujeta statistično značilno razliko med gojitvenima sistemoma,  $p < 0,05$

Figure 30: Average content of glucosativin in first cut fresh leaves [g/kg SvM] (A) and dry leaves [g/kg SM] (B) of wild rocket from 2 growing systems

Different letters (a, b) mean significant differences between growing systems by LSD test at  $p < 0.05$

Preglednica 28: Povprečna vsebnost glukosativina v svežih (GLS [g/kg SvM]) in suhih listih (GLS [g/kg SM]) tankolistnega dvoredca pri prvi rezi na obeh tehnologijah gojenja za vsak vzorec posebej

Table 28: Average content of glucosativin in fresh (GLS [g/kg SvM]) and dry (GLS [g/kg SM]) leaves of wild rocket at first cut for each sample

Vzorec	Glukosativin (g/kg SvM)				Glukosativin (g/kg SM)			
	Šota		Kamena volna		Šota		Kamena volna	
	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$
1	0,167	0,061	0,078	0,002	0,732	0,240	0,603	0,004
2	0,112	0,009	0,043	0,021	0,480	0,021	0,391	0,154
3	0,093	0,017	0,035	0,008	0,630	0,288	0,379	0,092
4	0,230	0,001	0,046	0,010	1,060	0,058	0,415	0,064
5	0,089	0,058	0,048	0,004	0,400	0,248	0,394	0,061
6	0,051	0,000	0,067	0,030	0,251	0,018	0,588	0,269
7	0,055	0,055	0,053	0,031	0,223	0,223	0,423	0,188
8	0,192	0,015	0,028	0,028	0,851	0,074	0,313	0,313
9	0,152	0,015	0,061	0,024	0,838	0,036	0,564	0,108
10	0,113	0,038	0,000	0,000	0,594	0,264	0,000	0,000
K1	0,199	0,103	0,064	0,064	0,965	0,503	0,507	0,507
K2	0,192	0,097	0,071	0,071	0,976	0,531	0,564	0,564
Povp.	0,137 <b>b</b>	0,017	0,049 <b>a</b>	0,017	0,666	0,102	0,428	0,102

Različni črki (a, b) prikazujeta statistično značilno razliko med tehnologijama gojenja pri  $p < 0,05$

Different letters (a, b) mean significant differences between growing systems at  $p < 0.05$

Podatki o vsebnosti glukosativina med posameznimi vzorci v svežih in suhih listih so prikazani v preglednici 28.

#### 4.2.2.5 Glukoerucin

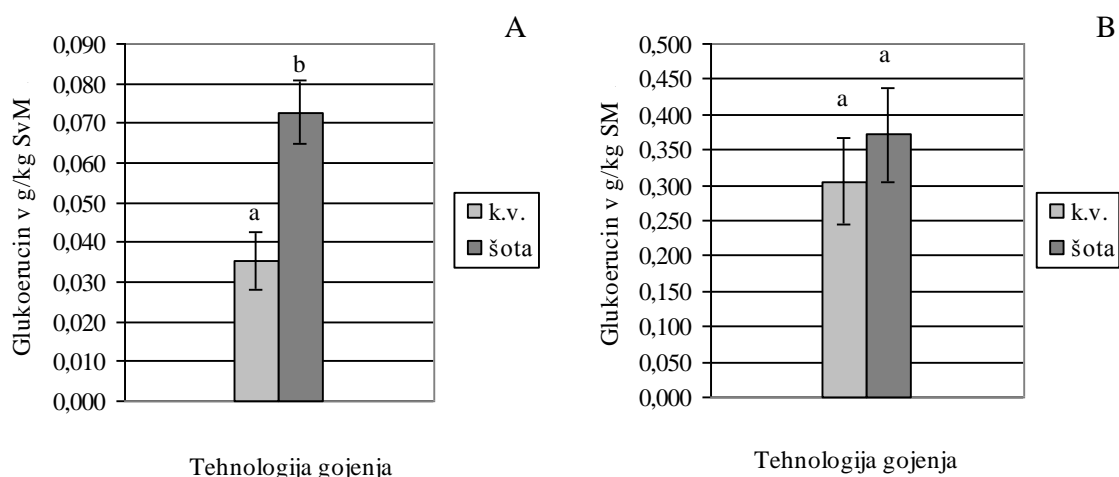
V svežih listih je imela tehnologija gojenja statistično značilen vpliv na vsebnost glukoerucina (preglednica 29 in slika 31A). V povprečju ga je bilo v vzorcih, gojenih na kameni volni,  $0,035 \pm 0,008$  g/kg SvM, gojenih na šoti pa  $0,073 \pm 0,008$  g/kg SvM (slika 31A). Med vzorci ni bilo statistično značilnih razlik (preglednica 29 in priloga G1). Med vzorci in tehnologijo gojenja v svežih listih ni bilo interakcij (preglednica 29).

V suhih listih med tehnologijama gojenja ni bilo statistično značilnih razlik (preglednica 29 in slika 31B). V povprečju so vzorci, gojeni na kameni volni vsebovali  $0,304 \pm 0,067$  g/kg SM glukoerucina, gojeni na šoti pa  $0,371 \pm 0,067$  g/kg SM (slika 31B). Tudi v suhih listih se povprečne vsebnosti glukoerucina v vzorcih niso statistično značilno razlikovale (preglednica 29 in priloga G2). Interakcije med tehnologijo in vzorci v suhih listih ni bilo (preglednica 29).

Preglednica 29: *p*-vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije glukoerucina v tankolistnem dvoredcu pri prvi rezi na šoti in kameni volni v svežih (SvM) in suhih (SM) listih

Table 29: ANOVA *p*-values for main effects and interactions for glukoerucin in wild rocket at first cut on peat and rock wool in fresh (SvM) and dry (SM) leaves

Parameter	Glavni vplivi		Interakcije
	Vzorec	Tehnologija	Vzorec tehnologija
Glukoerucin g/kg SvM	NS	$p < 0,0066$	NS
Glukoerucin g/kg SM	NS	NS	NS



Slika 31: Povprečna vsebnost glukoerucina v svežih (A) in suhih (B) listih tankolistnega dvoredca (1. rez), gojenega na plavajočem sistemu (k.v.) in konvencionalno (šota)

Različni črki (a, b) označujeta statistično značilno razliko med gojitvenima sistemoma,  $p < 0,05$

Figure 31: Average content of glucoerucin in first cut fresh leaves [g/kg SvM] (A) and dry leaves [g/kg SM] (B) of wild rocket from 2 growing systems

Different letters (a, b) mean significant differences between growing systems by LSD test at  $p < 0.05$

Podatki o vsebnosti glucoerucina v posameznih vzorcih v svežih in suhih listih so prikazani v preglednici 30.

Preglednica 30: Povprečna vsebnost glucoerucina v svežih (GLS [g/kg SvM]) in suhih listih (GLS [g/kg SM]) tankolistnega dvoredca pri prvi rezi na obeh tehnologijah gojenja za vsak vzorec posebej  
Table 30: Average content of glucoerucin in fresh (GLS [g/kg SvM]) and dry (GLS [g/kg SM]) leaves of wild rocket from the first cut for each sample

Vzorec	Glucoerucin (g/kg SvM)				Glucoerucin (g/kg SM)			
	Šota		Kamena volna		Šota		Kamena volna	
	$\bar{x}$	$\pm$ SE	$\bar{x}$	$\pm$ SE	$\bar{x}$	$\pm$ SE	$\bar{x}$	$\pm$ SE
1	0,022	0,001	0,016	0,000	0,099	0,008	0,127	0,001
2	0,062	0,003	0,011	0,003	0,270	0,022	0,113	0,045
3	0,173	0,045	0,045	0,027	1,198	0,619	0,470	0,280
4	0,086	0,048	0,051	0,018	0,386	0,200	0,459	0,135
5	0,067	0,024	0,047	0,032	0,302	0,098	0,327	0,175
6	0,049	0,007	0,104	0,036	0,243	0,056	0,917	0,317
7	0,067	0,003	0,045	0,045	0,283	0,021	0,329	0,329
8	0,107	0,025	0,027	0,018	0,475	0,116	0,282	0,232
9	0,033	0,023	0,012	0,012	0,169	0,105	0,091	0,091
10	0,061	0,017	0,014	0,009	0,316	0,125	0,106	0,067
K1	0,090	0,008	0,014	0,008	0,437	0,039	0,143	0,102
K2	0,056	0,016	0,037	0,014	0,281	0,095	0,288	0,105
Povp.	0,073 <b>b</b>	0,008	0,035 <b>a</b>	0,008	0,371	0,067	0,304	0,067

Različni črki (a, b) prikazujeta statistično značilno razliko med tehnologijama gojenja pri  $p < 0,05$   
Different letters (a, b) mean significant differences between growing systems at  $p < 0,05$

#### 4.2.3 Primerjava vsebnosti glukozinolatov pri prvi in drugi rezi na kameni volni

V svežih listih se vsebnost skupnih glukozinolatov ni statistično značilno razlikovala med prvo in drugo rezjo, izvedeno na vzorcih, gojenih na kameni volni (preglednica 31 in slika 32A). V povprečju je bila vsebnost skupnih GLS ob prvi rezi  $0,904 \pm 0,088$  g/kg SvM, ob drugi pa  $0,662 \pm 0,051$  g/kg SvM (slika 32A). Med vzorci ni bilo statistično značilnih razlik v vsebnosti skupnih GLS (preglednica 31 in priloga B1). Med vzorci in posamezno rezjo v svežih listih ni prišlo do interakcij (preglednica 31).

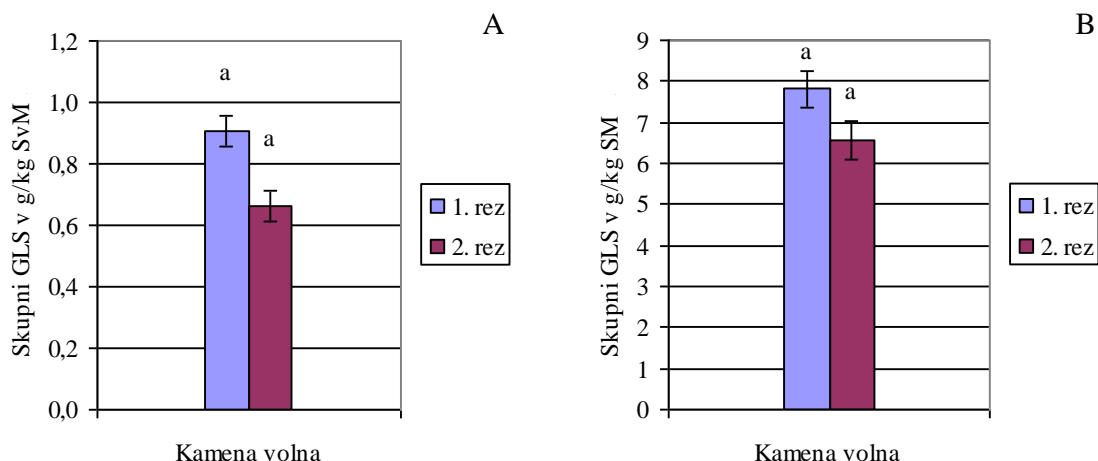
Preglednica 31:  $p$ -vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije skupnih glukozinolatov v tankolistnem dvoredcu pri prvi in drugi rezi na kameni volni v svežih (SvM) in suhih (SM) listih

Table 31: ANOVA  $p$ -values for main effects and interactions for total glucosinolates of wild rocket at first and second cut on rock wool in fresh (SvM) and dry (SM) leaves

Parameter	Glavni vplivi		Interakcije
	Vzorec	1. in 2. rez	Vzorec 1. in 2. rez
Skupni GLS g/kg SvM	NS	NS	NS
Skupni GLS g/kg SM	NS	NS	NS

Tudi v suhih listih med prvo in drugo rezjo ni bilo statistično značilnih razlik (preglednica 31 in slika 32B). V povprečju je bila vsebnost skupnih GLS ob prvi rezi  $7,806 \pm 0,633$  g/kg SM, ob drugi pa  $6,580 \pm 0,465$  g/kg SM (slika 32B). V povprečju se vzorci med seboj po vsebnosti skupnih glukozinolatov v suhih listih niso statistično značilno razlikovali

(preglednica 31 in priloga B2). Interakcije med posamezno rezjo in vzorci v suhih listih ni bilo (preglednica 31).



Slika 32: Povprečna vsebnost skupnih glukozinolatov vseh vzorcev na kameni volni v svežih – [g/kg SvM] (A) in suhih listih – [g/kg SM] (B) pri prvi in drugi rezi

Različni črki (a, b) prikazujeta statistično značilno razliko med rezema pri  $p < 0,05$

Figure 32: Average total GLS content in all samples of wild rocket grown on rock wool at first and second cuts in fresh leaves [g/kg SvM] (A) and dry leaves [g/kg SM] (B)

Different letters (a, b) mean significant differences between growing systems by LSD test at  $p < 0.05$

Podatki o vsebnosti skupnih glukozinolatov v posameznih vzorcih v svežih in suhih listih tankolistnega dvoredca pri prvi in drugi rezi so prikazani v preglednici 32.

Preglednica 32: Povprečna vsebnost skupnih glukozinolatov v svežih (GLS [g/kg SvM]) in suhih listih (GLS [g/kg SM]) tankolistnega dvoredca pri prvi in drugi rezi na kameni volni za vsak vzorec posebej

Table 32: Average content of total glucosinolates in fresh (GLS [g/kg SvM]) and dry (GLS [g/kg SM]) leaves of wild rocket at first and second cuts for each sample

Vzorec	Skupni glukozinolati (g/kg SvM)				Skupni glukozinolati (g/kg SM)			
	Prva rez		Druga rez		Prva rez		Druga rez	
	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$
1	0,456	0,062	0,480	0,030	3,560	0,579	5,115	0,487
2	0,747	0,173	0,476	0,074	7,471	2,596	4,647	0,183
3	0,719	0,122	0,677	0,139	7,661	1,124	6,357	0,796
4	1,020	0,270	0,661	0,102	9,151	1,907	6,313	1,402
5	1,271	0,869	0,516	0,052	8,820	4,662	5,037	0,426
6	1,344	0,043	0,712	0,239	11,845	0,317	7,117	2,073
7	1,310	0,325	0,925	0,174	11,089	0,826	10,313	1,323
8	0,743	0,089	0,633	0,230	6,561	2,846	5,598	1,912
9	0,995	0,499	0,541	0,029	8,987	2,863	5,380	0,118
10	0,771	0,139	0,872	0,334	5,978	0,746	7,746	1,950
K1	0,645	0,098	0,676	0,290	5,999	0,112	7,219	2,387
K2	0,830	0,013	0,775	0,327	6,546	0,184	8,122	2,884
Povp.	0,904	0,088	0,662	0,051	7,806	0,633	6,580	0,465

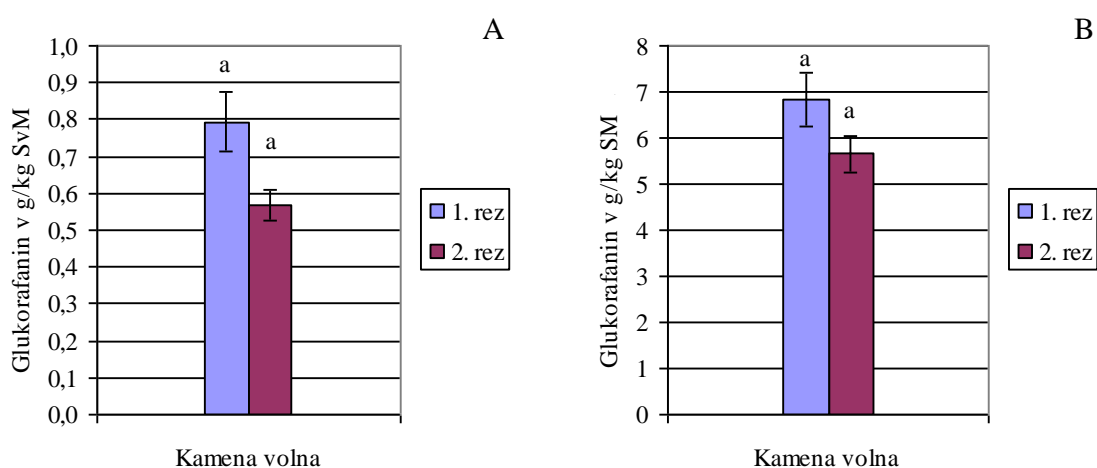
Vsebnost glukorafanina v svežih listih se v drugi rezi v povprečju ni statistično značilno razlikovala od povprečne vsebnosti pri prvi rezi (preglednica 33 in slika 33A). Povprečna vsebnost glukorafanina v svežih listih je bila pri prvi rezi  $0,794 \pm 0,082$  g/kg SvM pri drugi rezi pa  $0,567 \pm 0,043$  g/kg SvM (slika 33A). Med vzorci ni bilo statistično značilnih razlik (preglednica 33 in priloga C1). Interakcij med vzorci in posamezno rezjo v svežih listih ni bilo (preglednica 33).

Tudi v suhih listih povprečna vsebnost glukorafanina ni bila statistično značilno različna med drugo in prvo rezjo (preglednica 33 in slika 33B). V suhih listih je bila povprečna vsebnost glukorafanina v vzorcih pri prvi rezi  $6,848 \pm 0,585$  g/kg SM, pri drugi rezi pa  $5,654 \pm 0,405$  g/kg SM (slika 33B). Med vzorci v suhih listih ni bilo statistično značilnih razlik v vsebnosti glukorafanina (preglednica 33 in priloga C2). Interakcije med posamezno rezjo in vzorci v suhih listih ni bilo (preglednica 33).

Preglednica 33: *p*-vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije glukorafanina v tankolistnem dvoredcu pri prvi in drugi rezi na kameni volni v svežih (SvM) in suhih (SM) listih

Table 33: ANOVA *p*-values for main effects and interactions for glucoraphanin in wild rocket at first and second cuts on rock wool in fresh (SvM) and dry (SM) leaves

Parameter	Glavni vplivi		Interakcije
	Vzorec	1. in 2. rez	Vzorec 1. in 2. rez
Glukorafanin g/kg SvM	NS	NS	NS
Glukorafanin g/kg SM	NS	NS	NS



Slika 33: Povprečna vsebnost glukorafanina na kameni volni v svežih – [g/kg SvM] (A) in suhih listih – [g/kg SM] (B) pri prvi in drugi rezi vseh 12 vzorcev

Različni črki (a, b) prikazujeta statistično značilno razliko med rezema pri  $p < 0,05$

Figure 33: Average glucoraphanin content in fresh leaves [g/kg SvM] (A) and dry leaves [g/kg SM] (B) from the first and second cut of 12 samples of wild rocket grown on rock wool

Different letters (a, b) mean significant differences between growing systems by LSD test at  $p < 0.05$

Podatki o vsebnosti glukorafanina v suhih in svežih listih pri prvi in drugi rezi so prikazani v preglednici 34.



Preglednica 34: Povprečna vsebnost glukorafanina v svežih (GLS [g/kg SvM]) in suhih listih (GLS [g/kg SM]) tankolistnega dvoredca pri prvi in drugi rezi na kameni volni za vsak vzorec posebej  
Table 34: Average content of glucoraphanin in fresh (GLS [g/kg SvM]) and dry (GLS [g/kg SM]) leaves of wild rocket from the first and second cut for each sample

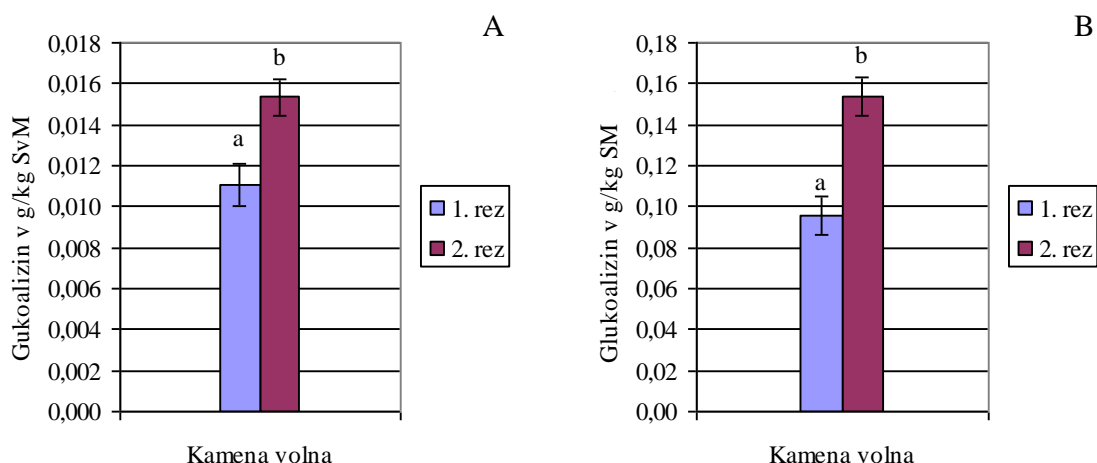
Vzorec	Glukorafanin (g/kg SvM)				Glukorafanin (g/kg SM)			
	Prva rez		Druga rez		Prva rez		Druga rez	
	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$
1	0,338	0,064	0,383	0,006	2,637	0,573	4,067	0,064
2	0,669	0,189	0,406	0,085	6,732	2,654	3,942	0,367
3	0,618	0,095	0,552	0,084	6,592	0,863	5,204	0,376
4	0,900	0,237	0,598	0,117	8,077	1,679	5,733	1,501
5	1,150	0,827	0,456	0,044	7,898	4,554	4,446	0,355
6	1,139	0,036	0,662	0,246	10,042	0,269	6,608	2,168
7	1,182	0,244	0,774	0,100	10,081	0,310	8,667	0,586
8	0,652	0,046	0,487	0,173	5,672	2,229	4,307	1,436
9	0,897	0,454	0,471	0,013	8,089	2,626	4,712	0,487
10	0,735	0,129	0,728	0,248	5,704	0,680	6,509	1,337
K1	0,546	0,038	0,618	0,269	5,151	0,519	6,597	2,227
K2	0,699	0,045	0,672	0,262	5,507	0,283	7,060	2,272
Povp.	0,794	0,082	0,567	0,043	6,848	0,585	5,654	0,405

Vsebnost glukoalizina se je v svežih listih statistično značilno razlikovala med drugo in prvo rezjo (preglednica 35 in slika 34A). Povprečno ga je bilo ob prvi rezi  $0,011 \pm 0,001$  g/kg SvM, ob drugi rezi pa  $0,015 \pm 0,001$  g/kg SvM (slika 34A). Med vzorci ni bilo statistično značilnih razlik (preglednica 35 in priloga C3). Med vzorci in posamezno rezjo v svežih listih ni prišlo do interakcij (preglednica 35).

Tudi v suhih listih sta se rezi statistično značilno razlikovali (preglednica 35 in slika 34B). V povprečju je bila vsebnost glukoalizina pri drugi rezi  $0,154 \pm 0,009$  g/kg SM, pri prvi pa  $0,096 \pm 0,009$  g/kg SM (slika 34B). Med vzorci so bile statistično značilne razlike v povprečni vsebnosti glukoalizina v suhih listih (preglednica 35 in slika 35). Med vzorci ga je v suhih listih v povprečju prve in druge rezi skupaj največ vseboval vzorec 7 ( $0,174 \pm 0,017$  g/kg SM) in se je statistično razlikoval od vzorca 3 ( $0,080 \pm 0,017$  g/kg SM) in vzorca 5 ( $0,087 \pm 0,017$  g/kg SM), ki sta ga vsebovala najmanj. Interakcije med posamezno rezjo in vzorci v suhih listih ni bilo (preglednica 35).

Preglednica 35: *p*-vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije glukoalizina v tankolistnem dvoredcu pri prvi in drugi rezi na kameni volni v svežih (SvM) in suhih (SM) listih  
Table 35: ANOVA *p*-values for main effects and interactions for glucoalyssin in wild rocket in fresh (SvM) and dry (SM) leaves from the first and second cut on rock wool

Parameter	Glavni vplivi		Interakcije
	Vzorec	1. in 2. rez	Vzorec 1. in 2. rez
Glukoalizin g/kg SvM	NS	$p < 0,0491$	NS
Glukoalizin g/kg SM	$p < 0,0416$	$p < 0,0001$	NS



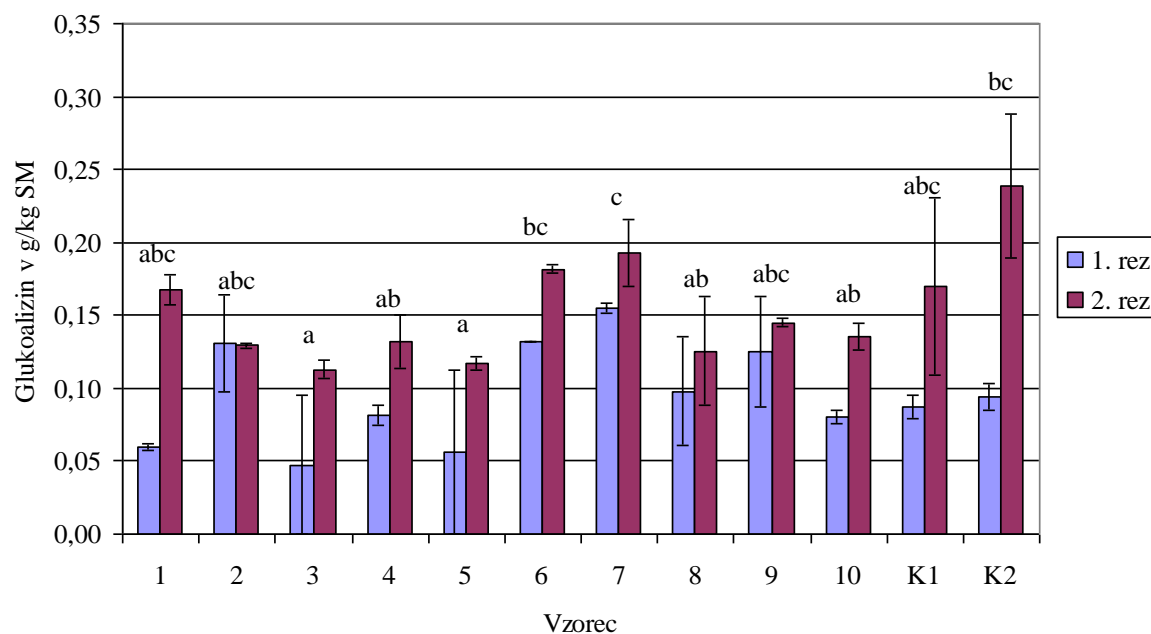
Slika 34: Povprečna vsebnost glukoalizin na kameni volni v svežih – [g/kg SvM] (A) in suhih listih – [g/kg SM] (B) pri prvi in drugi rezi vseh 12 vzorcev  
Različni črki (a, b) prikazujeta statistično značilno razliko med rezema pri  $p < 0,05$   
Figure 34: Average glucoalyssin content of first and second cut fresh leaves [g/kg SvM] (A) and dry leaves [g/kg SM] (B) of 12 samples of wild rocket grown on rock wool  
Different letters (a, b) mean significant differences between growing systems by LSD test at  $p < 0.05$

Podatki o vsebnosti glukoalizin v svežih in suhih listih pri prvi in drugi rezi tankolistnega dvoredca so prikazani v preglednici 36.

Preglednica 36: Povprečna vsebnost glukoalizin v svežih (GLS [g/kg SvM]) in suhih listih (GLS [g/kg SM]) tankolistnega dvoredca pri prvi in drugi rezi na kameni volni za vsak vzorec posebej  
Table 36: Average content of glucoalyssin in fresh (GLS [g/kg SvM]) and dry (GLS [g/kg SM]) leaves of wild rocket from the first and second cuts for each sample

Vzorec	Glukoalizin (g/kg SvM)				Glukoalizin (g/kg SM)			
	Prva rez		Druga rez		Prva rez		Druga rez	
	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$
1	0,008	0,000	0,016	0,000	0,060	0,002	0,168	0,010
2	0,013	0,002	0,013	0,002	0,131	0,033	0,129	0,002
3	0,005	0,005	0,012	0,000	0,048	0,048	0,113	0,006
4	0,009	0,001	0,014	0,001	0,081	0,006	0,132	0,019
5	0,009	0,009	0,012	0,000	0,057	0,057	0,117	0,005
6	0,015	0,000	0,018	0,001	0,132	0,000	0,182	0,003
7	0,018	0,003	0,017	0,003	0,155	0,004	0,193	0,023
8	0,011	0,001	0,014	0,005	0,098	0,037	0,125	0,037
9	0,014	0,007	0,015	0,001	0,125	0,038	0,145	0,003
10	0,010	0,001	0,015	0,003	0,080	0,004	0,135	0,009
K1	0,009	0,001	0,016	0,007	0,087	0,008	0,170	0,061
K2	0,012	0,001	0,023	0,006	0,094	0,010	0,239	0,049
Povp.	0,011 <b>a</b>	0,001	0,015 <b>b</b>	0,001	0,096 <b>a</b>	0,009	0,154 <b>b</b>	0,009

Različni črki (a, b) prikazujeta statistično značilno razliko med rezema pri  $p < 0,05$   
Different letters (a, b) mean significant differences between first and second cut at  $p < 0.05$



Slika 35: Vsebnost glukoalizina v suhih listih (SM) tankolistnega dvoredca pri prvi in drugi rezi na kameni volni

Različne črke pomenijo statistično značilne razlike pri 95 % zaupanju (a,b,c za povprečje glukoalizina v g/kg SM v vzorcih za obe rezi skupaj)

Figure 35: Glucoalyssin content in dry (SM) leaves of wild rocket from first and second cuts on rock wool  
Different letters mean significant differences at 95 % confidential level (a,b,c for average content of glucoalyssin in g/kg SM for each sample for both cuts together)

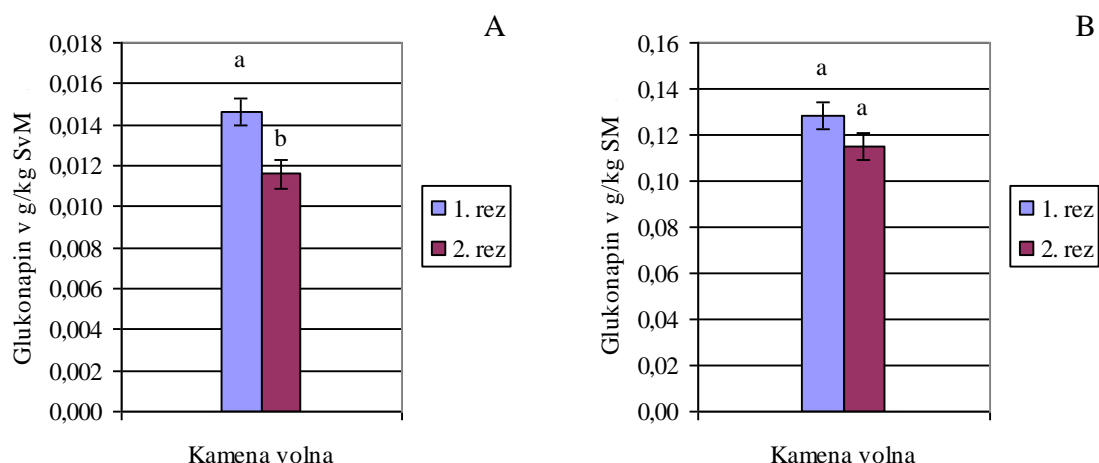
Po vsebnosti glukonapina v svežih listih sta se rezi statistično značilno razlikovali (preglednica 37 in slika 36A). V povprečju so listi druge rezi vsebovali  $0,012 \pm 0,001$  g/kg SvM, prve rezi pa  $0,015 \pm 0,001$  g/kg SvM (slika 36A). Med vzorci so bile statistično značilne razlike v vsebnosti glukonapina v svežih listih (preglednica 37 in slika 37). Pri povprečni vrednosti obeh rezi je vzorec 8 ( $0,021 \pm 0,001$  g/kg SvM) vseboval največ glikonapina in se je statistično značilno razlikoval od vseh ostalih vzorcev, katerih povprečje je bilo od  $0,010 \pm 0,001$  do  $0,015 \pm 0,001$  g/kg SvM). Interakcije med vzorci in številom rezi v svežih listih ni bilo (preglednica 37).

V suhih listih ni bilo statistično značilne razlike med drugo in prvo rezjo v vsebnosti glukonapina (preglednica 37). Pri prvi rezi je bilo povprečje  $0,128 \pm 0,009$  g/kg SM, pri drugi pa  $0,115 \pm 0,006$  g/kg SM (slika 36B). V povprečju se vzorci niso statistično značilno razlikovali po vsebnosti glukonapina v suhih listih (preglednica 37 in priloga C6). Interakcije med številom rezi in vzorci v suhih listih ni bilo (preglednica 37).

Preglednica 37: *p*-vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije glukonapina v tankolistnem dvoredcu pri prvi in drugi rezi na kameni volni v svežih (SvM) in suhih (SM) listih

Table 37: ANOVA *p*-values for main effects and interactions for gluconapin in wild rocket at first and second cuts on rock wool in fresh (SvM) and dry (SM) leaves

Parameter	Glavni vplivi		Interakcije
	Vzorec	1. in 2. rez	Vzorec 1. in 2. rez
Glukonapin g/kg SvM	$p < 0,0066$	$p < 0,0025$	NS
Glukonapin g/kg SM	NS	NS	NS



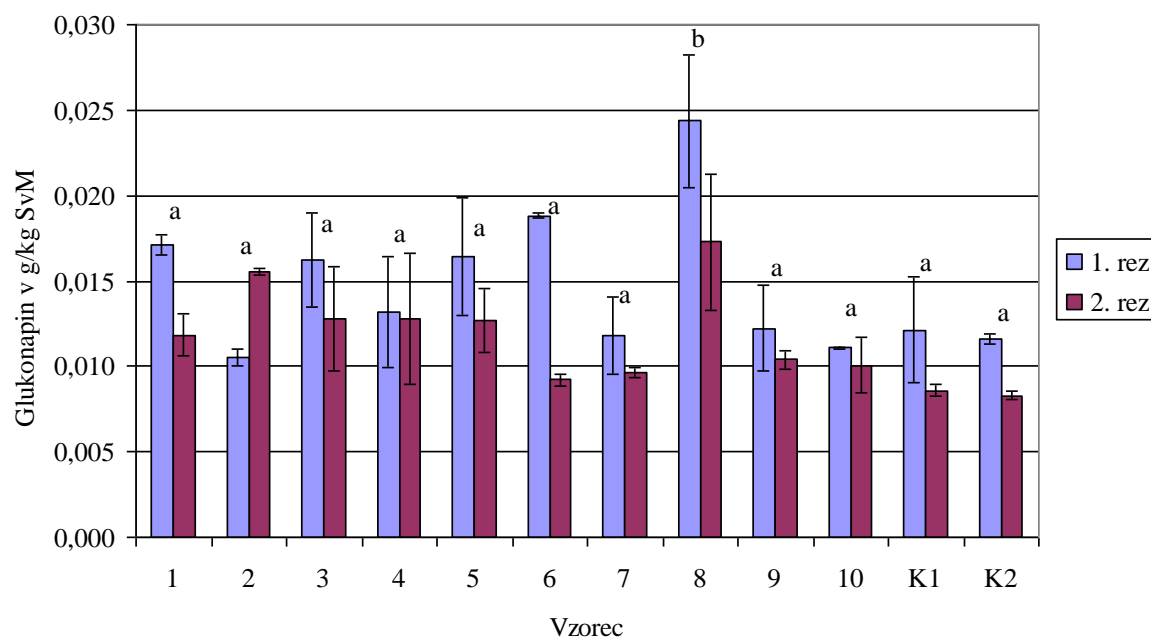
Slika 36: Povprečna vsebnost glukonapina na kameni volni v svežih – [g/kg SvM] (A) in suhih listih – [g/kg SM] (B) pri prvi in drugi rezi vseh 12 vzorcev  
Različni črki (a, b) prikazujeta statistično značilno razliko med rezema pri  $p < 0,05$   
Figure 36: Average gluconapin content of first and second cut fresh leaves [g/kg SvM] (A) and dry leaves [g/kg SM] (B) of 12 samples of wild rocket grown on rock wool  
Different letters (a, b) mean significant differences between growing systems by LSD test at  $p < 0.05$

Podatki za vsebnost glukonapina v svežih in suhih listih tankolistnega dvoredca pri prvi in drugi rezi so prikazani v preglednici 38.

Preglednica 38: Povprečna vsebnost glukonapina v svežih (GLS [g/kg SvM]) in suhih listih (GLS [g/kg SM]) tankolistnega dvoredca pri prvi in drugi rezi na kameni volni za vsak vzorec posebej  
Table 38: Average content of gluconapin in fresh (GLS [g/kg SvM]) and dry (GLS [g/kg SM]) leaves of wild rocket from the first and second cut for each sample

Vzorec	Glukonapin (g/kg SvM)				Glukonapin (g/kg SM)			
	Prva rez		Druga rez		Prva rez		Druga rez	
	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$
1	0,017	0,001	0,012	0,001	0,133	0,001	0,126	0,017
2	0,011	0,000	0,016	0,000	0,103	0,017	0,155	0,020
3	0,016	0,003	0,013	0,003	0,173	0,025	0,120	0,019
4	0,013	0,003	0,013	0,004	0,119	0,022	0,118	0,028
5	0,016	0,003	0,013	0,002	0,144	0,062	0,124	0,020
6	0,019	0,000	0,009	0,000	0,166	0,001	0,094	0,001
7	0,012	0,002	0,010	0,000	0,101	0,002	0,109	0,010
8	0,024	0,004	0,017	0,004	0,196	0,036	0,155	0,039
9	0,012	0,003	0,010	0,001	0,118	0,001	0,103	0,002
10	0,011	0,000	0,010	0,002	0,087	0,006	0,092	0,002
K1	0,012	0,003	0,009	0,000	0,111	0,010	0,096	0,007
K2	0,012	0,000	0,008	0,000	0,091	0,001	0,090	0,010
Povp.	0,015 <sup>a</sup>	0,009	0,012 <sup>b</sup>	0,001	0,128	0,009	0,115	0,006

Različni črki (a, b) prikazujeta statistično značilno razliko med rezema pri  $p < 0,05$   
Different letters (a, b) mean significant differences between first and second cut at  $p < 0.05$



Slika 37: Vsebnost glukonapina v svežih listih (SvM) tankolistnega dvoredca pri prvi in drugi rezi na kameni volni

Različni črki pomenita statistično značilne razlike pri 95 % zaupanju (a,b za povprečje glukonapina v g/kg SvM v vzorcih za obe rezi skupaj)

Figure 37: Gluconapin content in fresh (SvM) leaves of wild rocket from first and second cuts on rock wool  
Different letters mean significant differences at 95 % confidential level (a,b for average content of gluconapin in g/kg SvM for each sample for both cuts together)

Pri povprečni vsebnosti glukosativina v svežih listih med prvo in drugo rezjo ni bilo statistično značilne razlike (preglednica 39 in slika 38A). Pri prvi rezi je bilo povprečno glukosativina v svežih listih  $0,049 \pm 0,008$  g/kg SvM, pri drugi rezi pa  $0,054 \pm 0,011$  g/kg SvM (slika 38A). Med vzorci v svežih listih ni bilo statistično značilnih razlik (preglednica 39), pojavila pa se je interakcija med vzorci in ponovitvijo zaradi meje detekcije pri posameznih ponovitvah (v ponovitvi ni bilo mogoče določiti vsebnosti glukosativina) (priloga C7). Do interakcij med vzorci in številom rezi v svežih listih ni prišlo (preglednica 39).

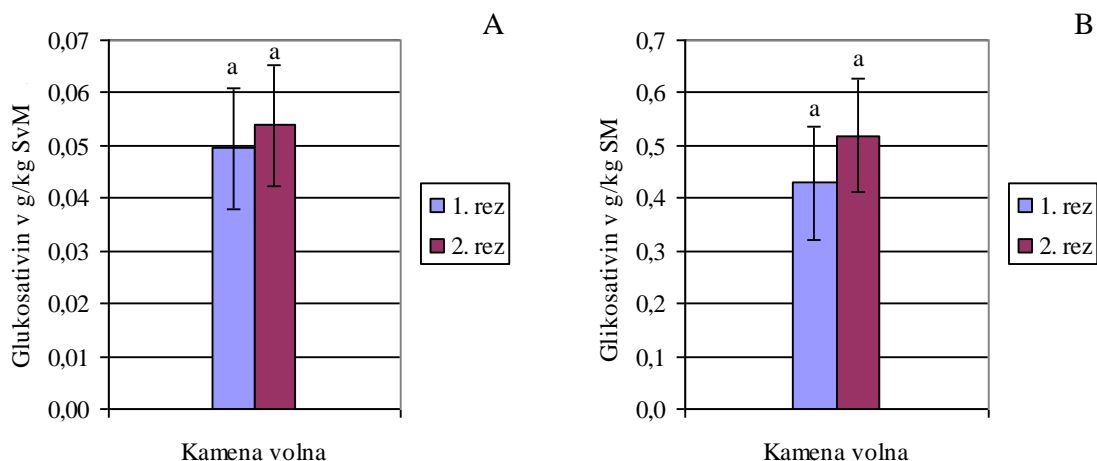
Preglednica 39: *p*-vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije glukosativina v tankolistnem dvoredcu pri prvi in drugi rezi na kameni volni v svežih (SvM) in suhih (SM) listih

Table 39: ANOVA *p*-values for main effects and interactions for glucosativin of wild rocket at first and second cuts on rock wool in fresh (SvM) and dry (SM) leaves

Parameter	Glavni vplivi		Interakcije
	Vzorec	1. in 2. rez	Vzorec 1. in 2. rez
Glukosativin g/kg SvM	NS	NS	NS
Glukosativin g/kg SM	NS	NS	NS

Tudi v suhih listih povprečna vsebnost glukosativina ni bila statistično značilno različna med prvo in drugo rezjo (preglednica 39 in slika 38B). Povprečje prve rezi v suhih listih je bilo  $0,429 \pm 0,064$  g/kg SM, pri drugi rezi pa  $0,518 \pm 0,107$  g/kg SM glukosativina (slika 38B). Med vzorci v suhih listih ni bilo statistično značilnih razlik (preglednica 39), se je pa

tudi tukaj pojavila interakcija med vzorci in ponovitvami (priloga C8) iz istih razlogov, kot predhodno omenjeno. Med vzorci in rezjo v suhih listih ni bilo interakcij (preglednica 39).



Slika 38: Povprečna vsebnost glukosativina na kameni volni v svežih – [g/kg SvM] (A) in suhih listih – [g/kg SM] (B) pri prvi in drugi rezji vseh 12 vzorcev

Različni črki (a, b) prikazujeta statistično značilno razliko med rezema pri  $p < 0,05$

Figure 38: Average glucosativin content in fresh leaves [g/kg SvM] (A) and dry leaves [g/kg SM] (B) from first and second cuts of 12 samples of wild rocket grown on rock wool

Different letters (a, b) mean significant differences between growing systems by LSD test at  $p < 0.05$

Podatki o povprečni vsebnosti glukosativina v svežih in suhih listih tankolistnega dvoredca pri prvi in drugi rezji so prikazani v preglednici 40.

Preglednica 40: Povprečna vsebnost glukosativina v svežih (GLS [g/kg SvM]) in suhih listih (GLS [g/kg SM]) tankolistnega dvoredca pri prvi in drugi rezji na kameni volni za vsak vzorec posebej

Table 40: Average content of glucosativin in fresh (GLS [g/kg SvM]) and dry (GLS [g/kg SM]) leaves of wild rocket from first and second cuts for each sample

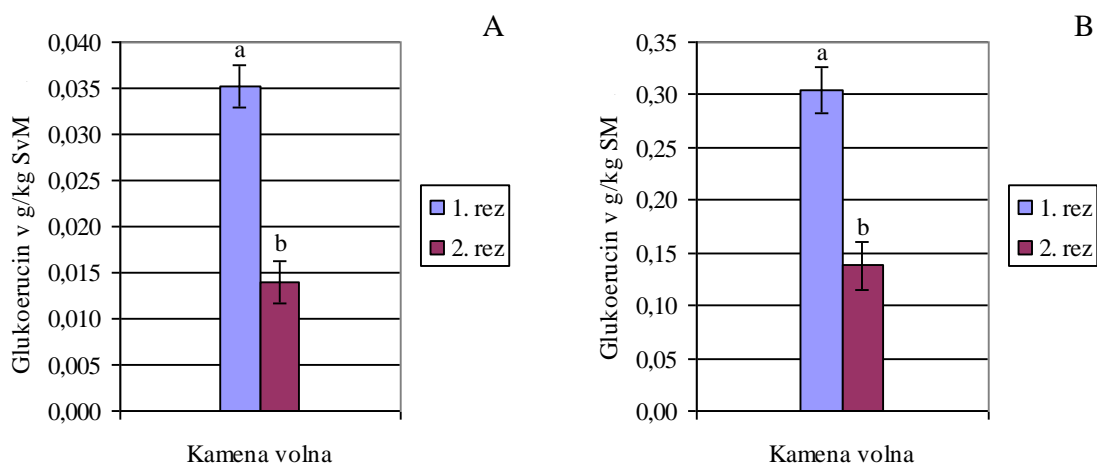
Vzorec	Glukosativin (g/kg SvM)				Glukosativin (g/kg SM)			
	Prva rez		Druga rez		Prva rez		Druga rez	
	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$
1	0,078	0,002	0,070	0,035	0,603	0,004	0,754	0,396
2	0,043	0,021	0,029	0,009	0,391	0,154	0,296	0,124
3	0,035	0,008	0,073	0,047	0,379	0,092	0,658	0,388
4	0,046	0,010	0,028	0,011	0,415	0,064	0,255	0,083
5	0,048	0,004	0,027	0,009	0,394	0,061	0,263	0,082
6	0,067	0,030	0,015	0,015	0,588	0,269	0,165	0,165
7	0,053	0,031	0,110	0,074	0,423	0,188	1,184	0,757
8	0,028	0,028	0,102	0,044	0,313	0,313	0,902	0,369
9	0,061	0,024	0,038	0,038	0,564	0,108	0,348	0,348
10	0,000	0,000	0,104	0,075	0,000	0,000	0,876	0,567
K1	0,064	0,064	0,000	0,000	0,507	0,507	0,000	0,000
K2	0,071	0,071	0,052	0,052	0,564	0,564	0,520	0,520
Povp.	0,049	0,008	0,054	0,011	0,429	0,064	0,518	0,107

Vsebnost glukoerucina se je v svežih listih statistično značilno razlikovala med prvo in drugo rezjo (preglednica 41 in slika 39A). V povprečju je vsebnost glukoerucina ob drugi rezi bila  $0,014 \pm 0,002$  g/kg SvM, ob prvi pa  $0,035 \pm 0,007$  g/kg SvM (slika 39A). Vsebnost glukoerucina v svežih listih med vzorci ni bila statistično značilno različna (preglednica 41 in priloga C9). Med vzorci in rezjo ni bilo interakcij (preglednica 41).

Tudi pri suhih listih se je vsebnost glukoerucina statistično značilno razlikovala med prvo in drugo rezjo (preglednica 41 in slika 39B). Pri prvi rezi je bilo povprečje glukoerucina v suhih listih  $0,304 \pm 0,061$  g/kg SM, pri drugi rezi pa  $0,138 \pm 0,023$  g/kg SM (slika 39B). Med vzorci v suhih listih ni bilo statistično značilnih razlik (preglednica 41 in priloga C10). Med vzorci in rezjo v suhih listih ni bilo interakcij (preglednica 41).

Preglednica 41: *p*-vrednost analize variance (ANOVA) za glavne vplive in interakcije glukoerucina v tankolistnem dvoredcu pri prvi in drugi rezi na kameni volni v svežih (SvM) in suhih (SM) listih  
Table 41: ANOVA *p*-values for main effects and interactions for glucoerucin of wild rocket at first and second cuts on rock wool in fresh (SvM) and dry (SM) leaves

Parameter	Glavni vplivi		Interakcije
	Vzorec	1. in 2. rez	Vzorec 1. in 2. rez
Glukoerucin g/kg SvM	NS	$p < 0,0100$	NS
Glukoerucin g/kg SM	NS	$p < 0,0083$	NS



Slika 39: Povprečna vsebnost glukoerucina na kameni volni v svežih – [g/kg SvM] (A) in suhih listih – [g/kg SM] (B) pri prvi in drugi rezi vseh 12 vzorcev

Različni črki (a, b) prikazujeta statistično značilno razliko med rezema pri  $p < 0,05$

Figure 39: Average glucoerucin content of first and second cuts fresh leaves [g/kg SvM] (A) and dry leaves [g/kg SM] (B) of 12 samples of wild rocket grown on rock wool

Different letters (a, b) mean significant differences between growing systems by LSD test at  $p < 0.05$

Podatki o povprečni vsebnosti glukoerucina v svežih in suhih listih tankolistnega dvoredca pri prvi in drugi rezi so prikazani v preglednici 42.

Preglednica 42: Povprečna vsebnost glucoerucina v svežih (GLS [g/kg SvM]) in suhih listih (GLS [g/kg SM]) tankolistnega dvoredca pri prvi in drugi rezi na kameni volni za vsak vzorec posebej  
Table 42: Average content of glucoerucin in fresh (GLS [g/kg SvM]) and dry (GLS [g/kg SM]) leaves of wild rocket from first and second cuts for each sample

Vzorec	Glukoerucin (g/kg SvM)				Glukoerucin (g/kg SM)			
	Prva rez		Druga rez		Prva rez		Druga rez	
	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$
1	0,016	0,000	0,000	0,000	0,127	0,001	0,000	0,000
2	0,011	0,003	0,012	0,003	0,113	0,045	0,124	0,042
3	0,045	0,027	0,028	0,004	0,470	0,280	0,262	0,019
4	0,051	0,018	0,008	0,001	0,459	0,135	0,074	0,008
5	0,047	0,032	0,009	0,002	0,327	0,175	0,087	0,014
6	0,104	0,036	0,007	0,007	0,917	0,317	0,069	0,069
7	0,045	0,045	0,014	0,002	0,329	0,329	0,160	0,034
8	0,027	0,018	0,013	0,013	0,282	0,232	0,109	0,109
9	0,012	0,012	0,007	0,003	0,091	0,091	0,072	0,026
10	0,014	0,009	0,015	0,006	0,106	0,067	0,133	0,036
K1	0,014	0,008	0,033	0,013	0,143	0,102	0,355	0,106
K2	0,037	0,014	0,020	0,007	0,288	0,105	0,214	0,054
Povp.	0,035a	0,007	0,014b	0,002	0,304a	0,061	0,138b	0,023

Različni črki (a, b) prikazujeta statistično značilno razliko med rezema pri  $p < 0,05$   
Different letters (a, b) mean significant differences between first and second cut at  $p < 0.05$

Preglednica 43 prikazuje povprečne vsebnosti glukozinolatov v vseh vzorcih skupaj za prvo in drugo rez v svežih in suhih listih tankolistnega dvoredca ter kje so se pojavile statistično značilne razlike pri posameznih obravnavanjih.

Preglednica 43: Povprečna vsebnost posameznih in skupnih glukozinolatov [g/kg] pri prvi in drugi rezi v svežih (SvM) in suhih (SM) listih na kameni volni  
Table 43: Average content of individual and total glucosinolates [g/kg] in leaves from first and second cuts on a fresh weight (SvM) and dry weight (SM) basis

Glukozinolat	SvM				SM			
	Prva rez		Druga rez		Prva rez		Druga rez	
	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$	$\bar{x}$	$\pm SE$
Glukorafanin	0,794	0,082	0,567	0,043	6,848	0,585	5,654	0,405
Glukoalizin	0,011a	0,001	0,015b	0,001	0,096a	0,009	0,154b	0,009
Glukonapin	0,015a	0,001	0,012b	0,001	0,128	0,009	0,115	0,006
Glukosativin	0,049	0,008	0,054	0,011	0,429	0,064	0,518	0,107
Glukoerucin	0,035a	0,007	0,014b	0,002	0,304a	0,061	0,138b	0,023
<b>Total GLS</b>	<b>0,904</b>	<b>0,088</b>	<b>0,662</b>	<b>0,051</b>	<b>7,806</b>	<b>0,633</b>	<b>6,580</b>	<b>0,465</b>

Različne črke (a, b) predstavljajo statistično značilne razlike med prvo in drugo rezjo z vrednostjo  $p < 0,05$  za sveže in suhe liste  
Different letters (a, b) mean significant differences between first and second cut by LSD test at  $p < 0.05$  separately for SvM and SM



## 5 RAZPRAVA IN SKLEPI

### 5.1 RAZPRAVA

V zadnjem obdobju je vedno več zanimanja potrošnikov za že pakirano in takoj uporabno (angl. ready-to-eat) svežo zelenjavo (Nicola in sod., 2005), med katero ima nedvomno velik pomen tudi tankolistni dvoredec (*Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC.). Potrošnikom je všeč tankolistni dvoredec, saj ga dodajajo različnim solatam in raznim drugim jedem (na primer picam, testeninam, zrezkom ...) (Ugrinović, 2006).

V našo raziskavo je bilo vključenih 10 akcesij tankolistnega dvoredca, ki smo jih dobili v Genski banki kmetijskih rastlin na Kmetijskem inštitutu Slovenije – KIS in 2 komercialna vzorca tankolistnega dvoredca, ki sta bila namenjena kontroli. Namen in osnovni cilj naše raziskave je bil ovrednotenje vpliva tehnologije gojenja (konvencionalno na šoti in plavajoči sistem na kameni volni) na končni pridelek, na vsebnost vseh (skupnih) glukozinolatov in identifikacijo posameznih glukozinolatov v tankolistnem dvoredcu (*Diplotaxis tenuifolia*), katerega semena so bila nabrana na različnih območjih v Sloveniji.

Pri akcesijah tankolistnega dvoredca, ki samoniklo raste v Sloveniji, se je izkazala močna dormantnost semena, kar je tudi botrovalo k slabšemu vzniku v primerjavi s komercialno dostopnim semenom. Dormantnost lahko deloma odpravimo s tretiranjem semen z giberelinsko kislino – GA<sub>3</sub>, vendar Villamil in sod. (2002) navajajo, da samo tretiranje ni imelo signifikantnega vpliva na skrajšano dormantnost pri semenih rukvice (*Eruca vesicaria* (L.)), medtem ko Ugrinović in Škof (2012) navajata, da so si pri odpravljanju težav z dormanco tankolistnega dvoredca uspešno pomagali z namakanjem v 0,05 % raztopini giberelinske kisline. V našem primeru se vznik tankolistnega dvoredca ni bistveno izboljšal po tretiranju z giberelinsko kislino.

Kot smo pričakovali, je bil odstotek sušine v listih statistično večji pri vzorcih, gojenih na šoti (21 %) (konvencionalna pridelava), kot pri vzorcih, gojenih na kameni volni (11 %) (plavajoči sistem). Do podobnih rezultatov so prišli tudi Nicola in sod. (2005) (15,9 % konvencionalno in 11,2 % plavajoči sistem) in Jakše in sod. (2013) (19,1 % konvencionalno in 13,7 % plavajoči sistem) pri navadni rukvici (*Eruca sativa*). Do razlike pride ravno zaradi tega, ker so rastline na plavajočem sistemu v stalnem stiku s hranilno raztopino in nikoli ne doživijo stresa ob pomanjkanju vode, kot se to lahko zgodi pri konvencionalnem gojenju, in zato rastline gojene na plavajočem sistemu proizvedejo več sveže mase in imajo bolj turgescenčne liste (Nicola in sod., 2005).

Tudi odstotek cvetočih rastlin se je statistično značilno razlikoval med tehnologijama in prav tako med gostoto setve. Ker je bilo kar za 9 % manj cvetočih rastlin na plavajočem sistemu kot na konvencionalnem, si to lahko razlagamo tako, da so imele rastline na plavajočem sistemu ugodnejše rastne razmere ter da je nihanje vlage substrata na konvencionalnem sistemu povzročalo stres rastlinam in so zato hitreje uhajale v cvet. Tako rastne razmere kot tudi rastišče rastlin (šota ali kamena volna) vplivajo na to, ali bodo rastline v povprečju zacvetele prej ali kasneje (Franke in sod., 2006).

### 5.1.1 Vpliv tehnologije na pridelek in vsebnost glukozinolatov

V naši raziskavi se je pridelek med tehnologijama statistično značilno razlikoval in bil statistično značilno večji na plavajočem sistemu. Na kameni volni smo lahko izvedli dve rezi in povprečni pridelek je bil 1169,6 g/m<sup>2</sup>, medtem ko smo na šoti, v enakem obdobju, lahko izvedli samo eno rez in je povprečni pridelek znašal 361,6 g/m<sup>2</sup>. Podobno kot v našem primeru so tudi Nicola in sod. (2005) poročali o 75 % večjem pridelku listov na plavajočem sistemu v primerjavi s konvencionalnim. Do tako velikih razlik je prišlo zaradi počasne rasti rastlin na šoti v primerjavi z rastlinami, ki so rastle na plavajočem sistemu in so bile v stalnem stiku s hranilno raztopino. Na šoti so rastline tudi hitreje uhajale v cvet, kar bi lahko nakazovalo slabše rastne razmere (večja nihanja temperature in relativne zračne vlage ter namočenosti substrata) na šoti gojenih rastlin. Gostota setve (na gojitvenih ploščah s 160 ali 84 vdolbinami) je imela statistično značilen vpliv na pridelek, in sicer je bil na gojitveni plošči s 160 vdolbinami do dvakrat večji. Pri gostejših setvah so večje pridelke potrdili tudi drugi raziskovalci (Nicola in sod., 2005; Jakše in sod., 2013).

Kot smo že omenili, smo glukozinolate preverjali v vzorcih, posejanih na šoti in kameni volni pri gostoti 160 vdolbin na gojitveno ploščo pri prvi rezi in pri drugi rezi, ki smo jo izvedli samo pri rastlinah, gojenih na kameni volni. Za ovrednotenje vsebnosti glukozinolatov smo si pomagali z umeritveno krivuljo eksterne standarda sinigrina. Zanimiv vpliv je imela tehnologija pridelave na vsebnost skupnih glukozinolatov ob prvi rezi. V svežih listih ni bilo statistično značilne razlike med tehnologijama, kar pomeni, da je plavajoči sistem primerljiv s konvencionalnim glede kakovosti pridelka (v našem primeru vsebnost glukozinolatov), kar potrjuje tudi Gruda (2009). To je zelo spodbuden podatek, saj velja splošno prepričanje potrošnikov, da na hidroponiki pridelane rastline vsebujejo manj hranilnih snovi kot konvencionalno pridelane rastline. Sveži listi so v povprečju na plavajočem sistemu vsebovali 0,90 g/kg SvM skupnih glukozinolatov in 1,01 g/kg SvM na konvencionalnem sistemu. Prav nasprotno pa je v suhih listih vsebnost skupnih glukozinolatov bila statistično značilno različna med tehnologijama pridelave. Vsebnost je bila večja na plavajočem sistemu kot na konvencionalnem. Na plavajočem sistemu je bila vsebnost 7,81 g/kg SM, na konvencionalnem pa le 4,92 g/kg SM. Ti podatki so primerljivi s podatki o skupnih glukozinolatih, ki jih navajajo D'Antuono in sod. (2008) za *Diploaxis* 4,18 g/kg SM in za akcesije *Eruca*, pri katerih je razpon od 0,25 do 70 g/kg SM. Naši podatki favorizirajo pridelavo tankolistnega dvoredca na plavajočem sistemu, saj je vsebnost skupnih glukozinolatov v svežih listih primerljiva s konvencionalno pridelavo, v suhih listih pa jo celo presega, poleg tega pa je še pridelek trikrat večji. Pri drugi rezi na kameni volni se vsebnost skupnih glukozinolatov v svežih listih ni statistično značilno razlikovala med prvo in drugo rezjo. Tudi v suhih listih ni bilo statistično značilnih razlik med prvo in drugo rezjo po vsebnosti skupnih glukozinolatov. To je sicer nasprotno od trditev drugih raziskovalcev, ki pravijo, da se vsebnost skupnih glukozinolatov zaradi rezi poveča (Nitz in Schnitzler, 2002).

V naši raziskavi smo potrdili tudi pet individualnih glukozinolatov, in sicer: glukorafanin, glukoalizin, glukonapin, glukosativin in glukoerucin. Med njimi je bilo največ glukorafanina. Na profil glukozinolatov tehnologija ni imela vpliva.

Glukorafanin je bil tisti glukozinolat, ki ga je bilo največ in je imel posledično tudi največji vpliv na vsebnost skupnih glukozinolatov. O tem, da eden ali nekaj glukozinolatov v rastlinah prevladujejo, so poročali tudi drugi (Kusznierewicz in sod., 2008). V svežih listih tehnologija gojenja pri prvi rezi ni statistično značilno vplivala na vsebnost glukorafanina ob prvi rezi, v povprečju ga je bilo na kameni volni 0,793 g/kg SvM in na šoti 0,764 g/kg SvM. V svežih listih se niso pojavile statistično značilne razlike med posameznimi vzorci. Ker je imel največjo vlogo pri skupnih glukozinolatih prav glukorafanin, se je tudi pri njem v suhih listih vsebnost statistično značilno razlikovala med tehnologijami. V povprečju ga je bilo na kameni volni 6,847 g/kg SM, na šoti pa 3,674 g/kg SM. Drugačne rezultate v suhih listih so navajali drugi avtorji. D'Antuono in sod. (2008) poročajo o povprečni vrednosti 0,22 g/kg SM, medtem ko Kim in sod. (2006) za vrsto *Eruca* poročajo o vsebnosti od 2,18 do 4,38 g/kg SM glukorafanina. V suhih listih so prišle razlike v vsebnosti glukorafanina med vzorci bolj do izraza in so bile statistično značilno različne med vzorcem 1 (Ljubljana) in vzorcema 6 (Pragersko) ter 7 (Biš), kar lahko vidimo v prilogi C2. Do teh razlik je prišlo predvsem zaradi velike vsebnosti glukorafanina na kameni volni pri vzorcih 6 in 7, ki sta ga tudi vsebovala največ. V drugi rezi na kameni volni med prvo in drugo rezjo v svežih in suhih listih v vsebnosti glukorafanina ni bilo statistično značilnih razlik, kar je v nasprotju z literaturo, ki navaja, da se s številom rezi vsebnost glukorafanina povečuje (Nitz in Schnitzler, 2002). Ker je bil glukorafanin tudi v primerjavi rezi najbolj zastopan glukozinolat v vzorcih, tudi tukaj lahko ugotavljamo, da se zaradi rezi vsebnost ni povečala enako kot pri skupnih glukozinolatih. Visoko vsebnost glukorafanina lahko pripišemo njegovi strukturi, saj je med alifatskimi glukozinolati najmanj občutljiv na okoljski stres (Hong in sod., 2011). Glukorafanin kot najbolj zastopanega najdemo tudi v brokoliju (Tian in sod., 2005). Glukorafanin se hidrolizira z encimom mirozinaza ob poškodbi rastlinskega tkiva in tako nastane njegov razgradni produkt sulforafan, ki je pomemben zaradi svojega pozitivnega učinkovanja na človeški organizem prek različnih mehanizmov in je ena najobetavnejših naravnih antikancerogenih spojin (Bennett in sod., 2002, 2007).

Glukoalizin nastaja s pomočjo aminokislina metionin in v stranski verigi vsebuje žveplo (D'Antuono in sod., 2008). Po času zadrževanja na kromatografski koloni je bil ta glukozinolat določen v vzorcih kot drugi. Pri vsebnosti v svežih listih pri prvi rezi se ni statistično značilno razlikoval med tehnologijama gojenja. V povprečju ga je bilo v svežih listih na kameni volni 0,012 g/kg SvM, na šoti pa 0,011 g/kg SvM. Izstopal je samo vzorec 1 (Ljubljana), ki ga je vseboval statistično značilno več kot ostali. Pri suhih listih se enako kot pri prejšnjem glukozinolatu pojavijo statistično značilne razlike med tehnologijama, in sicer na kameni volni gojeni vzorci so ga vsebovali več (0,095 g/kg SM) kot tisti, gojeni na šoti (0,053 g/kg SM). D'Antuono in sod. (2008) so poročali o precej manjši vsebnosti glukoalizina (0,045 mg/kg SM) v tankolistnem dvoredcu, gojenem na šoti in presajenem na prosto, medtem ko Sun in sod. (2011) poročajo, da ga kitajski brokoli vsebuje 0,181 g/kg SM. Do statistično značilnih razlik med vzorci je prišlo med vzorcema 1 (Ljubljana) in 7 (Biš). Vsebnost glukoalizina se je pri drugi rezi na kameni volni v svežih listih statistično značilno razlikovala od prve rezi. V povprečju je bila vsebnost glukoalizina ob prvi rezi manjša (0,011 g/kg SvM) kot ob drugi rezi (0,015 g/kg SvM), kar nakazuje odgovor rastline na stres, ki ga povzročimo z rezjo.

Glukonapin nastane iz metionina, produkt hidrosilacije njegove stranske verige pa je progoitrin (Hong in sod., 2011). Tehnologija je imela statistično značilen vpliv na vsebnost glukonapina v svežih listih. Na kameni volni ga je bilo skoraj dvakrat manj kot v šoti. To je lahko posledica sušnega stresa, ki je lahko prisoten pri konvencionalnem gojenju. V suhih listih pa vsebnost glukonapina ni bila statistično značilno različna med tehnologijama. Tudi za glukonapin v suhih listih tankolistnega dvoredca D'Antuono in sod. (2008) navajajo precej manjše vsebnosti (0,022 mg/kg SM), medtem ko Lee in sod. (2006) poročajo o večji vsebnosti glukonapina (12,65 mg/kg SM) v kitajskem zelišču iz rodu *Lepidium*. Padilla in sod. (2007) poročajo, da na vsebnost glukonapina v varietetah *Brassica rapa* vsebnost skupnih glukozinolatov v varietetah ni imela statistično značilnega vpliva. Vsebnost glukonapina se je v svežih listih na kameni volni statistično značilno razlikovala med prvo in drugo rezjo. Več ga je vsebovala prva rez, kar pomeni, da rez vpliva na zmanjšanje glukonapina, kar je v nasprotju z navedbami Nitz in Schnitzler (2002), ki navajata, da je bila vsebnost glukonapina ob drugi rezi večja. V suhih listih med rezema ni bilo statistično značilnih razlik.

Za glukosativin in njegov razgradni produkt domnevajo, da v večini prispevata k značilnemu vonju in okusu rukvice (Bennett in sod., 2002). Njegova vsebnost v svežih listih se je statistično značilno razlikovala med tehnologijama. Na šoti gojene akcesije so ga vsebovale več, kar bi lahko povezali s splošnim prepričanjem, da zelenjava, gojena na plavajočem sistemu, nima tako močne arome. Vendar ko primerjamo vsebnost v suhih listih, ta ne pokaže statistično značilnih razlik med tehnologijama gojenja. To pa pomeni, da je plavajoči sistem lahko primerljiv s konvencionalno pridelavo. Za rukvico Kim in sod. (2006) poročajo o precej večjih vsebnostih glukosativina v suhih listih (od 2,0 do 3,1 g/kg SM), kar je lahko posledica tehnologije gojenja in genotipa rastlin. Na kameni volni ni bilo statistično značilnih razlik v vsebnosti glukosativina med rezema, ne v svežih ne v suhih listih.

Glukoerucin je lahko tudi prekurzor glukorafanina (Bennett in sod., 2007). Za razliko od drugih glukozinolatov (kot je glukorafanin, ki se pretvori v sulforafan) ima glukoerucin močno direktno kot tudi indirektno antioksidativno lastnost, saj ima sposobnost razgradnje vodikovega peroksida (Barillari in sod., 2005; Kim in sod., 2006). Tudi glukoerucina je bilo statistično značilno več v svežih listih na šoti kot na plavajočem sistemu pri prvi rezi. To lahko pomeni, da poteka sinteza glukoerucina v stresnih pogojih (sušni stres na šoti) bolj intenzivno. Pri analizi suhih listov ni bilo statistično značilnih razlik med tehnologijama. V primerjavi z našimi rezultati D'Antuono in sod. (2008) navajajo precej manjše vsebnosti glukoerucina v suhih listih (0,101 mg/kg SM), nasprotno pa v suhih listih *Eruca sativa* poročajo Kim in sod. (2006) o precej večjih količinah (od 2,21 do 4,58 g/kg SM). Na kameni volni se je vsebnost glukoerucina statistično značilno razlikovala med rezema v svežih listih. Pri drugi rezi se je vsebnost zmanjšala za več kot dvakrat. Ravno tako je bila vsebnost glukoerucina v suhih listih statistično značilno manjša pri drugi rezi kot pri prvi. Torej lahko sklepamo, da v našem primeru število rezi zmanjšuje vsebnost glukoerucina v tankolistnem dvoredcu, kar je v nasprotju z navedbami Nitz in Schnitzler (2002), ki navajata do trikratno povečanje vsebnosti glukoerucina ob drugi rezi.

### 5.1.2 Vpliv geografskega izvora na vsebnost glukozinolatov

Bennett in sod. (2007) navajajo, da geografski izvor statistično značilno vpliva na profil in količino glukozinolatov v različnih vrstah rukvice. V naši raziskavi tega ne moremo potrditi, saj se med vzorci niso pojavljale statistično značilne razlike. To lahko pomeni, da je Slovenija kljub svoji geografski razgibanosti še zmeraj premajhna in se med akcesijami iz nabranih semen niso pojavile genetske razlike in vse izvirajo iz istega genskega bazena. Pomembno pa je tudi poudariti, da smo vse vzorce gojili v enakih pogojih in tako se ni mogel izraziti fenotip, saj na sintezo glukozinolatov, in s tem posledično na intenzivnost okusa, vplivajo v veliki meri razmere, v katerih rastline rastejo (Ugrinović, 2006). Koristilo bi še izvesti raziskave glukozinolatov v koreninah in semenih avtohtonega tankolistnega dvoredca.

### 5.2 SKLEPI

Na podlagi meritev pridelka in analize glukozinolatov v posameznih vzorcih tankolistnega dvoredca lahko povzamemo naslednje sklepe:

- Pri vzniku je naša osnovna ugotovitev, da seme tankolistnega dvoredca najslabše kali na perlitu, zato se perlit ni izkazal kot primeren substrat za gojenje tankolistnega dvoredca na plavajočem sistemu.
- Akcesije tankolistnega dvoredca so imele slabši vznik (dormantnost semena) od vzorcev, ki smo jih kupili pri semenskih hišah. Med samoniklimi akcesijami smo dobili najboljši vznik pri akcesiji 1 (Ljubljana) (46 %).
- Ob prvi rezi lahko potrdimo našo hipotezo, da na maso listov vpliva tehnologija gojenja, saj je bil na plavajočem sistemu na kameni volni pridelek dvakrat večji od pridelka na šoti. Bolje se je izkazala gostejša setev (160 vdolbin na gojitveno ploščo).
- Na plavajočem sistemu (kamena volna) imajo rastline hitrejšo rast in smo jih v povprečju porezali že 13 dni pred konvencionalno gojenimi rastlinami na šoti. Tako smo na kameni volni lahko izvedli dve rezi.
- Med akcesijami iz genske banke so se v povprečnem pridelku najbolj približale komercialnim vzorcem akcesije: 3 (Ajdoščina – Godovič), 6 (Pragersko) in 9 (Rače). S tem je potrjena tudi naša hipoteza.
- Tehnologija gojenja je vplivala tudi na hitrost uhajanja rastlin v cvet. V povprečju so rastline, gojene na šoti, hitreje uhajale v cvetno fazo od rastlin, gojenih na plavajočem sistemu. V povprečju so najmanj uhajale v cvet akcesije 3 (Ajdoščina – Godovič), 5 (Vrhnika), 6 (Pragersko) ter 9 (Rače) (od 4 do 6 % cvetov).
- Lahko potrdimo, da rastline, gojene na plavajočem sistemu (kamena volna), vsebujejo do 9 % manjšo vsebnost suhe snovi kot rastline tankolistnega dvoredca, gojene na šoti. Tudi število rezi vpliva na vsebnost suhe snovi, saj je bila ob drugi rezi na kameni volni vsebnost suhe snovi manjša kot pri prvi rezi. Gostota gojenja (160 in 84 vdolbin na gojitveni plošči) ni imela vpliva na vsebnost suhe snovi.
- Tehnologija gojenja ni vplivala na vsebnost skupnih glukozinolatov v svežih listih, kar pomeni, da je naša hipoteza za sveže liste zavrnjena.

- V suhih listih je bila vsebnosti skupnih glukozinolatov statistično večja pri rastlinah, gojenih na plavajočem sistemu. To pomeni, da hidroponski način gojenja, kar plavajoči sistem je, ni negativno vplival na vsebnost glukozinolatov, kot smo pričakovali.
- Geografski izvor semen ni vplival na vsebnost skupnih glukozinolatov v listih rastlin in je tako naša hipoteza zavrnjena.
- Na plavajočem sistemu rez ni imela vpliva na vsebnost skupnih glukozinolatov v svežih listih. Ravno tako rez ni imela vpliva na vsebnost skupnih glukozinolatov v suhih listih tankolistnega dvoredca.
- V naši raziskavi smo v vzorcih identificirali pet različnih individualnih glukozinolatov. Identificirani so bili naslednji: glukorafanin, glucoalizin, glukonapin, glukosativin in glucoerucin.
- Ugotovili smo, da je bilo v vzorcih tankolistnega dvoredca največ glukorafanina.
- Geografski izvor semena je vplival samo na vsebnost glukonapina tako v SvM kot v SM, na vsebnost ostalih glukozinolatov pa ni imel vpliva.
- Tehnologija gojenja je pri vrednotenju svežih listov statistično značilno vplivala na vsebnost glikonapina, glukosativina in glucoerucina, saj so jih na šoti gojeni vzorci vsebovali več. Pri glukorafaninu in glucoalizinu v svežih listih tehnologija gojenja ni imela statistično značilnega vpliva.
- V suhih listih je bil vpliv tehnologije gojenja na vsebnost glukorafanina in glucoalizina statistično značilno večji na kameni volni, medtem ko tehnologija gojenja ni statistično značilno vplivala na vsebnost glukonapina, glukosativina in glucoerucina v suhih listih.
- Rez na kameni volni je v svežih listih statistično značilno vplivala na vsebnost glucoalizina (več ob drugi rezi), glukonapina in glucoerucina (ob drugi rezi se je zmanjšala). V suhih listih pa je rez statistično značilno vplivala na vsebnost glucoalizina (več ga je bilo ob drugi rezi) in glucoerucina (več ga je bilo ob prvi rezi). Lahko potrdimo hipotezo, da rez vpliva na vsebnost posameznih glukozinolatov.

V raziskavo je bilo vključenih več kot pol avtohtonih akcesij tankolistnega dvoredca (*Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC.), ki jih hrani Genska banka kmetijskih rastlin na Kmetijskem inštitutu Slovenije. Študija je dala osnovne podatke o količini pridelka in vsebnosti glukozinolatov v avtohtonem tankolistnem dvoredcu. Raziskali smo, kako tehnologija pridelave vpliva na vsebnost glukozinolatov ter kakšen vpliv ima število rezi na količino glukozinolatov. Po našem vedenju je to ena redkih raziskav, ki prikazuje vpliv tehnologije gojenja na vsebnost glukozinolatov v tankolistnem dvoredcu in s tem tudi predstavlja napredek v raziskovanju prehranskih vrednosti tankolistnega dvoredca. Tako dobljeni rezultati so temelj za vrednotenje avtohtonega tankolistnega dvoredca v Sloveniji in njegovo primerjavo s komercialno dostopnim materialom takih vrst. V Sloveniji se omenjenih raziskav glukozinolatov v tankolistnem dvoredcu še ni delalo, zato je naše delo bistven prispevek k razumevanju tega področja. Naša raziskava bo uporabna za pridelovalce, saj so avtohtone akcesije primerljive s komercialnimi vrstami tako glede pridelka kot vsebnosti skupnih glukozinolatov. Uporabna pa bo tudi v žlahtniteljske namene.

## 6 POVZETEK (SUMMARY)

### 6.1 POVZETEK

V zadnjih letih je zaznati povečano zanimanje po mladi listnati zelenjavi, ki je že pripravljena za uporabo. Sem nedvomno sodi tudi tankolistni dvoredec (*Diplotaxis tenuifolia*), ki ga potrošniki radi poimenujejo "divja rukola". Tudi pomen funkcionalne hrane je vse bolj prisoten na tržišču in tudi tokrat nas tankolistni dvoredec ne razočara, saj je bogat z vitamini, še posebej pa so zanimivi sekundarni metaboliti, med katerimi pri tankolistnem dvoredcu prevladujejo glukozinolati. Tankolistni dvoredec večina zaužije surovega in s tem dobi kar največ glukozinolatov v nespremenjeni obliki, saj se s kuhanjem njihova količina zmanjšuje. Namen in osnovni cilj naše raziskave je bil ravno ovrednotenje vpliva tehnologije gojenja na vsebnost nespremenjenih glukozinolatov v tankolistnem dvoredcu.

V študiji, ki je bila opravljena leta 2012, smo analizirali vsebnost glukozinolatov v 10 avtohtonih akcesijah tankolistnega dvoredca, katerega semena smo dobili pri Genski banki kmetijskih rastlin na Kmetijskem inštitutu Slovenije, in 2 vzorcih komercialno dostopnega tankolistnega dvoredca. Vzorca in akcesije, ki so bile nabrane z različnih območij Slovenije, smo posejali v gojitvene plošče z različno gostoto vdolbin, in sicer 160 in 84 vdolbin na ploščo, v vsako vdolbino po eno seme. Gojitvene plošče smo napolnili z različnimi substrati (šoto, kameno volno in perlitom). Šoto smo si izbrali za konvencionalni način gojenja, medtem ko smo kameno volno in perlit uporabili za plavajoči sistem (angl. floating system) kot enega od enostavnejših načinov hidroponskega gojenja listnatih rastlin. Pri semenih samoniklih akcesij smo imeli težave z vznikom, kar smo poizkušali omiliti z uporabo giberelinske kisline. Ker je bil na s perlitom napolnjenih gojitvenih ploščah vznik rastlin tankolistnega dvoredca izredno slab, smo se odločili, da vsa obravnavanja na perlitu izločimo iz naše študije o vsebnosti glukozinolatov.

Glukozinolati v listih tankolistnega dvoredca smo z malimi modifikacijami določili po metodi, ki jo navajajo Gratacós-Cubarsí in sod. (2010). Zaradi obsežnega števila vzorcev smo se odločili, da opravimo analize glukozinolatov samo na gojitvenih ploščah s 160 vdolbinami. Vzorčili smo rastline v tehnološki zrelosti, torej v fazi od 5 do 7 pravih listov.

V prvem delu raziskave smo ovrednotili agronomske lastnosti tankolistnega dvoredca, kot je vznik, pridelek, uhajanje v cvet in sušina. Povprečni vznik je bil najboljši na kameni volni (50 %), medtem ko je bil vznik na šoti samo 37 %. Tudi na gostejši setvi je bil v povprečju vznik boljši (40 %) kot pri redkejši setvi (29 %). Med akcesijami so bile statistično značilne razlike pri vzniku in najboljši vznik smo opazili pri akcesiji 1 (Ljubljana) (v povprečju 46 %). Največji pridelek je bil dosežen na kameni volni in je v povprečju znašal 844,34 g/m<sup>2</sup>, kar je bilo v naši raziskavi kar trikrat več od pridelka na šoti 256,29 g/m<sup>2</sup>. Na povprečni pridelek je vplivala tudi gostota setve, saj je bil pridelek pri gostejši setvi tudi dvakrat večji od pridelka pri redkejši setvi. Ugotovili smo tudi, da se akcesije 9 (Rače), 6 (Pragersko) in 3 (Ajdovščina – Godovič) v povprečnem pridelku niso statistično značilno razlikovale od kontrole K2, kar pomeni, da so samonikle akcesije primerljive s komercialno dostopnimi glede povprečnega pridelka. Zanimiv je tudi podatek, da so rastline tankolistnega dvoredca, gojene na kameni volni, do prve rezi (faza

od 5 do 7 listov) potrebovale povprečno 54 dni, medtem ko so rastline, gojene na šoti, potrebovale 68 dni. Poskus je potekal od začetka pomladi do sredine poletja. Rastline, gojene na šoti (14 %), so bolj hitro uhajale v cvet kot rastline, gojene na kameni volni (5 %). Najmanjši povprečni odstotek cvetočih rastlin smo zabeležili pri vzorcih 3 (Ajdovščina – Godovič), 5 (Vrhnika), 6 (Pragersko) ter 9 (Rače) (od 4 do 6 %), največji pa pri vzorcu 1 (Ljubljana) (16 %). Pri merjenju suhe snovi v tankolistnem dvoredcu smo potrdili, da rastline, gojene konvencionalno, vsebujejo več sušine (21 %) kot rastline, gojene na plavajočem sistemu (12 %). Rez ima tudi vpliv na suho snov, saj je bil odstotek suhe snovi na kameni volni ob drugi rezi manjši (10 %) kot ob prvi rezi. Med različnima gostotama setve ni bilo razlik v vsebnosti suhe snovi.

V drugem delu raziskave smo analizirali vsebnost skupnih in individualnih glukoziolatov v listih tankolistnega dvoredca. Zanimivo je, da se vsebnost skupnih glukoziolatov v svežih listih ni statistično značilno razlikovala med tehnologijama gojenja. V povprečju so vzorci na kameni volni vsebovali 0,904 g/kg SvM, na šoti pa 1,015 g/kg SvM skupnih glukoziolatov. To je pomemben podatek, saj v javnosti na splošno velja prepričanje, da je zelenjava, gojena na hidroponski način, slabše kakovosti. V naši raziskavi se je celo izkazalo, da je plavajoči sistem lahko še boljši, saj je bila v suhi snovi vsebnost skupnih glukoziolatov statistično večja na kameni volni kot na šoti. V povprečju so vzorci na kameni volni vsebovali 7,805 g/kg SM skupnih glukoziolatov, na šoti pa 4,905 g/kg SM. V naših vzorcih tankolistnega dvoredca smo identificirali pet različnih glukoziolatov, in sicer glukorafanin, glukoalizin, glukonapin, glukosativin in glucoerucin. Med njimi je bilo največ glukorafanina. V povprečju je bila vsebnost glukorafanina v vzorcih, gojenih na kameni volni, 0,793 g/kg SvM, na šoti pa 0,764 g/kg SvM. V svežih listih ni bilo statistično značilnih razlik v vsebnosti glukorafanina med tehnologijama gojenja. Razlike so se pojavile v suhih listih, in sicer so akcesije, gojene na kameni volni, v povprečju vsebovale 6,847 g/kg SM glukorafanina, gojene na šoti pa 3,674 g/kg SM.

V svežih listih ob drugi rezi na kameni volni ni bilo statistično značilnih razlik v vsebnosti skupnih glukoziolatov. V povprečju je bila vsebnost skupnih glukoziolatov ob prvi rezi 0,903 g/kg SvM, ob drugi pa 0,662 g/kg SvM. To, da se zaradi rezi vsebnost glukoziolatov ne spreminja, je načeloma dobro, vendar bi prej pričakovali, glede na podatke v literaturi, celo povečanje vsebnosti. V povprečju je bila vsebnost skupnih GLS ob prvi rezi 7,805 g/kg SM, ob drugi pa 6,580 g/kg SM. Ob drugi rezi je bila vsebnost glukorafanina največja, vendar se tako v svežih kot suhih listih ni statistično značilno razlikovala od prve rezi. Zanimivo je, da je rez statistično značilno vplivala na povečanje vsebnosti glucoalizina tako v svežih kot v suhih listih. Glukonapina je bilo ob drugi rezi statistično značilno manj v svežih listih, ni pa bilo razlik v suhih. Rez je tudi statistično značilno vplivala na zmanjšanje vsebnosti glucoerucina tako v svežih kot v suhih listih. Razliko v količini posameznih glukoziolatov, ki se je pojavila kot posledica rezi, lahko razumemo kot odgovor rastlin tankolistnega dvoredca na mehanske poškodbe, količina skupnih glukoziolatov pa je ostala približno enaka.

V naši raziskavi smo potrdili hipotezo, da sta na količino pridelka vplivala izvor akcesij in tehnologija pridelave ter da v suhi snovi na vsebnost skupnih glukoziolatov vpliva tehnologija pridelave. Pri preučevanih akcesijah lahko zavrnamo hipotezo, da geografski izvor vpliva na vsebnost glukoziolatov, kar je verjetno posledica dejstva, da so v Sloveniji



razdalje med nabranimi akcesijami sorazmerno majhne in smo akcesije gojili pod enakimi razmerami, tako da je bil vpliv okolja izničen. Raziskava je podala osnovne podatke o avtohtonih akcesijah tankolistnega dvoredca v Sloveniji.

## 6.2 SUMMARY

Increased interest in young ready-to-eat leafy vegetables has been noticeable in recent years. These vegetables include salad rocket, especially the one that most users call "the one with tiny serrated leaves", or just wild rocket (*Diplotaxis tenuifolia*). In addition, there is increasing importance of functional food in the market and again wild rocket does not disappoint, because it is rich in vitamins. Secondary metabolites called glucosinolates, which wild rocket has in abundance, are especially interesting. Wild rocket is mostly consumed raw, so most glucosinolates are obtained in an unchanged form, while cooking reduces their quantity. The very purpose and primary objective of our study was to evaluate the effect of cultivation technology on the content of unchanged glucosinolates in wild rocket.

In the study, which was conducted in 2012, we analyzed the content of glucosinolates in 10 indigenous accessions and 2 commercially available samples of wild rocket. The indigenous seeds were provided by the Plant Gene Bank of the Agricultural Institute of Slovenia. Samples and accessions picked from various locations in Slovenia were sown in plug trays with different cell densities, 160 and 84 cells, and one seed was planted in each cell. The plug trays were filled with various substrates (peat, rock wool and perlite). We chose peat for the conventional growing system, and we used rock wool and perlite for the floating system, as one of the easiest methods of hydroponic cultivation of leafy plants. The germination of indigenous seed was problematic; we tried to improve it with the use of gibberellic acid. Since the germination of rocket seeds on plug trays filled with perlite was extremely poor, we decided to exclude perlite from our study of the content of glucosinolates.

Glucosinolates in wild rocket leaves were determined by the method specified by Gratacós-Cubarsí et al. (2010), with minor modifications. Due to the large number of samples, we decided to do an analysis of glucosinolates only on plug trays with a density of 160 cells. Plants were sampled at technological maturity, i.e., in the phase of 5–7 true leaves.

In the first part of the study, we evaluated the agronomic properties of the wild rocket, such as germination, crop yield, tendency to flower and dry matter. Average germination was best on rock wool, amounting to 50%, while germination on peat was only 37%. The average germination was also better on the high density plug trays (40%) than on the lower density plug trays (29%). There were statistically significant differences in germination among the accessions, with the best germination observed with accession 1 (Ljubljana) (in which the average was 46%). The highest yield was achieved on rock wool, with an average of 844.34 g/m<sup>2</sup>, which in our study was three times more than the yield on peat with 256.29 g/m<sup>2</sup>. The average yield was also affected by the plug tray density, with the yield in the denser plug trays being even twice as much as in the lower density plug trays. We also found that the average yield of accessions 9 (Rače), 6 (Pragersko) and

3 (Ajdoščina – Godovič) was not statistically different from that of control K2, which means that, in terms of average yield, wild accessions are comparable to those that are commercially available. Moreover, it is noteworthy that plants grown on rock wool needed an average of 54 days until first cut (phase 5 to 7 leaves), while plants grown on peat needed 68 days. The study was conducted from early spring to midsummer. Plants grown on peat (14%) more rapidly bolted than plants grown on rock wool (5%). The lowest average percentage of flowering plants was recorded in accessions 3 (Ajdoščina – Godovič), 5 (Vrhnik), 6 (Pragersko) and 9 (Rače) (from 4 to 6%) and the highest was in accession 1 (Ljubljana) (16%). By measuring the dry matter in wild rocket, we confirmed that plants grown conventionally on peat contained more dry matter (21%) than plants grown on the floating system (12%). Cutting also had an impact on dry matter, since the percentage of dry matter on rock wool at the second cut was lower (10%) than at the first cut. There were no differences in dry matter content between plug tray densities.

In the second part of the study, we analyzed the content of total and individual glucosinolates in wild rocket leaves. Interestingly, the content of total glucosinolates in fresh leaves did not statistically differ between the cultivation techniques. The accessions on rock wool contained 0.904 g/kg FW and the accessions on peat contained 1.015 g/kg FW of total glucosinolates. This is important information, since the general public is convinced that vegetables grown hydroponically are of inferior quality. Our research showed that a floating system can be even better, since the content of total glucosinolates in the dry matter was statistically higher on rock wool than on peat. On average, the accessions on rock wool contained 7.805 g/kg DW of total glucosinolates, while the accessions on peat contained 4.905 g/kg DW. In our wild rocket accessions, we identified five different glucosinolates: glucoraphanin, glucoalyssin, gluconapin, glucosativin and glucoerucin. Glucoraphanin was the most abundant. On average, the content of glucoraphanin in accessions grown on rock wool was 0.793 g/kg FW, whereas in accessions on peat it was 0.764 g/kg FW. In fresh leaves, there were no statistical differences between the technologies in terms of levels of glucoraphanin. Differences occurred in the dry leaves – on average, accessions grown on rock wool contained 6.847 g/kg DW of glucoraphanin, and accessions grown on peat contained 3.674 g/kg DW of glucoraphanin.

In fresh leaves of the second cut on rock wool, there were no statistical differences in the levels of total glucosinolates. On average, the level of total glucosinolates at the first cut was 0.903 g/kg FW and at the second cut it was 0.662 g/kg FW. In principle, it is good that cuts did not lower the content of glucosinolates; however, we would rather expect higher contents. On average, the level of total GLS at the first cut was 7.805 g/kg DW, and at the second cut it was 6.580 g/kg DW. Even at the second cut, the content of glucoraphanin was the highest; however, in both fresh and dried leaves, there was no statistical difference from the first cut. Interestingly, the cut statistically affected an increase of content of glucoalyssin in both fresh and dry leaves. The content of gluconapin at the second cut was statistically lower in fresh leaves but there were no statistical differences found in dry leaves. Cutting also had a statistical effect on the reduction of the content of glucoerucin in both fresh and dry leaves. The difference in the amount of individual glucosinolates that appeared as a result of the cuts can be seen as a response of wild rocket plants to mechanical damage, since the amount of total glucosinolates remained roughly the same.

In our study, we confirmed the hypothesis that the origin of accessions and technology of production had an impact on yield, and that the production technology affected the content of total glucosinolates in dry matter. In the case of the studied accessions, the hypothesis that geographic origin has an effect on the levels of glucosinolates can be rejected, which is probably due to the relatively small distances in Slovenia between collected accessions and to growing accessions under the same conditions, so that the impact of the environment was nullified. This study gave basic information about indigenous accessions of wild rocket in Slovenia.

## 7 VIRI

- Agerbirk N., Warwick S.I., Hansen P.R., Olsen C.E. 2008. *Sinapis* phylogeny and evolution of glucosinolates and specific nitrile degrading enzymes. *Phytochemistry*, 69, 17: 2937-2949
- Ahuja I., Rohloff J., Bones A.M. 2010. Defence mechanisms of Brassicaceae: implications for plant-insect interactions and potential for integrated pest management. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30: 311-348
- Barillari J., Canistro D., Paolini M., Ferroni F., Pedulli G.F., Iori R., Valgimigli L. 2005. Direct antioxidant activity of purified glucoerucin, the dietary secondary metabolite contained in rocket (*Eruca sativa* Mill.) seeds and sprouts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 2475-2482
- Bell L., Wagstaff C. 2014. Glucosinolates, myrosinase hydrolysis products, and flavonols found in rocket (*Eruca sativa* and *Diplotaxis tenuifolia*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62: 4481-4492
- Bellostas N., Kachlicki P., Sørensen H. 2007. Glucosinolate profiling of seeds and sprouts of *B. oleracea* varieties used for food. *Scientia Horticulturae*, 114, 4: 234-242
- Bennett R.N., Mellon F.A., Botting N.P., Eagles J., Rosa E.A.S., Williamson G. 2002. Identification of the major glucosinolate (4-mercaptobutyl glucosinolate) in leaves of *Eruca sativa* L. (salad rocket). *Phytochemistry*, 61: 25-30
- Bennett R.N., Rosa E.A.S., Mellon F.A., Kroon P.A. 2006. Ontogenetic profiling of glucosinolates, flavonoids and other secondary metabolites in *Eruca sativa* (salad rocket), *Diplotaxis erucoides* (wall rocket), *Diplotaxis tenuifolia* (wild rocket) and *Bunias orientalis* (turkish rocket). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 4005-4015
- Bennett R.N., Carvalho R., Mellon F.A., Eagles J., Rosa, E.A.S. 2007. Identification and quantification of glucosinolates in sprouts derived from seeds of wild *Eruca sativa* L. (salad rocket) and *Diplotaxis tenuifolia* L. (wild rocket) from diverse geographical locations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 67-74
- Bianco V.V. 1995. Rocket, an ancient underutilized vegetable crop and its potential. V: Rocket genetic resources network. Report of the first meeting (Lisbon), Portugal, 13-15 nov. 1994. Padulosi S. (ed.) 1995. Rim, Italija, International Plant Genetic Resources Institute: 35-57
- Bianco V.V., Boari F. 1997. Up-to-date developments on wild rocket cultivation. V: Rocket: a Mediterranean crop for the world. Report of a workshop, Legnaro (Padova), Italy, 13-14 dec. 1996. Padulosi S., Pignone D. (eds.) 1997. Rim, Italija, International Plant Genetic Resources Institute: 41-49
- Bianco V.V., Santamaria P., Elia A. 1998. Nutritional value and nitrate content in edible wild species used in southern Italy. *Acta Horticulturae*, 467: 71-90
- Bohinc T., Ban S.G., Ban D., Trdan S. 2012. Glucosinolates in plant protection strategies: a review. *Archives of Biological Science Belgrade*, 64, 3: 821-828

- Bones A.M., Rossiter J.T. 1996. The myrosinase-glucosinolate system, its organisation and biochemistry. *Physiologia Plantarum*, 97: 194-208
- Borek V., Elberson L.R., McCaffrey J.P., Morra M.J. 1998. Toxicity of isothiocyanates produced by glucosinolates in Brassicaceae species to black vine weevil eggs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 5318-5323
- Brown P.D., Morra M.J. 1995. Glucosinolates-containing plant tissues as bioherbicides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43: 3070-3074
- Cataldi T.R.I., Rubino A., Lelario F., Bufo S.A. 2007. Naturally occurring glucosinolates in plant extracts of rocket salad (*Eruca sativa* L.) identified by liquid chromatography coupled with negative ion electrospray ionization and quadrupole ion-trap mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 21: 2374-2388
- Chen S., Andreasson E. 2001. Update on glucosinolate metabolism and transport. *Plant Physiology and Biochemistry*, 39, 9: 743-758
- Cortese D. 2002. Zelenjava – druga moč naravne hrane. Ljubljana, Kmečki glas: 335 str.
- Černe M. 1998. Kapusnice. Ljubljana, Kmečki glas: 173 str.
- Černe M. 2000. Rukvica ali rukola. *Kmetovalec*, 68, 11: 8-11
- D'Antuono L.F., Elementi S., Neri R. 2008. Glucosinolates in *Diplotaxis* and *Eruca* leaves: diversity taxonomic relations and applied aspects. *Phytochemistry*, 69: 187-199
- D'Antuono L.F., Elementi S., Neri R. 2009. Exploring new potential health-promoting vegetables: glucosinolates and sensory attributes of rocket salads and related *Diplotaxis* and *Eruca* species. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89: 713-722
- Fahey J.W., Zalcmann A.T., Talalay P. 2001. The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. *Phytochemistry*, 56: 5-51
- Falk K.L., Vogel K., Textor S., Bartram S., Hick A., Pickett J.A., Gershenzon J. 2004. Glucosinolate biosynthesis: demonstration and characterization of the condensing enzyme of the chain elongation cycle in *Eruca sativa*. *Phytochemistry*, 65: 1073-1084
- Franke D.M., Ellis A.G., Dharjawa M., Freshwater M., Fujikawa M., Padron A., Weis A.E. 2006. A steep cline in flowering time for *Brassica Rapa* in southern California: population-level variation in the field and the greenhouse. *International Journal of Plant Sciences*, 167, 1: 83-92
- Garibaldi A., Minuto A., Gullino M.L. 2005. First report of sclerotinia stem rot and watery soft rot caused by *Sclerotinia sclerotiorum* on sand rocket (*Diplotaxis tenuifolia*) in Italy. *Plant Disease*, 89, 11: 1241-1241
- Gratacós-Cubarsí M., Ribas-Agustí A., García-Regueiro J.A., Castellari M. 2010. Simultaneous evaluation of intact glucosinolates and phenolic compounds by UPLC-DAD-MS/MS in *Brassica oleracea* L. var. *botrytis*. *Food Chemistry*, 121: 257-263
- Grič L. 1980. Užitarne divje rastline. Ljubljana, Cankarjeva založba; Zagreb, Prosvjeta: 326 str.
- Gruda N. 2005. Impact of environmental factors on product quality of greenhouse vegetables for fresh consumption. *Critical Reviews in Plant Science*, 24: 227-247

- Gruda N. 2009. Do soilless culture systems have an influence on product quality of vegetables? *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 82: 141-147
- Hall M.K.D., Jobling J.J., Rogers G.S. 2012. Some perspectives on rocket as a vegetable crop: a review. *Vegetable Crops Research Bulletin*, 76: 21-41
- Hecht S.S. 2000. Inhibition of carcinogenesis by isothiocyanates. *Drug Metabolism Reviews*, 32: 395-411
- Herrmann A. 2010. *The chemistry and biology of volatiles*. West Sussex, John Wiley and Sons: 402 str.
- Hong E., Kim S.J., Kim G.H. 2011. Identification and quantitative determination of glucosinolates in seeds and edible parts of Korean Chinese cabbage. *Food Chemistry*, 128: 1115-1120
- Hussein J., Salah A., Oraby F., El-Deen A.N., El-Khayat Z. 2010. Antihepatotoxic effect of *Eruca sativa* extracts on alcohol induced liver injury in rats. *Journal of American science*, 6, 11: 381-389
- Jakše M., Kacjan-Maršič N. 2008. Pridelava zelenjave na plavajočem sistemu. V: *Novi izzivi v poljedelstvu 2008: zbornik simpozija*, Ljubljana, Slovensko Agronomsko Društvo, 406 str.
- Jakše M., Hacin J., Kacjan-Maršič N. 2013. Production of rocket (*Eruca sativa* Mill.) on plug trays and on a floating system in relation to reduced nitrate content. *Acta Agriculturae Slovenica*, 101, 1: 59-68
- Jones R.B., Faragher J.D., Winkler S. 2006. A review of the influence of postharvest treatments on quality and glucosinolate content in broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) heads. *Postharvest Biology and Technology*, 41, 1: 1-8
- Kim S.J., Kawaharada C., Ishii G. 2006. Effect of ammonium: nitrate nutrient ratio on nitrate and glucosinolate contents of hydroponically-grown rocket salad (*Eruca sativa* Mill.). *Soil Science and Plant Nutrition*, 52: 387-393
- Kirkegaard J.A., Sarwar M. 1998. Biofumigation potential of brassicas. Variation in glucosinolate profiles of diverse field-grown brassicas. *Plant and Soil*, 201, 1: 71-89
- Kusznierewicz B., Śmiechowska A., Bartoszek A., Namieśnik J. 2008. The effect of heating and fermenting on antioxidant properties of white cabbage. *Food Chemistry*, 108, 3: 853-861
- Lazzarini R., Giordano A. 2007. Usare il floating per ottenere orive da foglia di taglio. *Colture Protete*, 11: 55-62
- Li X., Kushad M.M. 2004. Correlation of glucosinolate content to myrosinase activity in horseradish (*Armoracia rusticana*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 6950-6955
- Martinčič A., Wraber T., Jogan J., Podobnik A., Ravnik V., Turk B., Vreš B., Frajman B., Strgulc-Krajšek S., Trčak B., Bačič M., Fischer M.A., Eler K., Surina B. 2007. *Mala flora Slovenije: ključ za določanje praprotnic in semenk*. 4. dopolnjena in spremenjena izdaja. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 967 str.

- Morant A.V., Jørgensen K., Jørgensen C., Paquette S.M., Sánchez-Pérez R., Lindberg Møller B., Bak S. 2008.  $\beta$ -Glucosidases as detonators of plant chemical defense. *Phytochemistry*, 69: 1795-1813
- Najdi.si zemljevid. 2013. Monolit. GURS.  
<http://zemljevid.najdi.si/> (8. nov. 2014)
- Newman R.M., Hanscom A., Kerfoot W.C. 1992. The watercress glucosinolate-myrosinase system: a feeding deterrent to caddisflies, snails and amphipods. *Oecologia*, 92: 1-7
- Nicola S., Hoeberechts J., Fontana E. 2004. Rocket (*Eruca sativa* Mill.) and corn salad (*Valerianella olitoria* L.): production and shelf-life of two leafy vegetables grown in a soilless culture system. *Acta Horticulturae*, 633: 509-516
- Nicola S., Hoeberechts J., Fontana E. 2005. Comparison between traditional and soilless culture systems to produce rocket (*Eruca sativa*) with low nitrate content. *Acta Horticulturae*, 697: 549-556
- Nitz G.M., Schnitzler W.H. 2002. Variation of the glucosinolate content of the rucola species *Eruca sativa* and *Diplotaxis tenuifolia* depending on the number of cut. *Journal of Applied Botany*, 76, 3-4: 82-86
- Osvald J., Kogoj-Osvald M. 2003. Integrirano pridelovanje zelenjave. Ljubljana, Kmečki glas: 295 str.
- Padilla G., Cartea M.E., Velasco P., de Haro A., Ordás A. 2007. Variation of glucosinolates in vegetable crops of *Brassica rapa*. *Phytochemistry*, 68, 4: 536-545
- Pasini F., Verardo V., Cerretani L., Caboni M.F., D'Antuono L.F. 2011. Rocket salad (*Diplotaxis* and *Eruca* spp.) sensory analysis and relation with glucosinolate and phenolic content. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91: 2858-2864
- Pasotti P.P., Cavicchi L., Trentini L. 2003. Il floating system in Emilia-Romagna. *Colture Protette*, 8: 15-18
- Pignone D., Martínez-Laborde J.B. 2011. *Diplotaxis*. V: Wild crop relatives: Genomic and breeding resources. Kole C. (ed.). Springer Berlin Heidelberg: 137-147
- Pimpini F., Enzo M. 1997. Present status and prospects of rocket cultivation in the Veneto region. V: Rocket: a Mediterranean crop for the world. Report of a workshop, Legnaro (Padova), Italy, 13-14 dec. 1996. Padulosi S., Pignone D. (eds.) 1997. Rim, Italija, International Plant Genetic Resources Institute: 51-66
- Ploeg A. 2008. Biofumigation to manage plant-parasitic nematodes. V: Integrated management of plant pests and diseases. Volume 2. Integrated management and biocontrol of vegetable and grain crops nematodes. Ciancio A., Mukerji K.G. (eds.). Netherlands, Springer: 239-248
- Požrl T. 2009. Vpliv kisikove atmosfere na metabolične spremembe sveže narezanega pakiranega zelja: doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 120 str.
- Rask L., Andreasson E., Ekbohm B., Eriksson S., Pontoppidan B., Meijer J. 2000. Myrosinase: gene family evolution and herbivore defense in Brassicaceae. *Plant Molecular Biology*, 42: 93-113

- Robertson A.A.B., Botting N.P. 1999. Synthesis of deuterium labelled desulfoglucosinolates as internal standard for LC-MS analysis. *Tetrahedron*, 55, 46: 13269-13284
- Rosa E.A.S., Heaney R.K., Portas C.A.M., Fenwick G.R. 1996. Changes in glucosinolate concentrations in *Brasica* crops (*Brasica oleracea* and *Brasica napus*) through growing seasons. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 71: 237-244
- Rosa E.A.S., Heaney R.K., Fenwick G.R., Portas C.A.M. 1997. Glucosinolates in crop plants. *Horticultural Reviews*, 19: 99-215
- Schonhof I., Kläring H.P., Krumbein A., Claußen W., Schreiner M. 2007. Effect of temperature increase under low radiation conditions on phytochemicals and ascorbic acid in greenhouse grown broccoli. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 119, 1-2: 103-111
- Seigler D.S. 1998. Glucosinolates. V: Plant secondary metabolism. Springer US: 300-311
- Shapiro T.A., Fahey J.W., Wade K.L., Stephenson K.K., Talalay P. 1998. Human metabolism and excretion of cancer chemoprotective glucosinolates and isothiocyanates of cruciferous vegetables. *Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention*, 7: 1091-1100
- Shapiro T.A., Fahey J.W., Wade K.L., Stephenson K.K., Talalay P. 2001. Chemoprotective glucosinolates and isothiocyanates of broccoli sprouts: metabolism and excretions in humans. *Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention*, 10: 501-508
- Song L., Morrison J.J., Botting N.P., Thornalley P.J. 2005. Analysis of glucosinolates, isothiocyanates and anime degradation products in vegetable extracts and blood plasma by LC-MS/MS. *Analytical Biochemistry*, 347: 234-243
- Sun B., Liu N., Zhao Y., Yan H., Wang Q. 2011. Variation of glucosinolates in three edible parts of Chinese kale (*Brassica alboglabra* Bailey) varieties. *Food Chemistry*, 124, 941-947
- Taiz L., Zeiger E. 2002. *Plant physiology*, first edition. Sunderland, Sinauer associates inc., publishers: 782 str.
- Tian Q., Rosselot R.A., Schwartz S.J. 2005. Quantitative determination of intact glucosinolates in broccoli, broccoli sprouts, Brussels sprouts, and cauliflower by high-performance liquid chromatography–electrospray ionization–tandem mass spectrometry. *Analytical Biochemistry*, 343: 93-99
- Tonguç M., Erbaş S. 2012. Evaluation of fatty acid compositions and some seed characters of common wild plant species of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 36: 673-679
- Traka M., Mithen R. 2009. Glucosinolates, isothiocyanates and human health. *Phytochemistry Reviews*, 8: 269-282
- Travers-Martin N., Kuhlmann F., Müller C. 2008. Revised determination of free and complexed myrosinase activities in plant extracts. *Plant Physiology and Biochemistry*, 46: 506-516



- Ugrinović K. 2006. Rukola. Sad: revija za sadjarstvo, vinogradništvo in vinarstvo, 17, 6 (priloga: Vrtnine): 326-327
- Ugrinović K., Škof M., 2012. Zbirka samoniklih virov rukole v Slovenski rastlinski genski banki. Acta Agriculturae Slovenica, 99, 3: 445-449
- Verkerk R., Dekker M. 2008. Glucosinolates. V: Bioactive compounds in foods. Gilbert J., Šenyuva H.Z. (eds.) Oxford, Blackwell Publishing: 31-51
- Villamil J.M.P., Pérez-García F., Martínez-Laborde J.B. 2002. Time of seed collection and germination in rocket, *Eruca vesicaria* (L.) Cav. (Brassicaceae). Genetic Resources and Crop Evolution, 45: 47-51
- Wittstock U., Halkier B.A. 2002. Glucosinolate research in the *Arabidopsis* era. Trends in Plant Science, 7, 6: 263-270
- Zenk M.H., Juenger M. 2007. Evolution and current status of the phytochemistry of nitrogenous compounds. Phytochemistry, 68, 22-24: 2757-2772

## ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorici izr. prof. dr. Marijani Jakše in somentorju izr. prof. dr. Robertu Veberiču za usmerjanje in vso pomoč pri izvedbi raziskave, za strokovne nasvete ter vse napotke pri pisanju doktorske disertacije. Za pregled disertacije in vse nasvete se zahvaljujem tudi predsednici komisije za oceno in zagovor prof. dr. Dei Baričevič in članicama prof. dr. Nini Kacjan Maršič in doc. dr. Andreji Urbanek Krajnc ter dr. Karmen Stopar in mag. Vesni Ješe Janežič.

Za donacijo semen tankolistnega dvoredca in nasvete se zahvaljujem dr. Kristini Ugrinović. Za pomoč pri poskusu se iskreno zahvaljujem Janu Prpiču in Mateju Jeraši. Za vse laboratorijske nasvete in pomoč pri analizah na HPLC se zahvaljujem doc. dr. Jerneji Jakopič.

Zahvala gre tudi moji sestri Mateji za lektorski pregled disertacije in pomoč pri poskusu in ker vedno verjame vame in mi zna prisluhni.

Najlepše se zahvaljujem tudi mami Majdi in očetu Damijanu, ki sta me podpirala pri študiju in mi vedno znata dati dragocene življenjske nasvete.

Zahvalil bi se tudi Markotu Pericu, Brankotu Lajevcu, Hrvoju Margiću, Tjaši Skuk, Marji Okršlar in Mateji Uršič za spodbude in vsem, ki so mi kakor koli pomagali pri raziskavi in nasploh krepili optimizem.

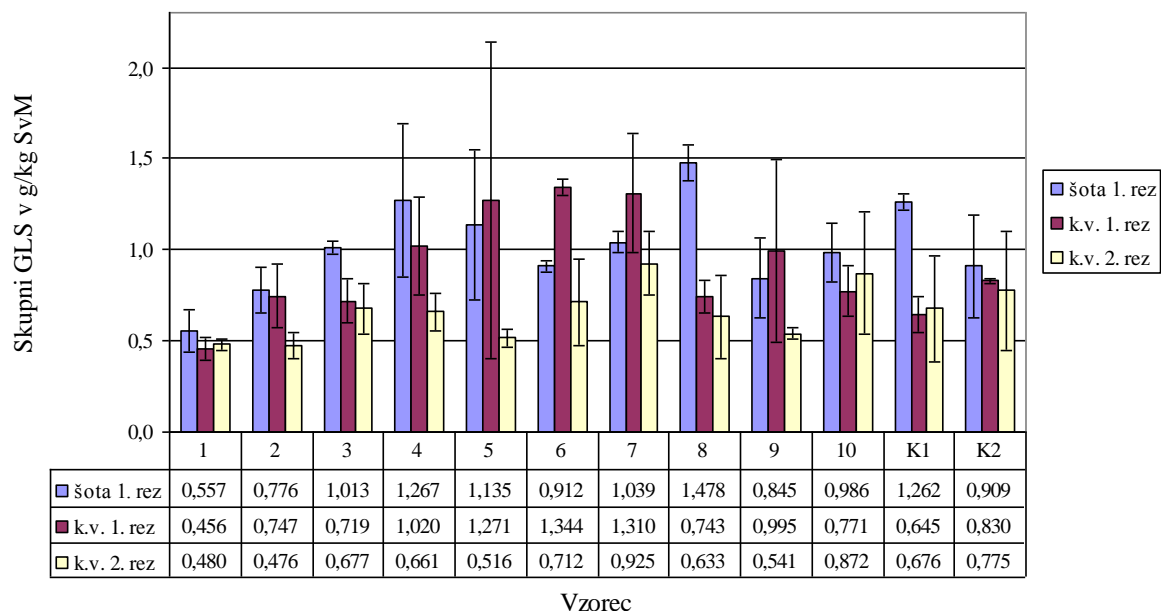
## Priloga A

### Pregled klimatskih razmer v času poskusa

Datum meritve	Ura meritve	Temp. prostora		Temp. vode °C		EC mS		pH	
		min T °C	max T °C	mali baz.	velik baz.	mali baz.	velik baz.	mali baz.	velik baz.
3.4.2008	14:00	13.0	30.0	17.0	16.2	1.37	0.65	7.00	8.40
4.4.2008	13:00	12.0	26.0	22.2	17.3	1.40	1.11	8.40	8.54
8.4.2008	11:00	8.0	26.0	17.1	11.8	1.26	1.00	9.01	8.98
9.4.2008	12:00	12.0	24.0	20.3	19.6	1.25	0.98	9.87	9.85
11.4.2008	11:00	13.5	20.0	20.7	20.4	1.26	0.97	9.54	10.00
11.4.2008	13:20	13.5	20.0	20.7	20.4	1.32	0.98	8.32	9.20
15.4.2008	14:00	18.0	19.0	16.5	15.4	1.39	1.03	8.25	9.66
17.4.2008	15:00	18.0	26.0	18.5	17.2	1.42	1.14	7.84	8.42
25.4.2008	14:00	11.0	28.0	17.7	18.3	1.07	0.79	7.89	8.50
6.5.2008	13:00	9.0	31.0	19.0	16.4	1.15	0.78	8.08	8.10
9.5.2008	12:30	9.0	30.0	20.3	19.0	0.80	0.88	9.60	8.70
13.5.2008	12:30	11.0	30.0	20.1	20.0	0.81	0.77	9.25	7.20
14.5.2008	10:50	11.0	32.0	15.6	16.2	0.90	1.06	9.00	7.80
16.5.2008	17:20	19.0	32.0	24.6	24.4	1.23	1.36	6.10	5.45
19.5.2008	19:00	16.0	29.0	20.3	20.6	1.11	0.97	6.46	6.73
20.5.2008	15:30	13.0	18.0	14.6	14.0	1.28	1.12	7.35	7.30
22.5.2008	13:00	13.0	21.0	15.7	15.9	1.26	1.10	7.32	7.70
27.5.2008	15:15	17.0	36.0	27.2	26.3	1.25	1.25	6.56	7.62
30.5.2008	14:00	19.0	38.0	25.5	25.6	1.19	1.13	6.03	5.68
3.6.2008	17:00	17.0	38.0	23.5	22.8	1.23	1.31	6.10	6.06
5.6.2008	7:30	17.0	33.0	18.4	18.4	1.14	1.27	7.45	7.34
6.6.2008	10:30	17.0	24.0		17.9		1.27		7.15
13.6.2008	15:00	15.0	32.0		17.8		1.71		5.60
18.6.2008	16:00	21.0	33.0		22.7		1.32		7.30
20.6.2008	11:20	15.0	40.0		22.8		1.18		7.20
24.6.2008	15:30	18.0	44.0		31.2		1.17		7.20

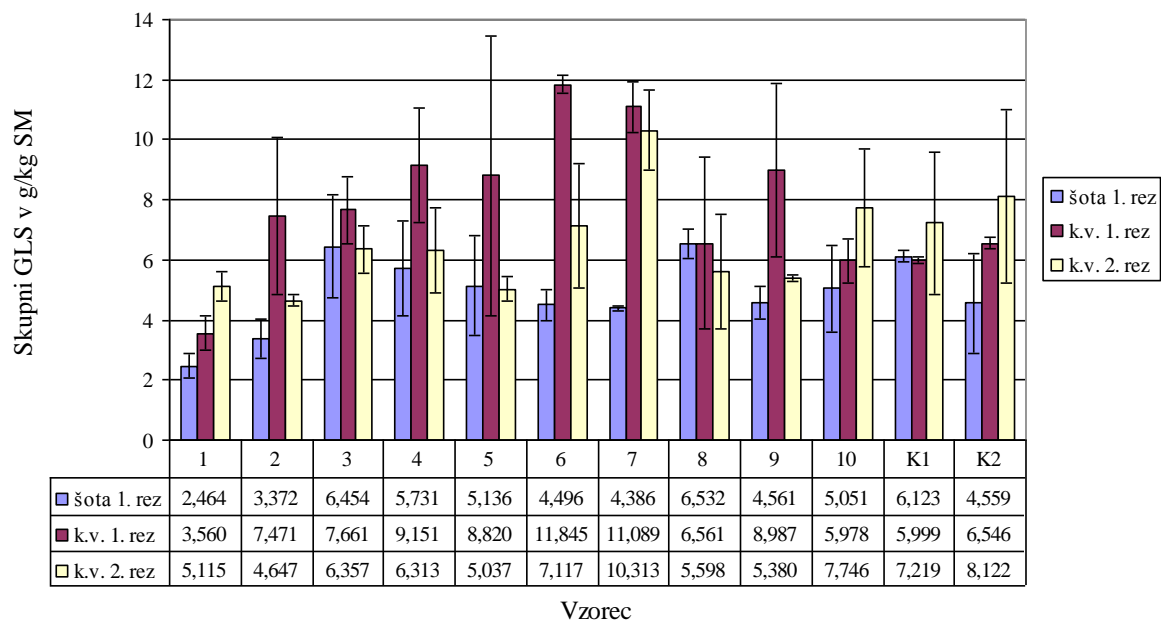
## Priloga B

### Povprečni podatki za vsebnost skupnih glukozinolatov v tankolistnem dvoredcu (*Diplotaxis tenuifolia*)



Priloga B1: Podatki v svežih listih (SvM) za obe tehnologiji (šota in kamena volna) ter za obe rezi na kameni volni (1. rez in 2. rez) za vsak vzorec

Annex B1: Data for fresh leaves (SvM) for both growing technologies (peat and rock wool) and for both cuts on rock wool (1st and 2nd cuts) for each sample

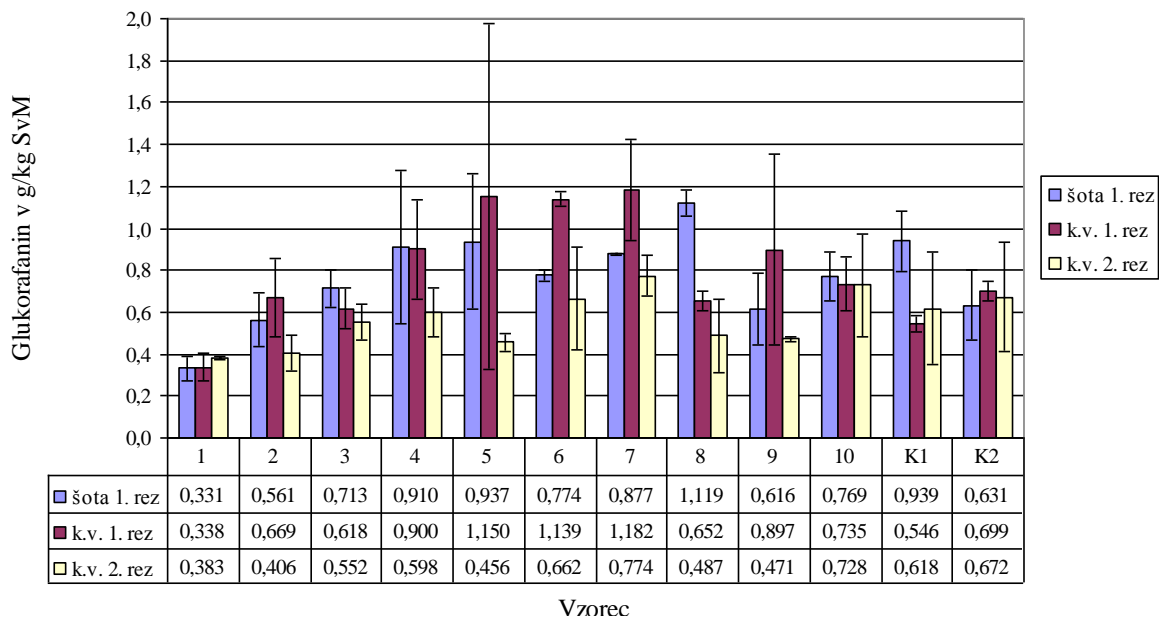


Priloga B2: Podatki v suhih listih (SM) za obe tehnologiji (šota in kamena volna) ter za obe rezi na kameni volni (1. rez in 2. rez) za vsak vzorec

Annex B2: Data for dry leaves (SM) for both growing technologies (peat and rock wool) and for both cuts on rock wool (1st and 2nd cuts) for each sample

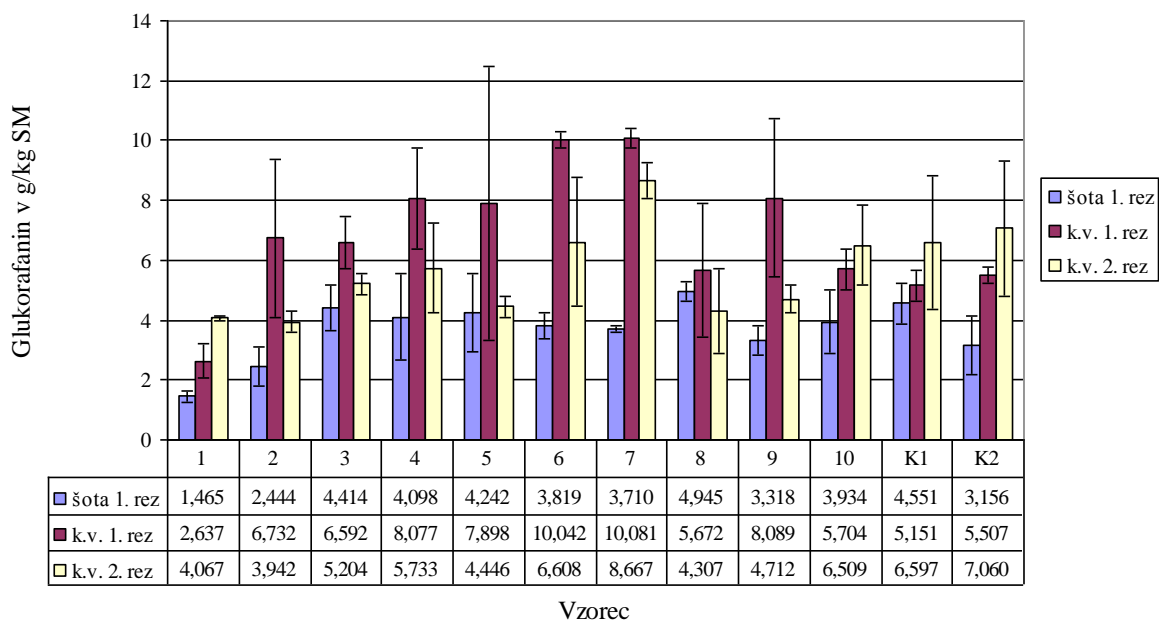
## Priloga C

### Povprečni podatki za vsebnost glukorafanina v tankolistnem dvoredcu (*Diplotaxis tenuifolia*)



Priloga C1: Podatki v svežih listih (SvM) za obe tehnologiji (šota in kamena volna) ter za obe rezi na kameni volni (1. rez in 2. rez) za vsak vzorec

Annex C1: Data for fresh leaves (SvM) for both growing technologies (peat and rock wool) and for both cuts on rock wool (1st and 2nd cuts) for each sample

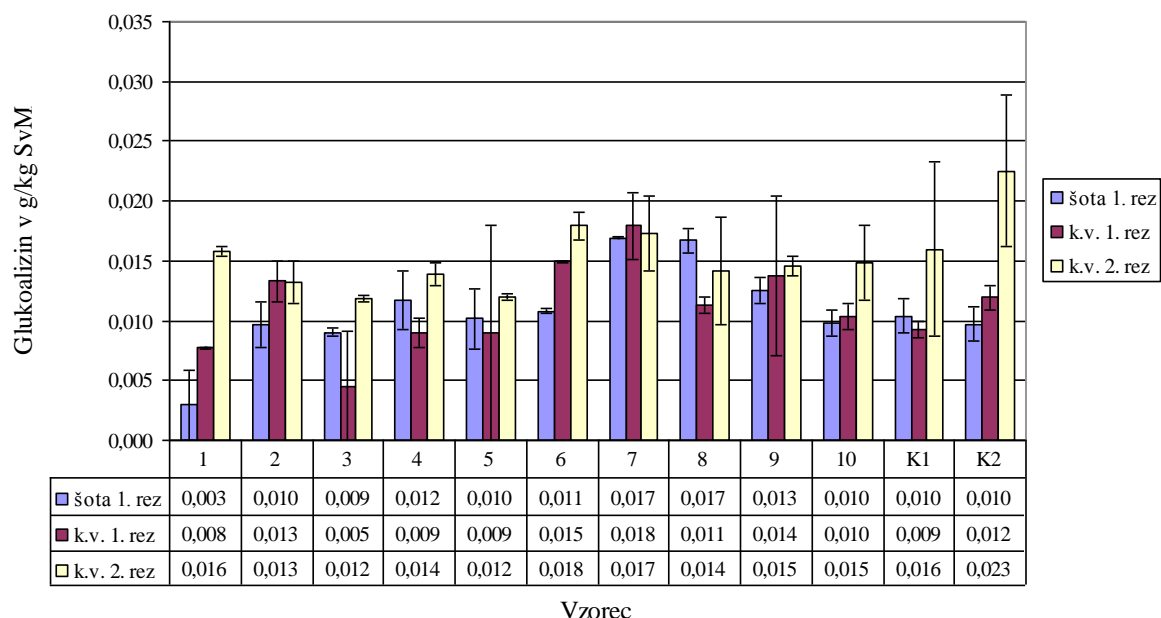


Priloga C2: Podatki v suhih listih (SM) za obe tehnologiji (šota in kamena volna) ter za obe rezi na kameni volni (1. rez in 2. rez) za vsak vzorec

Annex C2: Data for dry leaves (SM) for both growing technologies (peat and rock wool) and for both cuts on rock wool (1st and 2nd cuts) for each sample

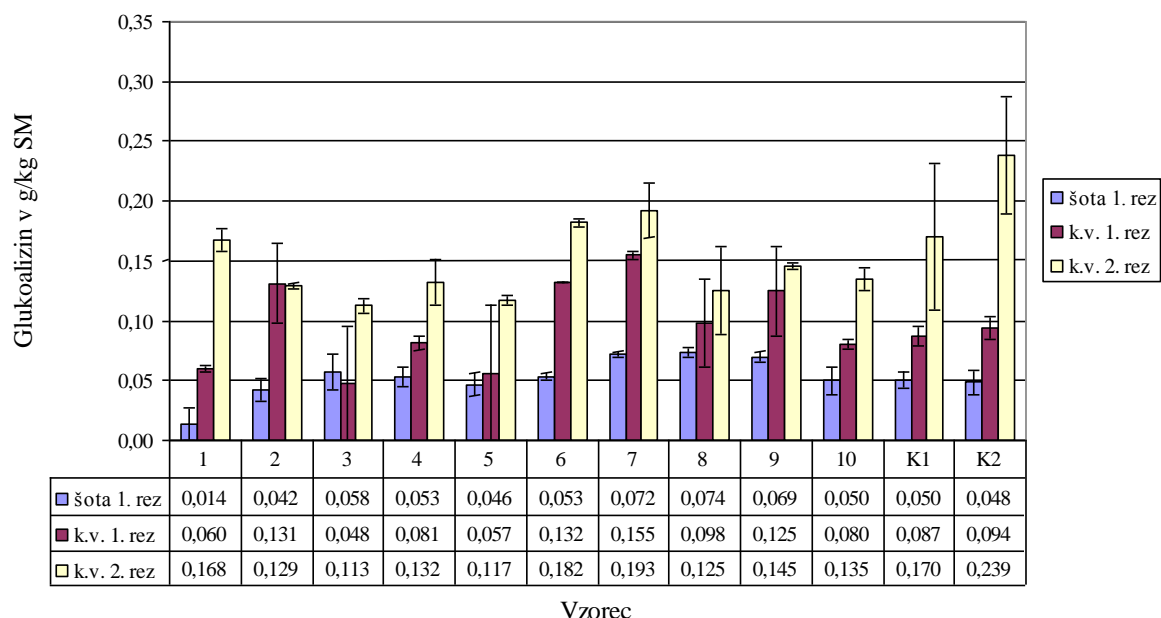
## Priloga D

Povprečni podatki za vsebnost glukozinolina v tankolistnem dvoredcu (*Diplotaxis tenuifolia*)



Priloga D1: Podatki v svežih listih (SvM) za obe tehnologiji (šota in kamena volna) ter za obe rezi na kameni volni (1. rez in 2. rez) za vsak vzorec

Annex D1: Data for fresh leaves (SvM) for both growing technologies (peat and rock wool) and for both cuts on rock wool (1st and 2nd cuts) for each sample

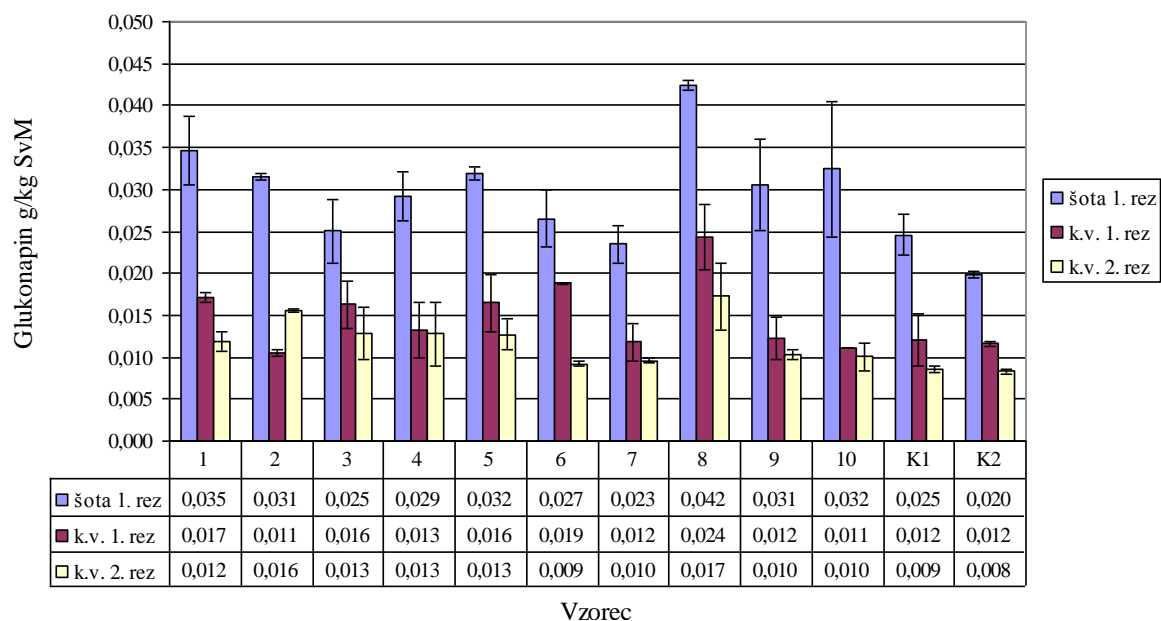


Priloga D2: Podatki v suhih listih (SM) za obe tehnologiji (šota in kamena volna) ter za obe rezi na kameni volni (1. rez in 2. rez) za vsak vzorec

Annex D2: Data for dry leaves (SM) for both growing technologies (peat and rock wool) and for both cuts on rock wool (1st and 2nd cuts) for each sample

## Priloga E

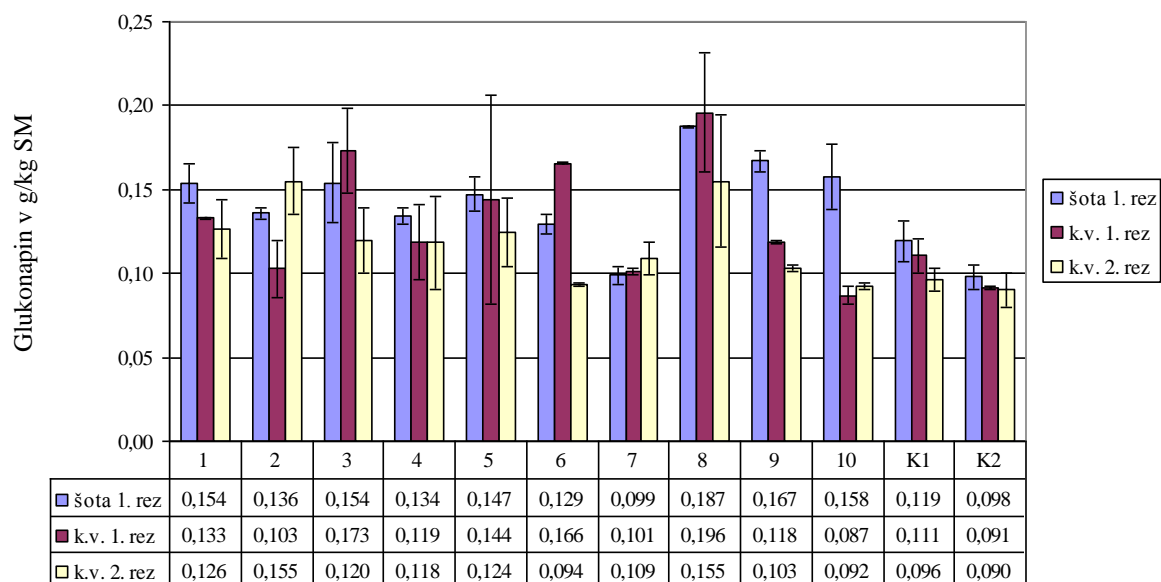
Povprečni podatki za vsebnost glukonapina v tankolistnem dvoredcu (*Diplotaxis tenuifolia*)



Vzorec

Priloga E1: Podatki v svežih listih (SvM) za obe tehnologiji (šota in kamena volna) ter za obe rezi na kameni volni (1. rez in 2. rez) za vsak vzorec

Annex E1: Data for fresh leaves (SvM) for both growing technologies (peat and rock wool) and for both cuts on rock wool (1st and 2nd cuts) for each sample



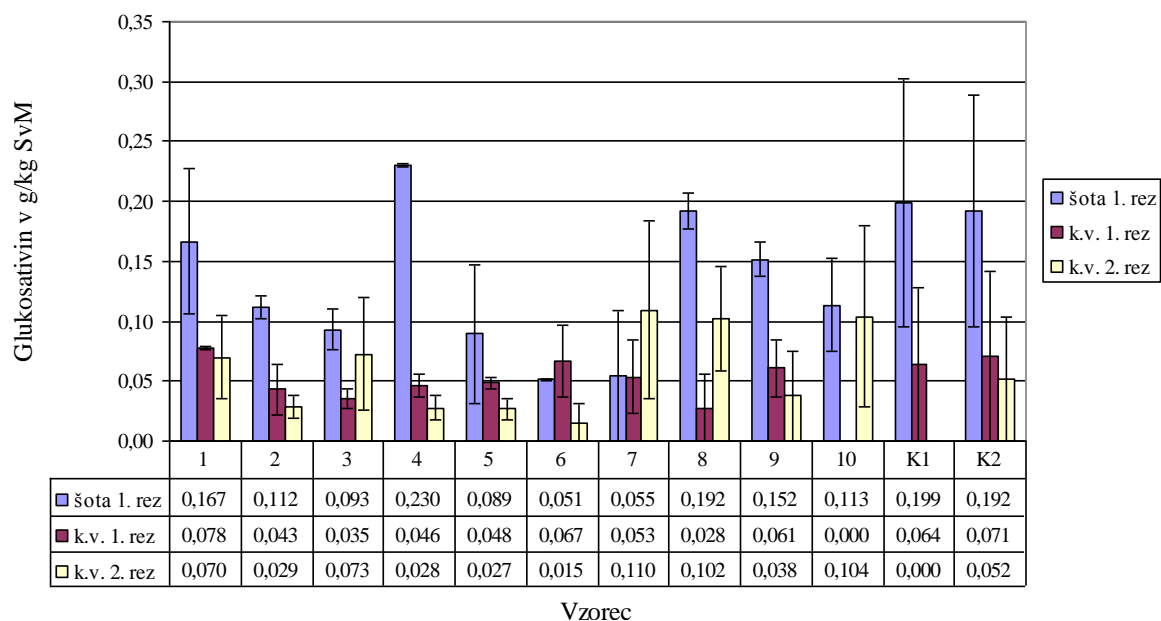
Vzorec

Priloga E2: Podatki v suhih listih (SM) za obe tehnologiji (šota in kamena volna) ter za obe rezi na kameni volni (1. rez in 2. rez) za vsak vzorec

Annex E2: Data for dry leaves (SM) for both growing technologies (peat and rock wool) and for both cuts on rock wool (1st and 2nd cuts) for each sample

## Priloga F

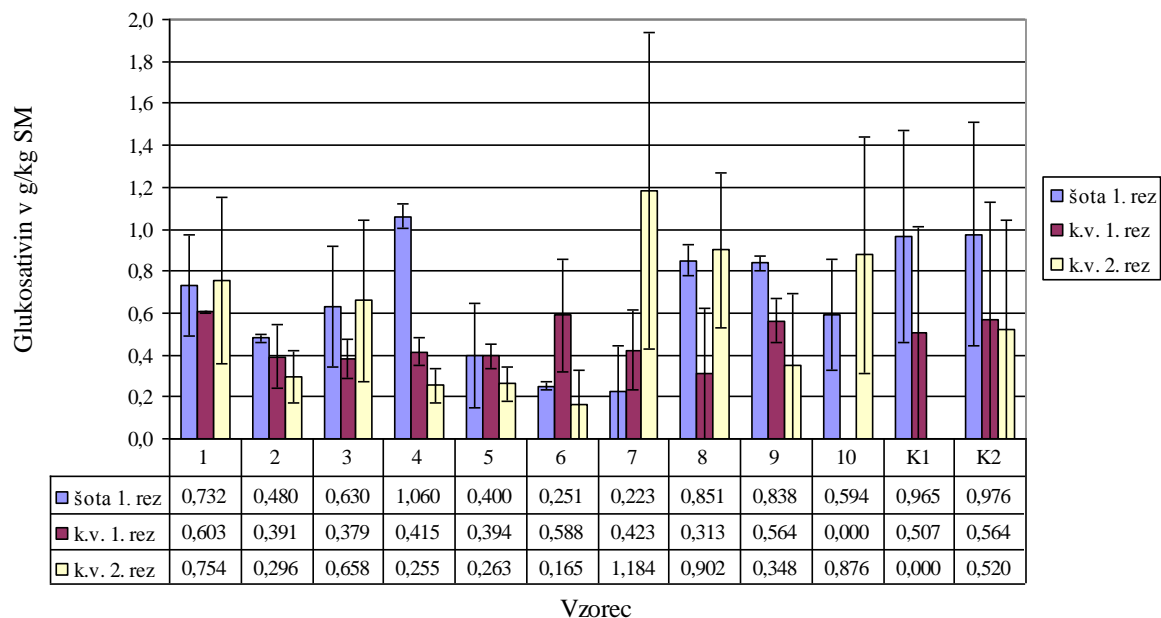
### Povprečni podatki za vsebnost glukosativina v tankolistnem dvoredcu (*Diplotaxis tenuifolia*)



Vzorec

Priloga F1: Podatki v svežih listih (SvM) za obe tehnologiji (šota in kamena volna) ter za obe rezi na kameni volni (1. rez in 2. rez) za vsak vzorec

Annex F1: Data for fresh leaves (SvM) for both growing technologies (peat and rock wool) and for both cuts on rock wool (1st and 2nd cuts) for each sample



Vzorec

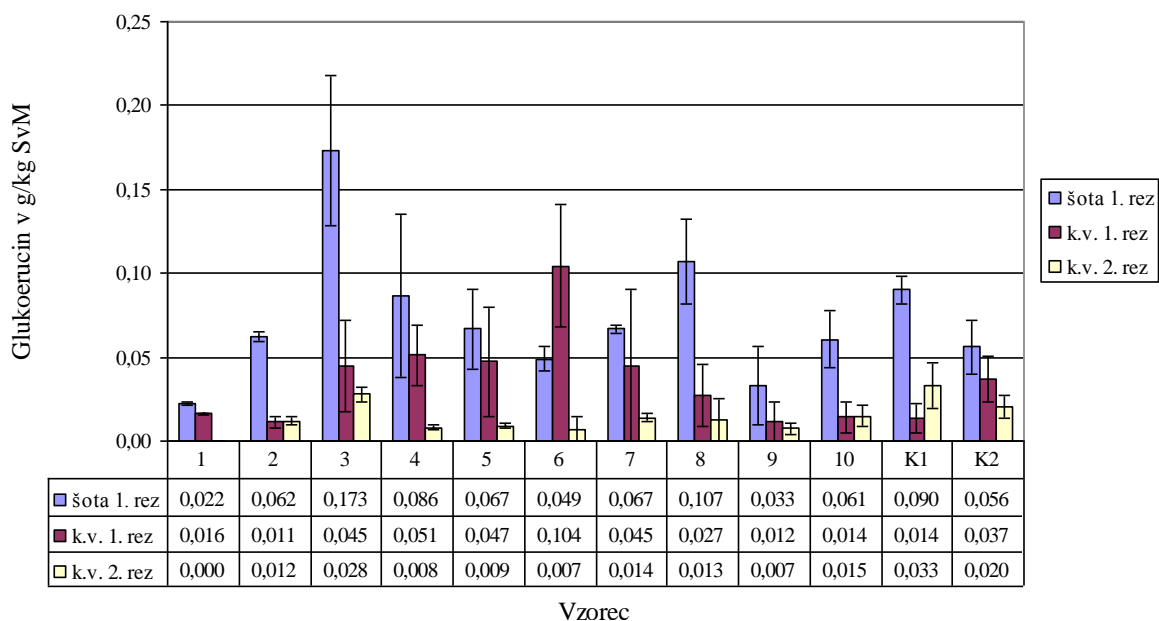
Priloga F2: Podatki v suhih listih (SM) za obe tehnologiji (šota in kamena volna) ter za obe rezi na kameni volni (1. rez in 2. rez) za vsak vzorec

Annex F2: Data for dry leaves (SM) for both growing technologies (peat and rock wool) and for both cuts on rock wool (1st and 2nd cuts) for each sample



## Priloga G

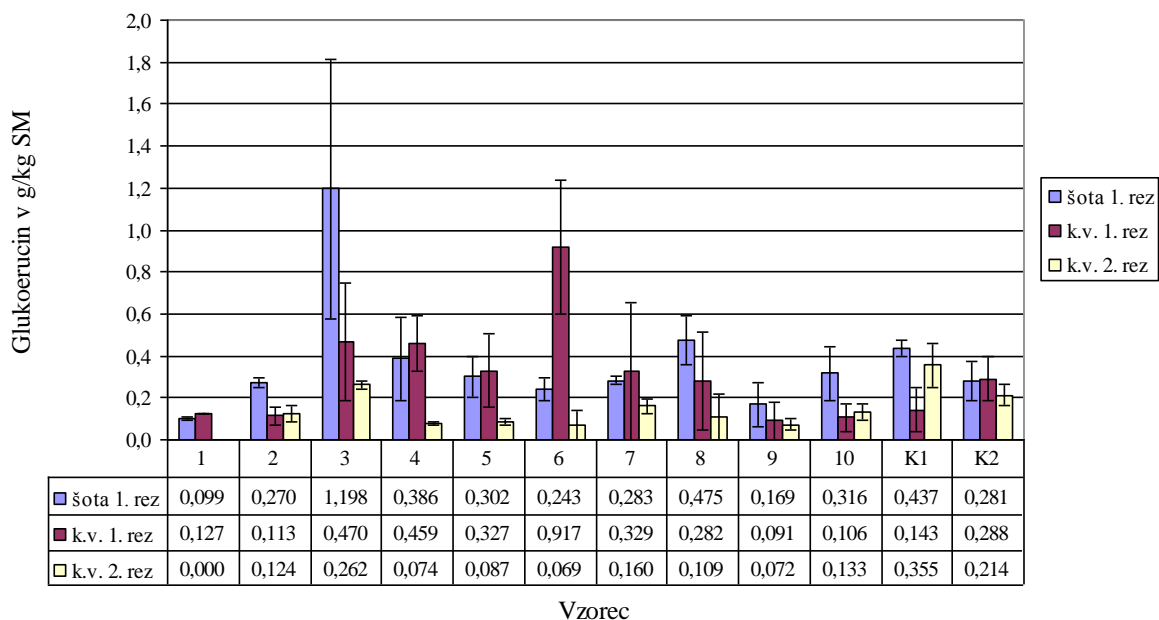
Povprečni podatki za vsebnost glukoerucina v tankolistnem dvoredcu (*Diplotaxis tenuifolia*)



Vzorec

Priloga G1: Podatki v svežih listih (SvM) za obe tehnologiji (šota in kamena volna) ter za obe rezi na kameni volni (1. rez in 2. rez) za vsak vzorec

Annex G1: Data for fresh leaves (SvM) for both growing technologies (peat and rock wool) and for both cuts on rock wool (1st and 2nd cuts) for each sample



Vzorec

Priloga G2: Podatki v suhih listih (SM) za obe tehnologiji (šota in kamena volna) ter za obe rezi na kameni volni (1. rez in 2. rez) za vsak vzorec

Annex G2: Data for dry leaves (SM) for both growing technologies (peat and rock wool) and for both cuts on rock wool (1st and 2nd cuts) for each sample