

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Martina ČEBELA

**VPLIV SVETLOBNIH RAZMER V ČASU GOJENJA  
NA KAKOVOST SADIK, KASNEJŠO RAST, RAZVOJ  
IN PRIDELEK VRTNE SOLATE (*Lactuca sativa* L.)**

MAGISTRSKO DELO

Magistrski študij - 2. stopnja

Ljubljana, 2014

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Martina ČEBELA

**VPLIV SVETLOBNIH RAZMER V ČASU GOJENJA NA KAKOVOST  
SADIK, KASNEJŠO RAST, RAZVOJ IN PRIDELEK VRTNE SOLATE  
(*Lactuca sativa* L.)**

MAGISTRSKO DELO  
Magistrski študij - 2. stopnja

**IMPACT OF LIGHT CONDITIONS DURING THE SEEDLINGS  
CULTIVATION ON SEEDLINGS QUALITY, FUTURE PLANTS  
GROWTH, DEVELOPMENT AND YIELD OF LETTUCE  
(*Lactuca sativa* L.)**

M. SC. THESIS  
Master Study Programmes

Ljubljana, 2014

Magistrsko delo je zaključek Magistrskega študijskega programa 2. stopnje Hortikulture. Delo je bilo opravljeno na Katedri za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo ter Katedri za aplikativno botaniko, ekologijo, fiziologijo rastlin in informatiko Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorico magistrskega dela imenovala doc. dr. Nino Kacjan Maršič, za somentorja pa prof. dr. Dominika Vodnika.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Franc Batič  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Članica: doc. dr. Nina Kacjan Maršič  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Dominik Vodnik  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Franci Aco Celar  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Magistrsko delo je rezultat lastnega dela. Podpisana se strinjam z objavo svojega magistrskega dela na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je delo, ki sem ga oddala v elektronski obliki, identično tiskani verziji.

Martina Čebela

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Du2
- DK UDK 635.52:631.53.03:581.5(043.2)
- KG vrtnarstvo/fiziologija/vrtna solata/*Lactuca sativa*/svetloba/sadike/senčenje
- AV ČEBELA, Martina
- SA KACJAN MARŠIČ, Nina (mentor), VODNIK, Dominik (somentor)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- LI 2014
- IN VPLIV SVETLOBNIH RAZMER V ČASU GOJENJA NA KAKOVOST SADIK, KASNEJŠO RAST, RAZVOJ IN PRIDELEK VRTNE SOLATE (*Lactuca sativa* L.)
- TD Magistrsko delo (Magistrski študij - 2. stopnja)
- OP XII, 45, [8] str., 7 pregl., 26 sl., 7 pril., 32 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI Namen magistrskega dela je bilo ugotoviti vpliv različnih jakosti svetlobe pri gojenju sadik mehkolistne (MS) in krhkolistne (KS) vrtno solate (*Lactuca sativa* L.) na kakovost sadik, nadaljnjo rast rastlin, razvoj in pridelka. Različne svetlobne jakosti so bile dosežene z uporabo sledečih prekrivnih materialov: polipropilen (PP; 37,8 % senčenje v primerjavi z nesenčeno kontrolo), polietilen (PE; 24,1 %), PP+PE (48,3 %). Rastline, ki so bile senčene samo na stopnji sadike, so bile nato presajene na gredico v rastlinjak, kjer so rastle do tehnološke zrelosti v naravnih razmerah. Fiziološke in morfološke meritve so bile izvedene na sadikah in kasneje na presajenih rastlinah. Ob koncu eksperimenta je bil ovrednoten še pridelok solate. Sadike so se odzvale na pomanjkanje svetlobe z izdolženo rastjo, ki se je pokazala z dolžino hipokotila (12,04 mm pod PP+PE; 9,10 mm pod PP; 7,50 mm pod PE in 3,70 mm pri kontroli). Večja neto fotosinteza ( $7,58 \pm 0,43 \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) in prevodnost listnih rež ( $0,17 \pm 0,01 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) sta bili značilni za sadike KS v primerjavi s sadikami MS. Pri obeh sortah je močno senčenje (PP+PE) zmanjšalo fotosintetsko kapaciteto (za 17,0 % pri MS; 10,8 % pri KS) v primerjavi s kontrolnimi sadikami. Zrele rastline MS so imele več listov ( $24,59 \pm 0,99$ ) v primerjavi z rastlinami KS ( $21,38 \pm 1,06$ ). Pri obeh sortah je bilo značilno najmanjše število listov ( $20,25 \pm 1,25$ ;  $23,25 \pm 0,63$ ) in najdaljši hipokotil ( $8,50 \pm 0,38$ ;  $13,67 \pm 1,50$  mm) pod PP+PE. Meritve izmenjave plinov so pokazale relativno večjo fotosintezo, merjeno pri  $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , pri MS kot pri KS. Vendar pa sta obe sorte imeli podobno fotosintezo v razmerah svetlobne zasičenosti ( $\text{PAR} = 1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Po drugi strani pa sta bili prevodnost listnih rež in transpiracija večji pri KS kot pri MS. Glava MS je bila širša ( $27,92 \pm 0,96$  mm) in odstranili smo več poškodovanih listov (36,8 %) kot pri KS. Naša raziskava je pokazala močan vpliv svetlobnih razmer na razvoj sadik. Opažene fotomorfoze so značilno vplivale na kakovost sadik, kar bi lahko vplivalo na njihovo tržno vrednost. Vplivi senčenja na fotosintezne lastnosti listov sadik so bili majhni. Ta raziskava je tudi pokazala, da presajene rastline solate uspešno nadomestijo neoptimalne razmere v času rasti sadik.

### KEY WORDS DOCUMENTATION

- ND Du2
- DC UDC 635.52:631.53.03:581.5(043.2)
- CX horticulture/physiology/lettuce/*Lactuca sativa*/light/seedlings/shading
- AU ČEBELA, Martina
- AA KACJAN MARŠIĆ, Nina (supervisor), VODNIK, Dominik (co – advisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
- PY 2014
- TY IMPACT OF LIGHT CONDITIONS DURING THE SEEDLINGS CULTIVATION ON SEEDLINGS QUALITY, FUTURE PLANTS GROWTH, DEVELOPMENT AND YIELD OF LETTUCE (*Lactuca sativa* L.)
- DT M. Sc. Thesis (Master Study Programmes)
- NO XII, 45, [8] p., 7 tab., 26 fig., 7 ann., 32 ref.
- LA sl
- Al sl/en
- AB The aim of the Master's thesis was to assess the impact of different light intensities during the cultivation of seedlings of butterhead (MS) and crisphead (KS) lettuce (*Lactuca sativa* L.) type on seedling quality, further plants growth, development and crop yield. Different light intensities were created by using covering following materials: polypropylene (PP; 37,8 % of shading with respect to uncovered control), polyethylene (PE; 24,1 %), PP+PE (48,3 %). Plants were shaded only at seedling stage and then were transplanted to the soil in the greenhouse, where they grew to maturity under similar conditions. Physiological and morphological measurements were performed on seedlings, and later on transplanted plants. At the end of experiment lettuce yield was measured. Seedlings responded to reduced light by elongated growth which was revealed by hypocotyl length (12,04 mm under PP+PE; 9,10 mm under PP; 7,50 mm PE and 3,70 mm in control). Higher net photosynthesis ( $7,58 \pm 0,43 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) and leaf stomatal conductance ( $0,17 \pm 0,01 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) was typical for seedlings of KS compared to MS seedlings. In both, strong shading (PP+PE) reduced photosynthetic capacity (for 17.0 % in MS; 10.8 % in KS) compared to control seedlings. Mature plants of MS had more leaves ( $24,59 \pm 0,99$ ) compared to plants of KS ( $21,38 \pm 1,06$ ). For both varieties was typical the lowest number of leaves ( $20,25 \pm 1,25$ ;  $23,25 \pm 0,63$ ) and the longest hypocotyl ( $8,50 \pm 0,38$ ;  $13,67 \pm 1,50$  mm) from the PP+PE treatment. Gas-exchange measurements revealed relatively higher photosynthetic rates, measured at PAR of  $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , in MS than in KS salad. However, both varieties showed similar photosynthetic rates under light-saturating conditions (PAR=  $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). On the other hand both stomatal conductivity and transpiration were higher in KS than in MS. The lettuce head of MS was wider ( $27,92 \pm 0,96$  mm) and more damaged leaves were removed (36,8 %) compared to KS. Our thesis showed strong effect of light conditions on seedling development. The observed photomorphoses significantly influenced quality of the seedlings which might affect their market value. The effects of shading on photosynthetic characteristics of the seedlings leaves were, however, minor. This study also revealed that transplanted lettuce plants successfully compensated for non-optimal growth at the seedling's stage.

## KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION .....	IV
KAZALO VSEBINE .....	V
KAZALO PREGLEDNIC .....	VIII
KAZALO SLIK .....	IX
KAZALO PRILOG .....	XI
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI .....	XII
<b>1 UVOD</b> .....	1
1.1 VZROK ZA RAZISKAVO .....	1
1.2 CILJ RAZISKAVE .....	1
1.3 DELOVNE HIPOTEZE .....	1
<b>2 PREGLED OBJAV</b> .....	2
2.1 IZVOR VRTNE SOLATE IN ZGODOVINA .....	2
2.2 SISTEMATIKA VRTNE SOLATE.....	2
2.3 TIPI VRTNE SOLATE .....	2
<b>2.3.1 Glavnata vrtna solata</b> .....	3
2.4 MORFOLOŠKE ZNAČILNOSTI VRTNE SOLATE.....	3
2.5 TEHNOLOGIJA GOJENJA SADIK VRTNE SOLATE.....	4
2.6 VPLIV DEJAVNIKOV NA RAST, RAZVOJ SADIK IN PRIDELEK VRTNE SOLATE .....	5
<b>2.6.1 Okoljski dejavniki</b> .....	5
2.6.1.1 Svetloba .....	5
2.6.1.2 Vpliv presežka svetlobe na gojenje vrtna solate.....	9
2.6.1.3 Temperatura, vlaga, tla in lega .....	9
<b>2.6.2 Tehnološki ukrepi</b> .....	10
2.6.2.1 Namakanje in gnojenje .....	10
<b>2.6.3 Bolezni in škodljivci vrtna solate</b> .....	10
2.6.3.1 Glivične bolezni (mikoze) .....	10
2.6.3.2 Bakterijske bolezni, virusi in škodljivci .....	11
<b>3 MATERIAL IN METODE DE LA</b> .....	12
3.1 LOKACIJA.....	12

3.2 MATERIALI .....	12
<b>3.2.1 Opis sort vrtna solate</b> .....	12
3.2.1.1 Opis sort 'Tourbillon' in 'Hungarina'.....	12
<b>3.2.2 Opis polipropilenskih in polietilenskih prekrivk</b> .....	12
3.2.2.1 Polipropilensko prekrivalo .....	12
3.2.2.2 Polietilensko prekrivalo.....	12
3.3 METODE DELA .....	13
<b>3.3.1 Merilec vlage in temperature</b> .....	13
<b>3.3.2 Merilec fotosinteze - Licor 6400</b> .....	13
<b>3.3.3 Merilec svetlobnih razmer - Licor 1000</b> .....	13
<b>3.3.4 Merilec talne vlage</b> .....	13
<b>3.3.5 Zasnova poskusa pri gojenju sadik</b> .....	14
<b>3.3.6 Zasnova poskusa pri spremljanju rasti, razvoja vrtna solate in končnega pridelka</b> .....	14
3.3.6.1 Meritve morfoloških in fizioloških parametrov rastlin .....	14
<b>3.3.7 Obdelava podatkov in statistična analiza</b> .....	15
<b>4 REZULTATI</b> .....	16
4.1 VZNIK.....	16
4.2 RASTNE RAZMERE V ČASU GOJENJA SADIK V STEKLENJAKU.....	16
<b>4.2.1 Svetlobne razmere v času gojenja sadik v steklenjaku</b> .....	16
4.2.1.1 Trenutne svetlobne meritve s PAR senzorjem v oblačnem vremenu.....	16
4.2.1.2 Neprekinjene svetlobne meritve med 23.4. in 25.4.2013 .....	17
4.2.1.3 Neprekinjene meritve temperature in relativne vlage pod prekrivkami v času rasti sadik med 16.4. in 15.5.2013 .....	18
4.3 FIZIOLOŠKE MERITVE NA SADIKAH .....	20
<b>4.3.1 Neto fotosinteza pri sadikah krhkolistne vrtna solate ob povečevanju jakosti svetlobe</b> .....	20
<b>4.3.2 Prevodnost listnih rež pri sadikah krhkolistne vrtna solate ob povečevanju jakosti svetlobe</b> .....	20
<b>4.3.3 Fiziološke meritve v odvisnosti od senčila pri sadikah mehkolistne vrtna solate</b> .....	21
<b>4.3.4 Neto fotosinteza pri sadikah obeh sort</b> .....	22
<b>4.3.5 Prevodnost listnih rež pri sadikah obeh sort</b> .....	22
4.4 MORFOLOŠKE MERITVE NA SADIKAH SOLATE .....	23

<b>4.4.1 Dolžina hipokotila pri sadiki</b> .....	23
<b>4.4.2 Sveža masa očiščenih korenin sadike</b> .....	24
<b>4.4.3 Sveža masa nadzemnega dela sadike</b> .....	24
<b>4.4.4 Sveža masa cele sadike</b> .....	25
<b>4.4.5 Število razvitih pravih listov na sadiki</b> .....	25
<b>4.5 FIZIOLOŠKE MERITVE V ČASU RASTI VRTNE SOLATE NA GREDICI</b> .....	26
<b>4.5.1 Neto fotosinteza vrtna solate v času rasti na gredici</b> .....	26
<b>4.5.2 Prevodnost listnih rež vrtna solate v času rasti na gredici</b> .....	27
<b>4.5.3 Transpiracija vrtna solate v času rasti na gredici</b> .....	29
<b>4.6 MORFOLOŠKE MERITVE V ČASU RASTI VRTNE SOLATE NA GREDICI</b> .....	30
<b>4.6.1 Število razvitih pravih listov</b> .....	30
<b>4.6.2 Masa celih rastlin</b> .....	31
<b>4.6.3 Masa nadzemnega dela</b> .....	32
<b>4.6.4 Masa očiščenih korenin</b> .....	32
<b>4.6.5 Dolžina glavne korenine</b> .....	33
<b>4.6.6 Dolžina hipokotila</b> .....	33
<b>4.7 MERITVE PRIDELKA</b> .....	34
<b>4.7.1 Masa očiščene vrtna solate</b> .....	34
<b>4.7.2 Masa neočiščene vrtna solate</b> .....	35
<b>4.7.3 Širina glave vrtna solate</b> .....	35
<b>4.7.4 Višina glave vrtna solate</b> .....	36
<b>4.7.5 Število odstranjenih listov</b> .....	37
<b>5 RAZPRAVA IN SKLEPI</b> .....	38
<b>5.1. RAZPRAVA</b> .....	38
<b>5.1.1 Sadike vrtna solate</b> .....	38
<b>5.1.2 Rast vrtna solate</b> .....	40
<b>5.1.3 Pridelok vrtna solate</b> .....	40
<b>5.2 SKLEPI</b> .....	41
<b>6 POVZETEK</b> .....	42
<b>7 VIRI</b> .....	43
<b>ZAHVALA</b> .....	46
<b>PRILOGE</b> .....	47



## KAZALO PREGLEDNIC

- Preglednica 1: Potrebe po hranilih pri gojenju vrtna solate na prostem in v zaščitenih prostorih (Tehnološka navodila ..., 2013)..... 10
- Preglednica 2: Jakost svetlobe ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) izmerjena v oblačnem vremenu zunaj steklenjaka in znotraj steklenjaka pri štirih različnih svetlobnih režimih v času rasti sadik..... 16
- Preglednica 3: Povprečna dolžina hipokotila sadike in njena standardna napaka (mm) obeh sort vrtna solate pod senčili. Različne male tiskane črke (a,b) označujejo statistično značilne razlike med sortama pri posameznem senčilu, veliko tiskane črke (A,B,C,D) pa ponazarjajo razlike med senčil pri posamezni sorti ( $\alpha=0,05$ ). ..... 23
- Preglednica 4: Povprečna masa očiščenih korenin sadike in njena standardna napaka (g) obeh sort vrtna solate pod senčili. Različne male tiskane črke (a,b) označujejo statistično značilne razlike med sortama pri posameznem senčilu, velike tiskane črke (A,B) pa ponazarjajo razlike med senčil pri posamezni sorti ( $\alpha=0,05$ ). ..... 24
- Preglednica 5: Povprečna masa nadzemnega dela sadike in njena standardna napaka (g) obeh sort pod senčili. Različne malo tiskane črke (a,b) označujejo statistično značilne razlike med sortama pri posameznem senčilu, veliko tiskane črke (A,B,C) pa ponazarjajo značilne razlike senčil pri posamezni sorti ( $\alpha=0,05$ ). ..... 24
- Preglednica 6: Povprečna masa cele sadike in njena standardna napaka (g) obeh sort pod senčili. Različne male tiskane črke (a,b) označujejo statistično značilne razlike med sortama pri posameznem senčilu, velike tiskane črke (A,B,C) ponazarjajo značilne razlike senčil pri posamezni sorti ( $\alpha=0,05$ ). ..... 25
- Preglednica 7: Povprečno število razvitih pravih listov sadike in njena standardna napaka pri obeh sortah pod senčili. Različne male tiskane črke (a,b) označujejo statistično značilne razlike med sortama pri posameznem senčilu, veliko tiskane črke (A,B,C) ponazarjajo razlike senčil pri posamezni sorti ( $\alpha=0,05$ ). ..... 25

## KAZALO SLIK

Slika 1: Jakost svetlobe ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) v odvisnosti od časa med 23.4. in 25.4.2013 pod različnimi prekrivkami (PP, PP+PE, PE) glede na kontrolo (K) v času rasti sadik .....	17
Slika 2: Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) in relativna vlaga (%) med 16.4. in 15.5.2013 pod PP prekrivko v steklenjaku v času rasti sadik .....	18
Slika 3: Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) in relativna vlaga (%) med 16.4. in 15.5.2013 pod PP+PE prekrivko v steklenjaku v času rasti sadik.....	18
Slika 4: Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) in relativna vlaga (%) med 16.4. in 28.5.2013 pri kontroli (K) v steklenjaku in na gredi. Do prve črte so označene meritve pri kontroli med sadikami. Med črtama so označene meritve v steklenjaku, ko je bila večina sadik že presajenih. Za drugo črto pa meritve na gredici v rastlinjaku. ....	19
Slika 5: Povprečna neto fotosinteza ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) v odvisnosti od jakosti svetlobe ( $\mu\text{mol fotonov m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) pri sadikah krhkolistne vrtna solate gojenih pod različnimi senčili.....	20
Slika 6: Povprečna prevodnost listnih rež ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) v odvisnosti od jakosti svetlobe ( $\mu\text{mol fotonov m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) pri sadikah krhkolistne vrtna solate gojenih pod različnimi senčili.....	21
Slika 7: Povprečna neto fotosinteza ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), prevodnost listnih rež ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) v odvisnosti od senčila pri $600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ pri sadikah mehkolistne vrtna solate.....	21
Slika 8: Povprečna neto fotosinteza sadik ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) po obravnavanjih, pri $600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Male črke (a, b) ponazarjajo statistično značilne razlike med sortama, velike črke (A,B) pa razlike med senčili ( $\alpha=0,05$ ). ....	22
Slika 9: Povprečna prevodnost listnih rež sadik ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) po obravnavanjih pri $600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Male črke (a,b) ponazarjajo stat. značilne razlike med sortama, velike črke (A,B) pa razlike med senčili ( $\alpha=0,05$ ). ....	23
Slika 10: Povprečna neto fotosinteza pri glavi vrtna solate ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) po obravnavanjih pri $200 \mu\text{mol fotonov m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Različne črke ponazarjajo statistično značilne razlike med obravnavanji ( $\alpha=0,05$ ). ....	26
Slika 11: Povprečna neto fotosinteza pri glavi vrtna solate ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) po obravnavanjih pri $1500 \mu\text{mol fotonov m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Različne črke ponazarjajo statično značilne razlike med obravnavanji ( $\alpha=0,05$ ). ....	27
Slika 12: Povprečna prevodnost listnih rež pri glavi vrtna solate ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) po obravnavanjih pri $200 \mu\text{mol fotonov m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Različne črke ponazarjajo statistično značilne razlike med obravnavanji ( $\alpha=0,05$ ). ....	28

- Slika 13: Povprečna prevodnost listnih rež pri glavi vrtna solate ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) po obravnavanjih pri  $1500 \mu\text{mol fotonov m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Različne črke ponazarjajo statistično značilne razlike med obravnavanji ( $\alpha=0,05$ ). ..... 28
- Slika 14: Povprečna transpiracija pri glavi vrtna solate ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) po obravnavanjih pri  $200 \mu\text{mol fotonov m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Različne črke ponazarjajo statistično značilne razlike med obravnavanji ( $\alpha=0,05$ ). ..... 29
- Slika 15: Povprečna transpiracija pri glavi vrtna solate ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) po obravnavanjih pri  $1500 \mu\text{mol fotonov m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Različne črke ponazarjajo statistično značilne razlike med obravnavanji ( $\alpha=0,05$ ). ..... 30
- Slika 16: Povprečno število razvitih pravih listov pri glavi vrtna solate v odvisnosti od časa (dni) po presajanju sadik na gredici v rastlinjaku ..... 31
- Slika 17: Povprečna masa cele glave vrtna solate (g) (nadzemni in očiščen podzemni del) v odvisnosti od časa (dni) po presajanju sadik na gredici v rastlinjaku ..... 31
- Slika 18: Povprečna masa nadzemnega dela (glave) vrtna solate (g) v odvisnosti od časa (dni) po presajanju sadik na gredici v rastlinjaku ..... 32
- Slika 19: Povprečna masa očiščenih korenin vrtna solate (g) v odvisnosti od časa (dni) po presajanju sadik na gredici v rastlinjaku ..... 32
- Slika 20: Povprečna dolžina glavne korenine vrtna solate (mm) v odvisnosti od časa (dni) po presajanju sadik na gredici v rastlinjaku ..... 33
- Slika 21: Povprečna dolžina hipokotila glave vrtna solate (mm) v odvisnosti od časa (dni) po presajanju sadik na gredici v rastlinjaku ..... 34
- Slika 22: Povprečna masa očiščene glave vrtna solate (g)  $\pm$  standardna napaka po obravnavanjih. Različne črke označujejo statistično značilne razlike med različnimi obravnavanji ( $\alpha=0,05$ ). ..... 34
- Slika 23: Povprečna masa neočiščene glave vrtna solate (g)  $\pm$  standardna napaka po obravnavanjih. Različne črke označujejo statistično značilne razlike med različnimi obravnavanji ( $\alpha=0,05$ ). ..... 35
- Slika 24: Povprečna širina glave vrtna solate (mm)  $\pm$  standardna napaka po obravnavanjih. Različne črke označujejo statistično značilne razlike med različnimi obravnavanji ( $\alpha=0,05$ ). ..... 36
- Slika 25: Povprečna višina glave vrtna solate (mm)  $\pm$  standardna napaka po obravnavanjih. Različne črke označujejo statistično značilne razlike med različnimi obravnavanji ( $\alpha=0,05$ ). ..... 36
- Slika 26: Logaritmira povprečno število odstranjenih listov glave vrtna solate  $\pm$  standardna napaka po obravnavanjih. Različne črke označujejo statistično značilne razlike med različnimi obravnavanji ( $\alpha=0,05$ ). ..... 37

## KAZALO PRILOG

- PRILOGA A: Fiziološke meritve na sadikah krhkolistne vrtna solate ob povečevanju jakosti svetlobe ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )
- PRILOGA B: Fiziološke meritve na sadikah in na rastlinah po presaditvi, v času rasti
- PRILOGA C: Morfološke meritve na vrtni solati v času razvoja in na pridelku
- PRILOGA Č: Statistična analiza fizioloških parametrov na sadikah z enosmerno analizo variance (ANOVA) pri jakosti svetlobe  $600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$
- PRILOGA D: Statistična analiza fizioloških parametrov na vrtni solati z enosmerno analizo variance (ANOVA) pri jakosti svetlobe 200 in  $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$
- PRILOGA E: Statistična analiza morfoloških parametrov na sadikah z enosmerno analizo variance
- PRILOGA F: Statistična analiza morfoloških parametrov vrtna solate z enosmerno analizo

## SEZNAM OKRAJŠAV

Okrajšava	Pomen
P <sub>fr</sub>	Aktivna oblika fitokroma
P <sub>r</sub>	Neaktivna oblika fitokroma
P <sub>skupni</sub>	Skupni fitokrom
R	Rdeča svetloba
FR	Dolgovalovna rdeča svetloba
T	temperatura
konc.	koncentracija
povp.	povprečno
stat.	statistično
maks.	maksimalno
min.	minimalno
SLA	Specifična listna površina
UV	Ultravijolična svetloba
PPF	Tok fotosintetsko aktivnih fotonov
PAR	Fotosintetsko aktivno sevanje
KS	Krhkolistana vrtna solata ali kristalka
MS	Mehkolistna vrtna solata ali maslenka
PP	Polipropilenska prekrivka
PE	Polietilenska prekrivka
PP+PE	Polipropilenska in polietilenska prekrivka
K	Kontrola (nesenčene sadike)
IRGA detektor	Infrardeči plinski analizator
IR žarnica	Žarnica, ki oddaja infrardečo svetlobo
$\alpha=0,05$	Stopnja značilnosti pri 0,05
ANOVA	Analiza variance
obr.	obravnavanje

## 1 UVOD

### 1.1 VZROK ZA RAZISKAVO

Gojenje vrtné solate se navadno začne z vzgojo sadik v zavarovanih prostorih, kjer je eden glavnih omejujočih okoljskih dejavnikov svetloba. Svetloba je nujna za fotosintezo rastlin, saj se CO<sub>2</sub> v zelenih tkivih z energijo svetlobe reducira do sladkorja, ima pa tudi močan fotomorfogenetski učinek. Ob šibkejši svetlobi je stimulirana rast v dolžino (izdolževanje hipokotila), listna površina je zmanjšana, v listih je zmanjšana tudi količina klorofila (Vodnik, 2012). S tem nezadostna svetloba bistveno poslabša kakovost sadik, kar se lahko odraža tudi na kasnejši rasti, razvoju in pridelku vrtné solate.

### 1.2 CILJ RAZISKAVE

Namen magistrske naloge je bil proučiti, kako različne svetlobne razmere, ustvarjene pod različnimi senčili, v času gojenja sadik dveh tipov vrtné solate (krhkolistne in mehkolistne) vplivajo na nadaljnjo rast in razvoj rastlin po presajanju. Pri tem smo odziv rastlin proučili s spremljanjem morfoloških, fizioloških in kakovostnih parametrov v času razvoja do tržnega pridelka.

### 1.3 DELOVNE HIPOTEZE

Predvidevali smo, da se bodo sadike vrtné solate v vseh senčenih obravnavanjih na pomanjkanje svetlobe odzvale z rastjo v dolžino in s prilagojeno fotosintetsko aktivnostjo. Domnevali smo, da bo ta odziv najmočnejši pri najbolj zasenčenih sadikah in da bo sortno pogojen. Predpostavljali smo, da bo slabša kakovost sadik vplivala tudi na rast po presaditvi, na fotosintetsko aktivnost listov in, v končni fazi, na pridelek.

## 2 PREGLED OBJAV

### 2.1 IZVOR VRTNE SOLATE IN ZGODOVINA

Izvor vrtna solate (*Lactuca sativa* L.) ali gojene ločike še ni povsem poznan, vendar naj bi sorte, ki jih poznamo danes nastale z mutacijo samonikle vrste *Lactuca serriola* Torner (pripotne ločike) in domnevajo, da naj bi izviral iz vzhodnega mediteranskega bazena. Samonikle vrste ločik imajo bodice na stebli in listih (Prohens in Nuez, 2008). Vrtno solato kot živilo poznajo v Egiptu že več kot 2500 let. Razširila se je na območja Grčije, Rimskega cesarstva in v osrednjo Evropo. Glavnata vrtna solata je znana od 16. stoletja in krhkolistni tip od konca 19. stoletja (Lešić in sod., 2004). Mehkolistno vrtno solato poznamo od začetka 20. stoletja. Leta 1940 je T.W. Whitaker s križanjem vzgojil krhkolistno vrtno solato – ledenko ('Iceberg'). Iz med vseh vrst ločik se le 4 lahko križajo med seboj (*L. sativa* L., *L. serriola* L., *L. saligna* L. in *L. virosa* L.), saj so samoprašne in diploidne z  $2n=2x=18$  kromosomov. Zadnje tri samonikle vrste pri križanju z vrtno solato pripomorejo k odpornosti na škodljivce in bolezni, k večji vsebnosti karotenoidov, k boljši kakovosti, k večjemu pridelku solate, ter vplivajo na čas cvetenja. Na pridelok vpliva sorta, gostota rastlin, varstvo in agrotehnični ukrepi. Z žlahtnjenjem in selekcijo želijo izboljšati koreninski sistem za učinkovitejše črpanje hranil in vode, povečati želijo maso in izenačenost glav (Prohens in Nuez, 2008).

### 2.2 SISTEMATIKA VRTNE SOLATE

Vrtna solata je zelnata rastlina, ki se v eni vegetacijski dobi popolnoma razvije (od kalitve do semenske zrelosti) in nato odmre. Razvije dvospolne jezičaste cvetove in je rastlina z mlečkom, kar je značilnost radičevk (Martinčič in sod., 1999).

Sistematiko povzemamo po Martinčič in sod. (1999):

Deblo: Spermatophyta – semenke  
Poddeblo: Magnoliophytina (Angiospermae) – kritosemenke  
Razred: Magnoliopsida (Dicotyledoneae) – dvokaličnice  
Podrazred: Asteridae  
Red: Asterales – košarnice  
Družina: Cichoriaceae – radičevke  
Rod: *Lactuca* – solata, ločika  
Vrsta: *sativa* – vrtna.

### 2.3 TIPI VRTNE SOLATE

Za pridelovanje poznamo 4 tipe vrtna solate (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999a):

- **rezivko** (*Lactuca sativa* L. var. *secalina*) ne razvije glave, zato skledasto rozeto odrežemo v tehnološki zrelosti ali jo večkrat porežemo tekom rasti;
- **berivko** (*Lactuca sativa* L. var. *acephala*) lahko gojimo pri nižjih temperaturah in ima dobro odpornost na solatno plesen. Liste na izdolženi in pokončni rozeti pobiramo od spodaj navzgor ali odrežemo celo rozeto;

- **vezivko, romansko** (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia*) ima zelene do rdečkaste liste, ki se sklonejo v rahle in podolgovate glavice, ki jih lahko zaradi boljše obeljenosti povežemo. Ker dobro prenaša visoke in ne nizkih temperatur jo uvrščamo med poletne solate;
- **glavnato vrtno solato** (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*) delimo na 2 tipa: maslenka ali mehkolistna vrtna solata in kristalka ali krhkolistna vrtna solata. V tehnološki zrelosti listi tvorijo čvrsto glavo.

### 2.3.1 Glavnata vrtna solata

Tehnološko zrela glavnata vrtna solata ima kompaktno in veliko glavo. Kristalke razvijejo liste z rahlo nazobčenim, valovitim ali gladkim listnim robom. Listi so robustnejši, glave naj bi izoblikovale od 5 do 10 dni kasneje kot maslenke in so primernejša za transport (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999a). Krhkolistna vrtna solata ima v začetni fazi rasti liste bolj izdolžene, nato pa vse bolj širše. Ko ima solata 10-12 listov, se le-ti začnejo prekrivati in tvorijo glavo. Novi listi so svetlejši, krhki, imajo blag okus in se tvorijo v notranjosti ter zapolnijo glavo. Glava kristalke naj bi tehtala med 700 in 1000 g (Prohens in Nuez, 2008). Kristalka se deli še na 2 tipa: batavija in ledenka. Ledenka ima sivo ali temno zelene liste in kompaktno glavo. Batavija ima odprto ali srednje kompaktno glavo s svetlo rumeno-zelenimi listi (Osvald in Kogoj-Osvald, 2005). Mehkolistna vrtna solata ima manjšo, manj kompaktno glavo, sestavljeno iz širokih, tankih listov, ki so svetlejši kot pri kristalki. Masa glave tehnološko zrele maslenke naj bi tehtala okoli 350g (Prohens in Nuez, 2008).

## 2.4 MORFOLOŠKE ZNAČILNOSTI VRTNE SOLATE

Vrtno solato uvrščamo v skupino solatnic in glavni namen gojenja so listi, ki rastejo iz skrajšanega stebela. Je toplotno manj zahtevna, enoletna rastlina in je primerna za gojenje na prostem ali v zavarovanih prostorih (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999a). Sortno značilen je habitus, barva semena, ter oblika, velikost in barva listov. Ti so lopatičaste, ovalne ali okrogle oblike. Listi so nagubani, gladki ali mehurjasti. Tehnološko zrela solata je blede rumene, zelene ali rjavkasto rdeče barve. Če vrtna solata razvije glavo, je lahko ovalne, okrogle, ploščate ali narobe jajčaste oblike (Osvald in Kogoj-Osvald, 2005). Glavnata vrtna solata z zvitjem zunanjih listov tvori glavo, ki je tržno zanimiva. Zunanji listi imajo različne odtenke zelene barve, notranji listi so svetlo rumeni ali kremne barve (Lešić in sod., 2004). Semena so bele, rumene, sive, rjave ali črne barve in imajo kratko obdobje dormance (Prohens in Nuez, 2008). Večina koreninskega sistema vrtna solate sega do globine 30 cm (Lešić in sod., 2004). Iz glavne korenine izraščajo horizontalne stranske korenine, ki rastejo tik pod površjem, da črpajo hranila in vodo (Prohens in Nuez, 2008). V generativni fazi se na vrhu stebela razvijejo socvetja in posamezno je iz okrog 15 rumenih jezičastih cvetov. Prevladuje samooprašitev. Plod je rožka s papusom ali kodeljico (Lešić in sod., 2004).

Razvojni stadiji solate so (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999a):

- vznik;
- razvoj 4-6 listov (presajanje);
- razvoj 6-8 listov (intenzivna rast, premer rozete 15 cm);
- tehnološka zrelost;



- začetek tvorbe založnih razmnoževalnih organov;
- fiziološka zrelost.

Tehnološko zrela vrtna solata mora imeti primerno maso, velikost, obliko glave, čim manj fizioloških poškodb ali poškodb zaradi škodljivcev ali bolezni. Za pridelavo neke sorte so pomembne okoljske razmere (temperatura, dolžina dneva, vlažnost, različna prst). Ugotovili so, da je rozetasta vrtna solata bolj prilagojena na različne rastne razmere, saj ima krajšo rastno dobo in je manj zahtevna za rast. Kakovost pridelka je zelo pomembna za potrošnika. Maslenka mora imeti mehko in oljnato, kristalka pa svežo in hrustljivo teksturo. Selekcija poteka v smeri bolj sladkega okusa listov. Glavnate vrtna solate imajo manj vitaminov in mineralov, saj je sinteza le-teh (tudi antocianov) pogojena s svetlobo. Več kot je klorofila, več je karotenoidov ( $\beta$ -karotena, luteina). Nižje temperature in pomanjkanje svetlobe pripomoreta k kopičenju nitratov, ki škoduje zdravju (Prohens in Nuez, 2008).

## 2.5 TEHNOLOGIJA GOJENJA SADIK VRTNE SOLATE

Včasih so gojili puljenje sadike, vendar se s puljenjem poškodujejo korenine, kar je vzrok za zakasnelo rast, razvoj in manjši pridelok. Danes se običajno goji sadike s koreninsko grudo, saj so manj podvržene stresu ob presajanju. Posamezna vrtnina zahteva posebne klimatske razmere za kalitev in rast sadike ter primeren način razmnoževanja (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999b).

Poznamo 4 najpogostejše sisteme gojenja sadik (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999b):

- gojenje sadik s koreninsko grudico,
- gojenje sadik s prsteno grudico (za solatnice, ne za kapusnice in paradižnik),
- gojenje sadik v gojitvenih ploščah iz stiropora in plastičnih mas,
- gojenje sadik v papirnatih lončkih.

Pri gojenju sadik vrtna solate moramo paziti na optimalno temperaturo za vznik, ki pri vrtni solati znaša 16 do 17 °C. Gojenje sadik v zimskem času traja 45 do 50 dni. Sadika primerna za presajanje mora imeti razvite 4 do 5 pravih listov. Gojitvena plošča naj ima od 150 do 180 celic oz. 17-20 ml substrata na celico. Temperature pod 10 do 12 °C v času rasti sadike pospešijo uhajanje rastlin v cvet. Prostor za gojenje sadik je potrebno ogrevati in redno prezračevati, da ne pride do motenj v rasti in razvoju. Uporabiti je potrebno razkuženo seme in substrat, ter zmerno zalivati, da ne povzročimo gnitja sadik in širjenja bolezni. Gnojenje je odvisno od kakovosti substrata, od dolžine rastne dobe in od vrtnine (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999b).

## 2.6 VPLIV DEJAVNIKOV NA RAST, RAZVOJ SADIK IN PRIDELEK VRTNE SOLATE

### 2.6.1 Okoljski dejavniki

#### 2.6.1.1 Svetloba

Vrtna solata je dolgodnevnicca, zato jo je potrebno v času zimskega pridelovanja v rastlinjakih umetno dosvetljevati. Zahteva dobro osvetlitev in ne premajhno sadilno razdaljo, saj se sicer rast in razvoj upočasnita in dobimo rastline z manjšimi rozetami oz. glavami v tehnološki zrelosti (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999a).

Za rast in razvoj rastlin ter posledično za fotosintezo je ključna razpoložljivost sončnega sevanja. Zelo pomemben je tudi trajanje obsevanja, smer vpada in spektralna sestava sončnega sevanja. Neto-fotosinteza je največja v času polne razvitosti listov, ob brstenju je majhna. V času cvetenja in razvoja plodov kmetijskih rastlin fotosintetska kapaciteta postopoma narašča, na katero imajo vpliv tudi temperatura, dostopnost CO<sub>2</sub>, vode in mineralov (Larcher, 1995). Fotosintetsko najbolj aktivno tkivo je mezofil lista, kjer se nahajajo kloroplasti s klorofili, ki so ključni za pretvorbo sončne v kemično energijo, ki se porabi za vzdrževanje celičnih procesov in tvorbo biomase. Fotosintetsko aktivni list pretvori le 5 % sončne energije v ogljikove hidrate, del se izgubi kot fluorescenca ali toplota. Fotosintetsko aktivna svetloba je med 400 in 700 nm. Listi absorbirajo 85-90 % svetlobe (Taiz in Zeiger, 2006). Nihanje jakosti svetlobe močno vpliva na fotosintezo rastlin. Klorofili in karotenoidi so ključni za absorpcijo, prenos in pretvorbo energije fotosintetsko aktivnega sevanja (Vodnik, 2012). Glavni fotosintetski pigment je klorofil in absorbira svetlobo v rdečem in modrem delu vidnega spektra. Karotenoidi absorbirano svetlobo (400-500 nm) prenesejo do klorofila. Večina pigmentov ima vlogo antenskega kompleksa, ki zbira svetlobo in prenese energijo do reakcijskega centra (Taiz in Zeiger, 2006). Za rast in razvoj vrtna solate je potrebno vsaj 12-13 mol m<sup>-2</sup> svetlobe dnevno in s podaljšanjem dneva iz 16 na 24 ur povečamo rastlinsko biomaso za 20 % in zmanjšamo rastno dobo za 7 dni (Dorais, 2003). V Kanadi so izvedli raziskavo v rastlinjakih, kjer je v spomladanskem in jesenskem času problem s pomanjkanjem svetlobe in toplote. Ugotovili so, da je povprečju za gojenje vrtna solate v zimskih mesecih potrebno 16 urno dosvetljevanje dnevno s 50-100 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (10-20 W m<sup>-2</sup>) in da je tovrstno dosvetljevanje v zimskem času povečalo pridelok vrtna solate 1,4-2,7 krat (Gaudreau in sod., 1994).

S fotomorfogenezo označujemo vse spremembe v rasti in razvoju rastline zaradi svetlobe, ki se pojavijo od kalitve do cvetenja (Vodnik, 2012). Rastline svetlobo zaznavajo s fotoreceptorji, ki absorbirajo različne valovne dolžine. Velik vpliv ima rdeča svetloba, ki jo zaznava fitokrom. Ta receptor je pomemben pri adaptaciji rastline na svetlobno okolje, v rotaciji kloroplastov, regulaciji rež, gibanju listov, kalitvi semen (Taiz in Zeiger, 2006).

Razvoj sadik na svetlobi je drugačen kot v temi, saj se le-te s pomočjo različnih fotoreceptorjev različno odzovejo. Poznamo 3 tipe fotoreceptorjev: fitokrom (odziva na rdečo, dolgovalovno rdečo in modro svetlobo), fotoreceptor za modro svetlobo (absorbira tudi UV-A svetlobo) in fotoreceptor za UV-B svetlobo (Arnim in Deng, 1996). Fitokrom je v citosolu ali je vezan preko citoskeleta na plazmalemo in dobro absorbira rdečo, manj

modro svetlobo. Poznamo aktivno ( $P_{fr}$ ) in neaktivno ( $P_r$ ) obliko fitokroma.  $P_{fr}$  oblika absorbira dolgovalovno rdečo svetlobo (710-740 nm) z absorpcijskim maks. pri 730 nm.  $P_r$  oblika ima absorpcijski maks. pri 666 nm in dobro vpija kratkovalovno rdečo svetlobo (650-680 nm).  $P_r$  oblika se ob absorpciji kratkovalovne rdeče pretvori v  $P_{fr}$  obliko, ki začne prenos signala (povečanja razmerja  $P_{fr}/P_{skupni}$ ) in sproži fiziološki odgovor. Možna je tudi obratna pretvorba s pomočjo dolgovalovne rdeče svetlobe. Za odziv rastline je ključna količina  $P_{fr}$  oblike fitokroma glede na skupno količino fitokroma. Ekološke funkcije fitokroma so: regulacija kalitve, uravnavanje spalnih gibanj listov, adaptacija rastlin na spremembe svetlobe. Manj kratkovalovne rdeče svetlobe je preko dneva pri zasenčenih rastlinah. Sončne rastline se na pomanjkanje svetlobe (zmanjšanje razmerja  $P_{fr}/P_{skupni}$ ) odzovejo z manjšim razvojem listov, z izrazito rastjo v višino, podaljša se hipokotil, hipokotilna kljuka je neizravnana, rastline so svetlo zelene barve, a na senčne rastline to ne vpliva (Vodnik, 2012). S trošenjem energije za izdolževanje internodijev (izogib sence), se rastlini zmanjša listna površina, razvejanje in pridelek (Taiz in Zeiger, 2006).

Receptorji za modro svetlobo (kriptokrom, fototropin in zeaksantin) pripomorejo k uravnavanju fototropizma, gibanju kloroplastov, odpiranju listnih rež in rasti stebela v dolžino. Značilen je akcijski spekter s tremi vrhovi od 400 do 500 nm, vendar se mora ujemati z absorpcijskim spektrom fotoreceptorja. Fototropin pripomore k rasti proti svetlobi (fototropizem) in vpliva na gibanje kloroplastov. Kriptokrom pripomore, da se rastline ne izdolžujejo. K odprtju rež pripomore modra svetloba, ki jo absorbira zeaksantin (največ opoldne), kar privede do pozitivne korelacije s prevodnostjo rež (Vodnik, 2012).

Agronomsko gledano je pomemben vpliv vseh okoljskih dejavnikov na fotosintezo rastline in posledično na pridelek. Iz fiziološkega stališča se preučuje vpliv svetlobe, temperature, koncentracije  $CO_2$  na velikost fotosinteze in prevodnost listnih rež. Kakšen svetlobni spekter doseže rastlino je odvisno od zasenčenosti. Rast rastlin je drugačna pod umetno svetlobo v zavarovanih prostorih (Taiz in Zeiger, 2006). Najboljša možna absorpcija svetlobe se pri kmetijskih nasadih zagotovi z ustrezno sadilno razdaljo (Larcher, 1995). Listi, ki so zasenčeni z drugimi listi, imajo mnogo manjšo fotosintetsko aktivnost. Horizontalni listi sprejmejo veliko več svetlobe, kot pokončni listi. Zasenčeni listi so tanjši, saj imajo krajše palisadne celice. V zasenčenih habitatih je več dolgovalovne rdeče svetlobe, če senco delajo zeleni listi rastlin (Taiz in Zeiger, 2006).

Pomanjkanje svetlobe lahko omeji rast in razmnoževanje rastlin, zato lahko njihovo prilagojenost ugotovimo s svetlobnimi fotosintetskimi krivuljami. Le-te nam povedo razlike fizioloških lastnosti senčnih in sončnih listov. Za svetlobno krivuljo je potrebno merjenje vezave  $CO_2$  ob tem, da merjeni list izpostavimo različnim jakostim svetlobe, tj. večjemu toku fotosintetsko aktivnih fotonov (PPF). V temi asimilacije ogljika ni,  $CO_2$  pa se sprošča zaradi mitohondrijskega dihanja (neto-fotosinteza  $CO_2$  je negativna). Z naraščajočo svetlobo se poveča asimilacija  $CO_2$  in linearno narašča, dokler sproščen in asimilirani  $CO_2$  nista enaka. Svetlobna jakost, pri kateri je doseženo to izenačenje, imenujemo svetlobna kompenzacijska točka. Le-ta je odvisna od vrste in rastnih razmer ter pri sončnih rastlinah doseže večje vrednosti ( $PPF = 10-20 \mu\text{mol fotonov m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) kot pri senčnih ( $PPF = 1-5 \mu\text{mol fotonov m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). V senci je dihanje manjše, kar omogoča senčnim rastlinam preživetje v omejujočih razmerah. Še večje naraščanje toka fotonov sorazmerno povečuje tudi fotosintezo, vendar le do saturacijske točke, kjer nadaljnjo naraščanje PPF ne vpliva več na njeno povečanje (Taiz in Zeiger, 2006). Senčne rastline dosežejo saturacijsko

točko prej kot sončne, saj njihov fotosintetski aparat ni prilagojen na močno svetlobo (Larcher, 1995). Rastline, ki so med rastjo izpostavljene polni sončni osvetlitvi (okrog  $2000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) svetlobne krivulje imajo saturacijsko točko med 500 in  $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Taiz in Zeiger, 2006). Optimalna krivulja pove občutljivost rastline na premajhne ali prevelike odmerke zunanjih dejavnikov, a pomembno je tudi trajanje neugodnih razmer, da ne pride do stresa (Larcher, 1995).

Marrou in sod. (2013a) so preučevali vpliv delne sence na rast in pridelok vrtna solate. Na isto zemljišče so postavili fotovoltajične panele in pod njimi je rastle vrtna solata. Sorte (2 rezivki in 2 kristalki) so posadili poleti in spomladi. Pri polni gostoti panelov je bilo rastlinam dostopne okrog 53 % svetlobe, pri poletni polovični zasenčenosti okrog 68 % in spomladi 78 %. Močno senčene rastline so poleti dosegle le 58 % povp. pridelka nesenčenih rastlin (kontrola). Pri polovični gostoti panelov je pridelok dosegel že 81 % glede na kontrolo. Pri večjem senčenju je pridelok vrtna solate spomladi dosegel 79 % glede na kontrolo, pri polovični gostoti panelov pa je pridelok dosegel že 99 % pridelka na soncu. Pridelok med sortami se je razlikoval glede na sezono gojenja kot tudi v isti sezoni. Poleti je rezivka 'Kiribati' dala večje pridelke kot kristalka 'Tourbillon'. Ugotovili so, da je tolerantnost vrtna solate na senco, povezana z izboljšanim zbiranjem sončnega sevanja, kar lahko povežemo z večjo in hitrejšo pokrovnostjo tal. Morfološke spremembe na senčeni vrtni solati so bile: povečana listna površina, manj listov, ki so bili tanjši, mehkejši. Do teh ugotovitev je prišel s pomočjo izračuna SLA (površina lista/ suha masa lista). Spomladi je bila solatna os (izdolženo steblo) daljša in ožja. Polovična gostota panelov skoraj ni vplivala na pridelok. V tej raziskavi je bilo ugotovljeno, da morajo paneli prepuščati vsaj 70 % PAR svetlobe, da ne pride do zmanjšanja kakovosti in količine pridelka.

Marrou in sod. (2013b) so v podobni raziskavi preučevali vpliv sence, ki jo ustvarjajo fotovoltajični paneli, na rast vrtna solate, kumar in pšenice. Pri urnem merjenju povprečne dnevne T zraka in vlage ni bilo nikakršnih razlik med zasenčenimi in nezasenčenim delom poskusa. Izmerili so manjšo povp. T tal pod paneli. Ugotovili so tudi, da nočna T pridelka naraste (+2 °C), podnevi pod paneli T rastline pade za 3 °C. Prišli so tudi do zaključkov, da se pri senčeni vrtni solati stat. značilno zmanjša razvoj listov v juvenilni fazi (3 tedne po presajanju) in posledično tudi emisije listov (št. listov °C d<sup>-1</sup>), ki je bila izračunana s pomočjo modela iz št. listov vrtna solate in toplotnega časa (iz temperature 2 m nad tlemi) za čas med dvema vzorčnima dnevoma. Torej senčenje v juvenilni fazi zakasni razvoj rastline, ampak ima lahko tudi pozitivne učinke pri gojenju v bolj topli rastni sezoni. Ugotovili so, da je potrebno izbrati rastline z najboljšo izrabo sevanja, prilagoditi tehnološko prakso in čim bolj zmanjšati izgube svetlobe pod paneli.

Kitaya in sod. (1998) so raziskovali vpliv toka fotosintetsko aktivnih fotonov (PPF), fotoperiode in CO<sub>2</sub> na vrtno solato. Ključna za kakovost sadik vrtna solate je svetloba, saj pod manjšo intenziteto svetlobe dobijo videz zasenčenih rastlin, ki so bolj občutljive na močnejše osvetlitve po presajanju. Sadike so izpostavili različnim vrednostim PPF (100, 150, 200 in  $300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), 2 fotoperiodam (16 in 24 ur) ter različnim konc. CO<sub>2</sub> (400 in  $800 \mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1}$ ). Manjšo PPF lahko nadomesti daljša fotoperioda in večje konc. CO<sub>2</sub>. Kakovostne sadike naj bi imele velik % suhe snovi, majhno razmerje nadzemni/podzemni del in dolžino/širino lista ter majhno specifično listno površino (SLA) in dolžino hipokotila. Raziskava kaže, da ustreznost rast in kakovost sadik vrtna solate naraste ob povečanju PPF. Za kakovostno sadike vrtna solate je potrebno vsaj  $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

Kim in sod. (2004) so želeli ugotoviti učinke zelene svetlobe na rast vrtna solate pod rdečo in modro svetlobo. Rastline dobro vpijajo modri (400-500 nm) in rdeči del (600-700 nm) spektra in le tega malo odbijajo. Pri zeleni svetlobi (500-600 nm) je obratno in znan je večji prodor v rastlino, s tem se povečata fotosinteza in rast. Vendar prevelik delež zelene svetlobe zmanjša rast. Kombinacija umetnega osvetljevanja z modro, zeleno in rdečo svetlobo poveča listno površino, kar poveča absorpcijo pri manjši osvetlitvi. Pri takšni osvetlitvi se rast poveča, vendar je potrebno še določiti optimalno količino fotonov.

Dougher in Bugbee (2004) sta merila velikost in število celic v steblih soje, listih soje in vrtna solate pri dveh različnih deležih (%) modre svetlobe glede na celoten spekter svetlobe. Več kot je modre svetlobe bolj je zavrto izdolževanje stebela, saj se zmanjša rast celic. Pri poskusu so ugotovili, da je z naraščajočim deležem modrega dela spektra (0-6 %) večja je listna površina, večje je število epidermalnih celic in večja je njihova površina. Vrtna solata je zelo občutljiva na prisotnost modre svetlobe.

V raziskavi Gaudreau in sod. (1994) so preučevali vpliv fotoperiode, PPF na biomaso, trdoto in dolžino glav vrtna solate pri gojenju v rastlinjaku. Ugotovili so, da daljša fotoperioda in večji PPF vplivata na večjo biomaso in skrajšata dolžino gojenja. Manjše jakosti svetlobe podaljšajo rastno dobo, glave so neenakomerno razvite in slabo oblikovane. Manj dostopne svetlobe in večja T povzroči zakasnitev tvorjenje glav. Z dosvetljevanjem v času, ko je dostopna manjša količina svetlobe, se poveča biomasa, hkrati pa se skrajša tudi dolžina rastne dobe.

Kleinhenz in sod. (2003) so ugotavljali količino klorofila a in b ter antocianina v različnih razvojnih stadijih pri 50 % manjši jakosti svetlobe in različnih T. Pokazale so se razlike med različnimi sortami. Koncentracija antocianina je bila stat. manjša pri senčeni sortah 'Galactic' (bolj rdeča sorta vrtna solate) in 'Rolina' (bolj rdeča sorta vrtna solate) ne glede na T. Nasprotno velja za sorto 'Green Vision' (bolj zelena sorta vrtna solate). Količina klorofila pada s starejšo fazo razvoja. Večje konc. pigmentov so namerili pozimi (nižje T) kot poleti.

Zahao in Carey (2009) sta preučevala mikroklimatske razmere v vročem poletju pri gojenju vrtna solate v visokih tunelih in na polju. Pod nesenčenimi visokimi tuneli (16-36 % manj PAR) so zaznali, da grejo rastline hitreje v cvet in so bolj grenke, saj so izmerili večje dnevne maks. in min. T, kot na polju. Pri visokih tunelih, ki so bili senčeni z belo tkanino (50 % manj PAR) so se dnevne maks. T znižale, medtem ko se je min. dnevna T zvišala za 0,5 °C. Tuneli so bili na koncu in ob straneh odprti, zato ni bilo zaznani večjih sprememb v relativni vlažnosti v primerjavi z gojenjem na polju. V tunelih so izmerili manjšo hitrost vetra kot na polju. Pod senčenimi visokimi tuneli so izmerili manjšo T lista, nižjo dnevno maks. T tal, manjšo evapotranspiracijo rastlin, kar izboljša izkoristek vode in zmanjša potrebe po namakanju. Rastline pod tuneli, prekritimi s tkanino, niso šle tako hitro v cvet kot rastline pod nesenčenimi tuneli.

Wolff in Coltman (1989) sta preučevala vpliv sence na gojenje zelenjave v tropih. Pridelok vrtna solate je jeseni stat. narastel pri 30 % senčenju in spomladi se je zmanjšal pri 47 % senčenju. Pridelok in rast sta se zmanjšala pri jajčevcu, soji, arašidu in sladkem krompirju z večjim senčenjem. Z večjo senco se je povečala specifična listna površina vrtna solate, jajčevca in soje. Suha masa lista se je zmanjševala z naraščajočim senčenjem, indeks listne

površine je ostal enak. Pri 30 in 40 % senčenju je pridelok vrtna solate večji, saj zniža T in blaži vodni stres. Pri 63 in 73 % senčenju so bile glave lažje in kakovost slabša. Spomladi je bil pridelok večji kot jeseni, zaradi nižjih jesenskih T. Med preučevanimi rastlinskimi vrstami lahko rahlo senčimo le vrtno solato in pri tem ne zmanjšamo fotosinteze in pridelka.

#### 2.6.1.2 Vpliv presežka svetlobe na gojenje vrtna solate

Fu in sod. (2012a) so raziskovali, kako različna jakost svetlobe vpliva na aktivnost antioksidativnih encimov, na pridelok in kakovost vrtna solate. Ugotovili so, da pri jakosti 100, 200 in 400  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ni bilo opaziti nikakršnega stresnega odziva. Pri jakosti svetlobe 600  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  so zaznali blag stres, medtem ko se je pri 800  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  pokazal močan stres. Največjo biomaso so izmerili pri 600  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , nekoliko manjšo so stehtali pri 400  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Pri jakosti svetlobe 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  so izmerili najmanjšo biomaso. Povzeli so, da je najpriporočljivejša svetlobna jakost za gojenje vrtna solate med 400 do 600  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

Fu in sod. (2012b) so v podobni raziskavi ugotavljali vpliv svetlobne jakosti na klorofilne fluorescentne značilnosti in na pridelok vrtna solate. Rastlina je bila v hudem stresu pri 800  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  in takrat so izmerili tudi najmanjšo fotokemično učinkovitost, hitrost transporta elektronov po tilakoidi ter manjši pridelok. Slednje ugotovitve so značilne tudi za 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Večji pridelok, večja izraba svetlobe, večje fotokemično dušenja in hitrost transporta elektronov so značilne pri 200, 400 in 600  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Pri slednji jakosti so izmerili največji pridelok, vendar se stat. ne razlikuje od 400 in 600  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Pri slednji je zaznati rahel stres. Za vrtno solato je najpriporočljivejša jakost od 400 do 600  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Prva je primernejša za gojenje pozimi, slednja pa za pozno spomladi in zgodaj jeseni.

#### 2.6.1.3 Temperatura, vlaga, tla in lega

Vrtna solata v začetni rasti ni zelo občutljiva na nizke temperature. Optimalne T za vznik znašajo med 18 in 20 °C. Za hitrejšo kalitev in rast pri nizkih T je zaželeno prekrivanje s PE ali PP prekrivkami (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999a). Fukuda in sod. (2009) v raziskavi navajajo, da hitro izdolževanje sadik in kasneje stebela (2 do 4 tedne po presajanju) povzročajo visoke temperature (35/25 °C), pod katerimi so gojili sadike, saj pod nižjimi T (25/15 °C) izdolževanja ni bilo. Najprimernejše T v času rasti so med 15 in 20 °C. Pri prezimni vrtni solati med 12 in 15 °C (Osvald in Kogoj-Osvald, 2003). Neugodne T vplivajo na hitrejšo uhajanje v cvet in slabše sklepanje glav. V toplejših območjih sta primernejši kristalka in vezivka (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999a). Pri gojenju na odprtem je dobro, da se T na dvignejo nad 20 °C in da ne padejo pod -5 °C, saj se tako izboljša kakovost in količina pridelka. Zastoj v rasti, nagubanost listov in tvorba antocianov so posledica prenizkih T (Lešić in sod., 2004). Solata zahteva precej vlage v tleh, od 75 do 85 % poljske kapacitete, in tudi relativna vlažnost ozračja naj bo enaka (Osvald in Kogoj-Osvald, 2003). Prevelika vlaga v tleh in zraku negativno vpliva na rast in razvoj vrtna solate, korenine propadajo, poveča se možnost širjenja bolezni (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999a). Optimalna tla za gojenje solate so odcedna, dobro strukturna, srednje težka, ki imajo nevtralen pH ali 6,5. Na lažjih tleh lahko gojimo spomladansko vrtno solato, saj se

le-ta hitreje ogrejejo. Solata slabo prenaša večje koncentracije klora in soli v tleh. Zaradi raznolike klime po Sloveniji jo je možno gojiti preko celega leta. V hladnejših obdobjih se gojenje solate preseli v zavarovane prostore. Pomemben je primeren izbor sorte in roka setve oziroma sajenja (Lešić in sod., 2004).

## 2.6.2 Tehnološki ukrepi

### 2.6.2.1 Namakanje in gnojenje

Pri vse višjih temperaturah in pomanjkanju padavin oz. njihovi neenakomerni razporeditvi, postaja namakanje eden najpomembnejših ukrepov za doseganje visoke kakovosti in pričakovanega pridelka. Količina vode, ki jo vrtna solata potrebuje je odvisno od njenega razvojnega stadija. Pri enem namakalnem odmerku je v integrirani pridelavi dovoljeno porabiti največ 20 mm vode (Osvald in Kogoj-Osvald, 2003). Pri težkih tleh, vlaga ne sme pasti pod 60 % poljske kapacitete tal, pri lahkkih tleh pa ne pod 40 %. Namakalni sistem postavimo pred sajenjem (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999a).

Vrtna solata ima kratko vegetacijsko dobo, zato na podlagi analize tal določimo količino hranil, da omogoča doseganje pričakovanega pridelka. Gnojenje s hlevskim gnojem pred sajenjem ni priporočljivo, saj se poveča nevarnost širjenja glivičnih bolezni (Lešić in sod., 2004). Vrtno solato uvrstimo na 2. ali 3. poljino (Osvald in Kogoj-Osvald, 2003).

Preglednica 1: Potrebe po hranilih pri gojenju vrtna solate na prostem in v zaščitenih prostorih (Tehnološka navodila ..., 2013)

Vrtnina	Odvzem N s pridelkom (kg/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	K <sub>2</sub> O (kg/ha)	MgO (kg/ha)	CaO (kg/ha)	pridelek (t/ha)
Kristalka na prostem	115	33	145	16	35	40
Maslenka na prostem	80/95	40	160	15	29	40
Gojenje v zaščitenem prostoru	95	30	130	15	30	30

## 2.6.3 Bolezni in škodljivci vrtna solate

### 2.6.3.1 Glivične bolezni (mikoze)

Solatna plesen (*Bremia lactucae* Regel) je glivična bolezen. Na spodnji strani zunanjih listov je vidna belkasta prevleka, ki se pojavi v vlažnejših pridelovalnih razmerah ali ko je posevek pregost. Pri glivi *Microdochium panattonianum* (Berlese) B. Sutton, Galea in Price) ali solatni pegavosti se na zunanjih listih pojavijo klorotične pege, ki nato izpadejo. Bela gniloba solate (*Sclerotinia minor* Jagger), siva plesen (*Botrytis cinerea* Persoon), bela gniloba (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary), verticilijska uvelost (*Verticillium dahliae* Klebahn) in *Rhizoctonia solani* Kühn, so glivične bolezni, ki povzročajo gnitje vrtna solate. Pri vrstah *Sclerotinia* se pojavi vatast micelij s črnimi sklerociji na koreninskem vratu. Pojavijo v vseh razvojnih fazah (Tehnološka navodila ..., 2013; Prohens in Nuez, 2008; FITO-INFO, 2014).

### 2.6.3.2 Bakterijske bolezni, virusi in škodljivci

Povzročitelji bakterioz na vrtni solati *Pseudomonas cichorii* (Swingle) Stapp in *Erwinia carotovora* (Jones) Bergey et al. povzročata gnitje listov od zunanje roba proti njihovi notranjosti. LeMV (Lettuce mosaic potyvirus) in CMV (Cucumber mosaic cucumovirus) sta virusa, ki povzročata mozaično razbarvanje listnih robov, nekroze na glavni listni žili in deformacije listov (Tehnološka navodila ..., 2013; Prohens in Nuez, 2008; FITO-INFO, 2014). Zeleno solatno uš (*Hyperomyzus lactucae* Linnaeus) najdemo na listih spomladi in jeseni. Na vrtni solati se lahko pojavijo tudi koreninske uši (*Pemphigus bursarius* Linnaeus, *Trama troglodytes* von Heyden). Listne zavrtalke (*Liriomyza* spp.) povzročajo ubode in rove pod listno povrhnjico. Težave povzroča tudi cvetlični resar (*Frankliniella occidentalis* Pergande), ki povzroča vbode in deformacijo listov. Velik problem predstavljajo polži (*Limacidae*, *Gastropoda*), ki objedajo liste v vseh razvojnih fazah. Strune (*Elateridae*) so talni škodljivci, ki objedajo korenine, kar zmanjša črpanje vode, hranil in zmanjša rast (Tehnološka navodila ..., 2013; FITO-INFO, 2014).



### 3 MATERIAL IN METODE DELA

#### 3.1 LOKACIJA

Poskus je potekal v dveh delih, od 25. 3. do 24. 6. 2013 na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani. V prvem delu smo gojili sadike vrtna solate pod senčili v steklenjaku. Drugi del se je izvajal v troločnem rastlinjaku pokritem s polikarbonatno kritino, kjer je solata rasla do tehnološke zrelosti.

#### 3.2 MATERIALI

##### 3.2.1 Opis sort vrtna solate

###### 3.2.1.1 Opis sort 'Tourbillon' in 'Hungarina'

Sorta 'Tourbillon' je krhkolistna glavната solata, daje velike pridelke in jo lahko gojimo spomladi, poleti ali jeseni. Zelo počasi uhaja v cvet in primerna je za gojenje na prostem ali za hidroponsko gojenje. Zelo dobro je odporna na solatno plesen (*Bremia lactucae*) in zmerno na solatni mozaik (LeMV). Sorta 'Hungarina' je mehkolistna glavната solata. Primerna je za spomladansko, poletno in jesensko gojenje. Odporna je na solatno plesen in ima lastnost zmerne odpornosti na LeMV virus (International catalogue ..., 2012).

##### 3.2.2 Opis polipropilenskih in polietilenskih prekrivk

###### 3.2.2.1 Polipropilensko prekrivalo

Polipropilen je namenjen neposrednemu prekrivanju vrtnin zgodaj spomladi, saj zmanjša izgube toplote, a bistveno ne zmanjša dostopnost svetlobe (Osvald in Kogoj-Osvald, 1994). PP je narejen iz kemično pridobljenih vlaken. PP prekrivala imajo od 80 do 94 % propustnost sončne svetlobe. Zanje je značilna elastičnost, majhna gostota ( $17-60 \text{ g m}^{-2}$ ). PP varuje rastline pred vetrom, ekstremnimi T nihanjem in preprečuje nabiranje kondenza (Demšar in sod., 2009). S tem, ko zmanjša T nihanja, prepreči tudi, da bi se rastline pregrevale ali da bi prišlo do pozebe. Prekrivke so UV stabilizirane, dobro zračne in dobro prepuščajo vodo (Zeleni hit, 2014). PP in PE prekrivki izboljšata kakovost in pridelok je prej tehnološko zrel. PP je uporaben za 1 do 3 sezone (Osvald in Kogoj-Osvald, 1994). Naša PP prekrivka je imela gostoto  $22 \text{ g m}^{-2}$ .

###### 3.2.2.2 Polietilensko prekrivalo

Polietilensko (PE) prekrivalo je težje in je uporabno za dlje časa (3-4 leta). Pri debelini 0,2 mm PE folija prepusti kar 92 do 93 % sončne svetlobe. Zračnost pod takšnim prekrivalom je manjša kot v primerjavi s PP ali perforirano polietilensko folijo. V vrtnarstvu se PE uporablja za prekrivanje tunelov, plastenjakov, za neposredno prekrivanje spomladi ali za nizke tunele v večjih zavarovanih prostorih (Osvald in Kogoj-Osvald, 1994). Značilnosti PE prekrivke so: zelo dobra odpornost na pretrganje, debelina folije med 0,15 do 0,2 mm

in dobra elastičnost. Pripomore blažiti zmanjšanje T ponoči, zelo dobro prepušča PAR svetlobo (Predikat, 2014). Naša PE prekrivka je imela debelino 0,18 mm.

### 3.3 METODE DELA

#### 3.3.1 Merilec vlage in temperature

V času rasti sadik in na začetku razvoja vrtna solate v rastlinjaku smo merili vlago in T. Za merjenje smo uporabili napravo VOLTCRAFT DL-120TH, ki je izdelana v obliki USB ključa. Meritve smo beležili na 30 minut. Pod senčili smo imeli v času rasti sadik nastavljene 4 ključe (od 16.4.2013). Vsak ključ je bil uporabljen pri enem svetlobnem režimu (PP, K, PP+PE, PE). 3 ključe (PP, PP+PE, PE) smo umaknili 15.5.2013. Ključ od K smo isti dan prenesli v rastlinjak, kjer je rastla solata (do 28.5.2013). Ključek pod PE ni deloval.

#### 3.3.2 Merilec fotosinteze - Licor 6400

Merilec Licor 6400 ima IRGA-detektor, ki z IR žarnico presvetli list v kiveti, izračuna se konc. CO<sub>2</sub> in vode, ki absorbirata v IR delu spektra in tako dobimo fiziološke parametre. Pri odprtem diferencialnem sistemu s pomočjo referenčnega IRGA-detektorja določimo T, konc. CO<sub>2</sub> in vlažnost, le-te se zaradi fiziološke aktivnosti lista spremenijo. Razliko odčitamo na vzorčnem IRGA-detektorju. S spreminjanjem vlage, T, konc. CO<sub>2</sub> in jakosti PAR sevanja, želimo ugotoviti vpliv okolja na fotosintezo (Vodnik, 2012). Z Licor 6400 smo izmerili neto fotosintezo, transpiracijo in prevodnost listnih rež sadik in odraslih rastlin.

#### 3.3.3 Merilec svetlobnih razmer - Licor 1000

Z merilcem Licor 1000 smo 8.4.2013 izmerili trenutne svetlobne razmere v času gojenja sadik. Kvantni senzor smo postavili med platoje s sadikami, nad katerimi so bila postavljena stojala s prekrivkami (PP, PP+PE, PE). Senzor smo postavili pod prekrivko in odčitali jakost svetlobe (PPF,  $\mu\text{mol fotonov m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Meritev smo izvedli tudi zunaj steklenjaka, da bi dobili primerjavo, koliko svetlobe se izgubi skozi steklo. Kasneje smo izvedli tudi kontinuirane meritve svetlobnih razmer v času gojenja sadik (23.4. in 25.4.2013). Pri K smo vedno imeli postavljen prvi kvantni senzor, drugi senzor pa smo menjavali pod ostala senčila. Najprej je bil drugi senzor postavljen pod PP, nato pod PP+PE in še pod PE.

#### 3.3.4 Merilec talne vlage

Z merilcem talne vlage smo izmerili razlike v namakanju (29.5.2013) na gredicah, saj so se le-te pokazale na rasti solate. Naprava je sestavljena iz SM-200 sonde in HH2 merilca (Delata-T Device, Cambridge, UK). Sonda deluje po principu nedestruktivne TDR (Time Domain Reflectometry) metode. Določi se čas odboja elektromagnetnega vala po elektrodah, ki so vstavljene v tla. Čas potovanja signala se poveča, ko se hitrost zmanjša

(več vlage) (Adam, 2004). Pri vsakem obravnavanju po vseh blokih smo meritve opravili trikrat. Rezultati so podani v volumskem deležu vode v tleh (vol. %).

### 3.3.5 Zasnova poskusa pri gojenju sadik

Sadike dveh sort smo gojili v stiropornih ploščah s 160 celicami na ogrevani mizi v steklenjaku. Setev smo opravili v zadnjem tednu marca. Porabili smo 1280 semen KS in 1000 semen MS. Uporabili smo substrat KLASMANN TS 3, ki temelji na beli šoti in vsebuje 1,5 kg/m<sup>3</sup> gnojila (NPK=14:10:18). Eno svetlobno obravnavanje je bilo skupno za 4 plošče. Uporabili smo PP, PE in PP+PE senčilo in s tem ustvarili različne svetlobne režime za posamezno obravnavanje. Pri K sadike niso bile senčene.

Na sadikah primernih za sajenje smo v rastni komori izmerili naslednje fiziološke parametre: neto fotosintezo, transpiracijo in prevodnost listnih rež. Iz pod vsakega senčila in pri K smo iz enega platoja vzeli po 5 sadik KS in z merilcem Licor 6400 izmerili parametre pri različnih svetlobnih jakostih (1000, 800, 600, 400, 200, 100, 50 in 0  $\mu\text{mol fotonov m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), da bi ugotovili svetlobno odvisnost fotosinteze (svetlobna krivulja). Naslednji dan smo enake meritve opravili na sadikah MS, a le pri 600  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Meritve so potekale pri stalni konc. CO<sub>2</sub> (380 ppm), pri konstantni vlagi (60 %) in T (25 °C). Čez 2 dni smo opravili še morfološke meritve: število razvitih pravih listov, maso nadzemnega dela, maso korenin, maso cele sadike in dolžino hipokotila. Iz obravnavanja smo vzeli 3-krat po 5 sadik (3 ponovitve). Očistili smo korenine in v laboratoriju s pomočjo tehtnice in ravnila izmerili omenjene parametre.

### 3.3.6 Zasnova poskusa pri spremljanju rasti, razvoja vrtné solate in končnega pridelka

Iz vsakega obravnavanja smo sadike presadili na gredici v rastlinjak (25.4. in 26.4.2013). Sadilna razdalja je bila 25 cm × 25 cm. Imeli smo 4 vrste in v vsaki 6 rastlin (24 rastlin/obravnavanje). Imeli smo 4 bloke, znotraj katerih se je vseh 8 obr. 1-krat naključno ponovilo. Z gredic smo odstranili plevel, prekopali, zravnali, pognojili z mineralnimi gnojili, katerih količino smo izračunali na podlagi analize tal (C založenostni razred). Na eno gredico (30 m<sup>2</sup>) smo dali 889 g KAN (27 %), 800 g NPK (15:15:15) in 660 g K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (50 %) in s tem v tla vnesli 120 kg N/ha, 40 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha in 150 kg K<sub>2</sub>O/ha. Namestili smo kapljični namakalni sistem (T-tape), ki smo ga med rastjo solate vključili po potrebi. Okrog sadik smo nasuli po 5 do 10 zrn (zrnasta vaba - GB) za zatiranje polžev in bramorjev – Mesurol granulata, ki vsebuje metiokarb (4 %).

#### 3.3.6.1 Meritve morfoloških in fizioloških parametrov rastlin

Tedensko, 16.5., 23.5., 30.5., in 6.6.2013 smo izvedli morfološke meritve na rastlinah in iz ene prečne vrste vsakega obr. po vseh blokih izruvali 3 sredinske rastline, korenine očistili in jim izmerili dolžino glavne korenine in hipokotila, stehali maso cele rastline, podzemnega in nadzemnega dela, ter prešteli število razvitih in nerazvitih listov. Tekom rasti smo izvedli tudi fiziološke meritve na solati (22.5.2013), ki so potekala na gredici. Na dobro razvitem in nepoškodovanem listu smo z merilcem Licor 6400 izmerili enake

parametre kot pri sadikah. Meritve smo najprej opravili pri  $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  na listu treh naključno izbranih sredinskih rastlinah iz I. in II. bloka. Sledile so meritve v I. in II. bloku pri  $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  na listu dveh solat in še v III. bloku pri obeh omenjenih jakostih. T je bila regulirana na  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , konc.  $\text{CO}_2$  je bila 380 ppm. Relativna zračna vlaga je najprej znašala 45 % in nato 41 %. Meritve pridelka so najprej potekale na KS (20.6.2013) in nato na MS (24.6.2013). Naključno smo izbrali 3 solate, ki so bile tehnološko zrele in imele na dotik trdo razvito glavo. Tokrat smo rastline odrezali, stehali maso cele (neočiščene), maso očiščene solate, prešteli število odstranjenih (poškodovanih) listov, ter izmerili višino in širino rozete.

### 3.3.7 Obdelava podatkov in statistična analiza

Podatke smo stat. obdelali s programom Excel 2007 ali programom R 3.0.1. oz. z grafičnim vmesnikom R Commander. Fiziološke in morfološke meritve smo analizirali z analizo variance (ANOVA), pri kateri sta bila glavna dejavnika jakost svetlobe, ki smo jo zmanjšali s senčilom ob gojenju sadik in sorta vrtna solate. Zasnova poskusa pri sadikah je bil SPLIT-PLOT. Svetlobni režimi (PP, K, PP+PE, PE) so predstavljali glavne parcele in sorte (KS, MS) podparcele. Pri fizioloških parametrih sadik je bila interakcija med senčilom in sorto povsod stat. neznačilna, zato smo ugotavljali njun posamezen vpliv z LSD ali HSD testom pri  $\alpha=0,05$ . Pri morfoloških rezultatih sadik smo vzeli povprečja tako, da smo imeli 3 ponovitve vsakega obravnavanja. Interakcija med senčilom in sorto je bila povsod stat. značilna, zato smo analizo nadaljevali s kontrasti. Enkrat smo primerjali sorti pri posameznem senčilu, drugič pa senčila pri posamezni sorti pri  $\alpha=0,05$ . Zasnova poskusa na gredici so bili slučajni bloki s podvzorčenjem. Imeli smo 4 bloke in v vsakem se je eno obravnavanje naključno ponovilo. Če povp. fizioloških in morfoloških parametrov solate po obr. niso bila enaka, potem smo uporabili Duncan test pri  $\alpha=0,05$ . Statistično značilne razlike med obr. so v tabelah in grafih označene z različnimi črkami.

## 4 REZULTATI

### 4.1 VZNIK

Enakomeren vznik vrtno solate v platojih smo zabeležili 4.4.2013. V treh platojih so vzknila vsa semena, v ostalih platojih pa ni vzknilo od 2 do 8 semen na plato. Pri vzniku ni bilo večjih razlik glede na svetlobni režim.

### 4.2 RASTNE RAZMERE V ČASU GOJENJA SADIK V STEKLENJAKU

#### 4.2.1 Svetlobne razmere v času gojenja sadik v steklenjaku

##### 4.2.1.1 Trenutne svetlobne meritve s PAR senzorjem v oblačnem vremenu

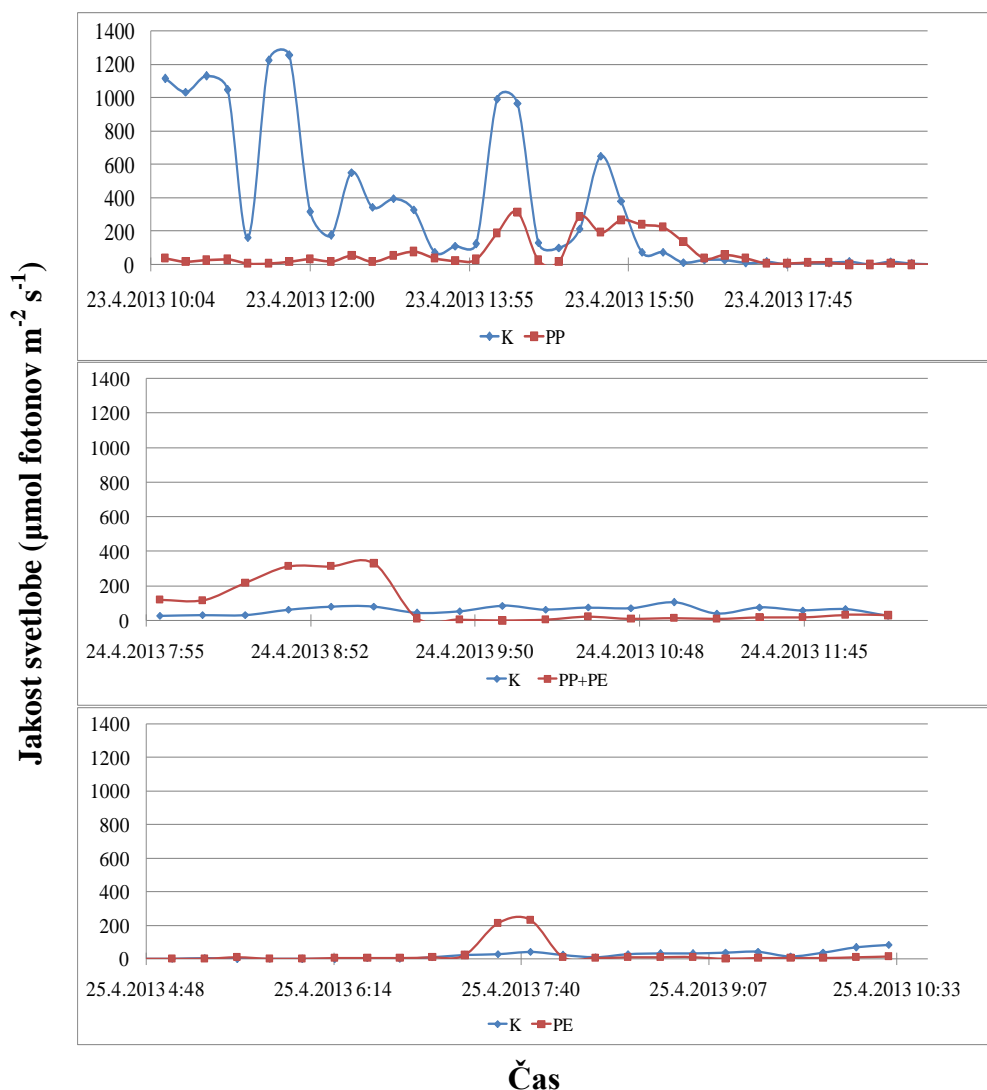
Preglednica 2: Jakost svetlobe ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) izmerjena v oblačnem vremenu zunaj steklenjaka in znotraj steklenjaka pri štirih različnih svetlobnih režimih v času rasti sadik

Datum	Ura	Vreme	Svetlobni režim	Jakost svetlobe ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
8.4.2013	11:30	oblačno	PP	108
8.4.2013	11:30	oblačno	K	173
8.4.2013	11:30	oblačno	PP+PE	90
8.4.2013	11:30	oblačno	PE	131
8.4.2013	11:30	oblačno	zunaj steklenjaka	400

Preglednica 2 prikazuje jakost svetlobe v oblačnem vremenu, izmerjena pod različnimi prekrivkami, v steklenjaku – nezasenčeno in na prostem. Vidimo, da je bila najmanjša jakost svetlobe v času rasti sadik izmerjena pod PP+PE, največja pri K, kjer sadike niso bile senčene. Pod PE senčilom smo izmerili nekoliko večjo svetlobno jakost kot pod PP.

#### 4.2.1.2 Neprekinjene svetlobne meritve med 23.4. in 25.4.2013

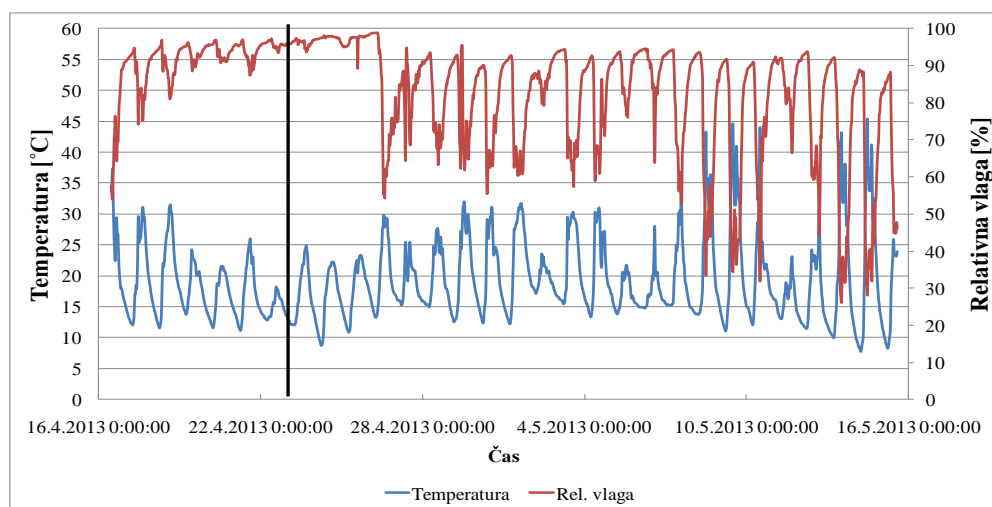
Iz prvega grafa (slika 1) je razvidno, da je bilo pod PP prekrivko izmerjena manjša svetlobna jakost v primerjavi s kontrolo, kjer sadike niso bile senčene.



Slika 1: Jakost svetlobe ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) v odvisnosti od časa med 23.4. in 25.4.2013 pod različnimi prekrivkami (PP, PP+PE, PE) glede na kontrolo (K) v času rasti sadik

Občasna prisotnost sončne svetlobe je pri kontroli večasih presegla celo  $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Pod PP jakost svetlobe nikoli ni presegla  $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Iz drugega grafa je razvidno, da je bila jakost svetlobe pod dvojno prekrivko v jutranjih urah znatno večja kot pri K, vendar ni presegla  $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Po deseti uri je svetlobna jakost pri kontroli ostala nespremenjena ( $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), pod PP pa so vrednosti padle pod izmerjene vrednosti kontrole. Na tretjem grafu ni vidno večjih razlik med svetlobno jakostjo izmerjeno pri kontroli in pod PE. 25.4.2013 okrog 7:30 je bilo pod PE prekrivko izmerjena večja jakost svetlobe (okrog  $230 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) kot pri kontroli. Nato se je pri kontroli svetlobna jakost postopoma povečevala (do  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) in presegla vrednosti izmerjene pod PE senčilom v enakem obdobju.

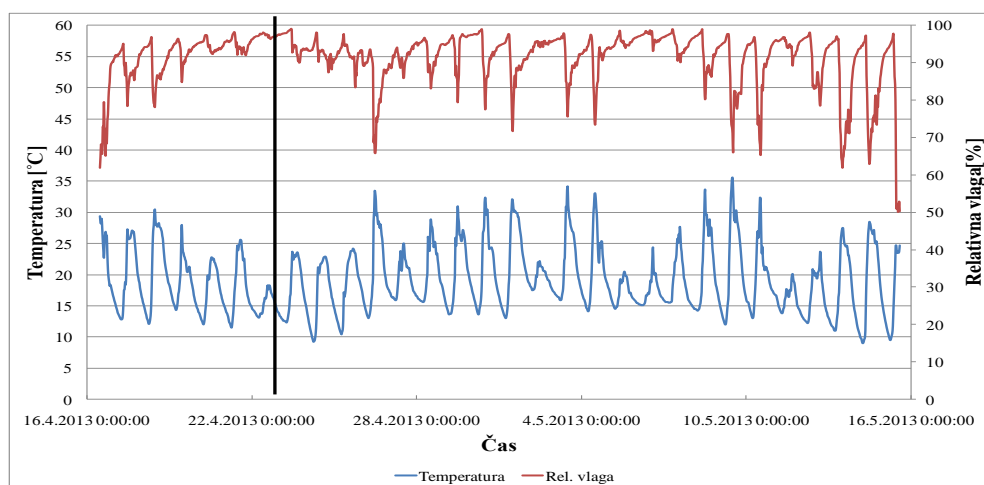
#### 4.2.1.3 Neprekinjene meritve temperature in relativne vlage pod prekrivkami v času rasti sadik med 16.4. in 15.5.2013



Slika 2: Temperatura (°C) in relativna vlaga (%) med 16.4. in 15.5.2013 pod PP prekrivko v steklenjaku v času rasti sadik

Slika 2 prikazuje meritve T in relativne vlage pod polipropilenom. Do črte je označeno obdobje meritev, ko so sadike še rastle v steklenjaku pod PP. Za črto so označene meritve v steklenjaku pod senčili, ko je bilo večina sadik že presajenih na gredice. Nato smo glavnino sadik presadili na gredici. V obdobju meritev, ko so sadike še rastle v platojih so se dnevne T le redko dvignile nad 30 °C. Dnevne T so se šele okrog 10.5. povzpele do 45 °C. Nočne T so se le v treh primerih spustile pod 10 °C. V povprečju so se T gibale med 15 in 25 °C. V času rasti sadik v platojih je bila relativna zračna vlaga nad 90 %. Kasneje se je zaradi višjih T vlaga spustila na 60 %. Ob toplejših dnevih pa celo na 30 %.

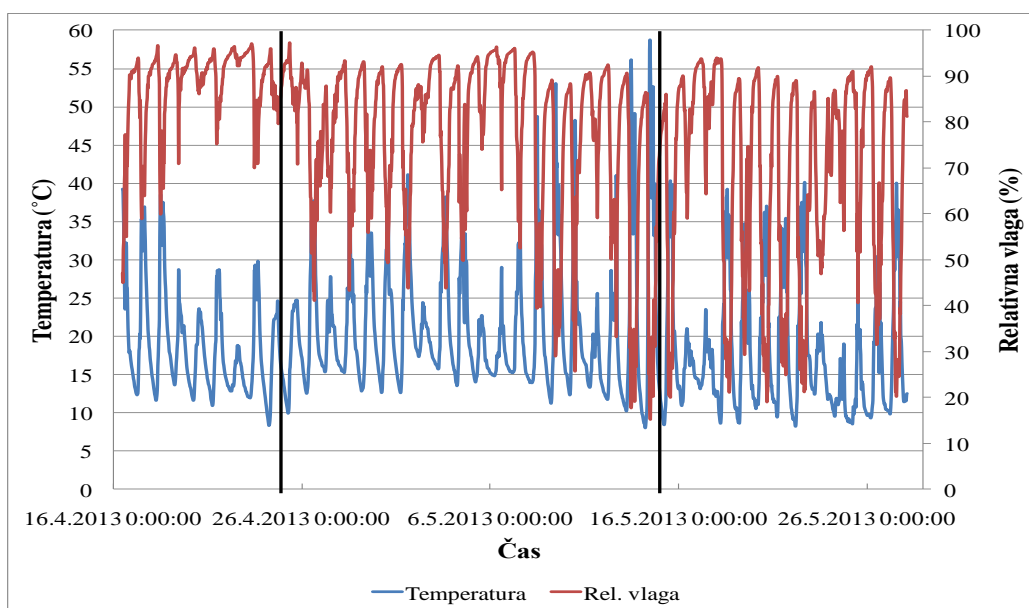
Slika 3 prikazuje temperaturo (°C) in relativno zračno vlago (%) pod PP+PE prekrivko v času rasti sadik.



Slika 3: Temperatura (°C) in relativna vlaga (%) med 16.4. in 15.5.2013 pod PP+PE prekrivko v steklenjaku v času rasti sadik

Na sliki 3 je do prve črte označena rast sadik pod dvojnimi senčilom (PP+PE). Kasnejše meritve so bile izmerjene, ko smo večina sadik že presadili na gredici. Merilec T je pod dvojno prekrivko izmeril podobne ali celo malo nižje T vrednosti kot pod PP. T so se v povprečju gibale med 15 in 25 °C. Ko smo glavnik sadik presadili na gredico so se T pod dvojnimi senčili zvišale in se povzpele nad 30 °C, medtem je bila relativna vlaga 70 % ali celo 60 %. Vidimo lahko, da je bila relativna vlažnost pod dvojno prekrivko (PP+PE) večja, T pa nekoliko manjša v primerjavi z meritvami pod PP.

Iz slike 4 je razvidno, da je bilo pri K veliko več T nihanj, kot tudi nihanj relativne vlage kot pod PP in PP+PE.



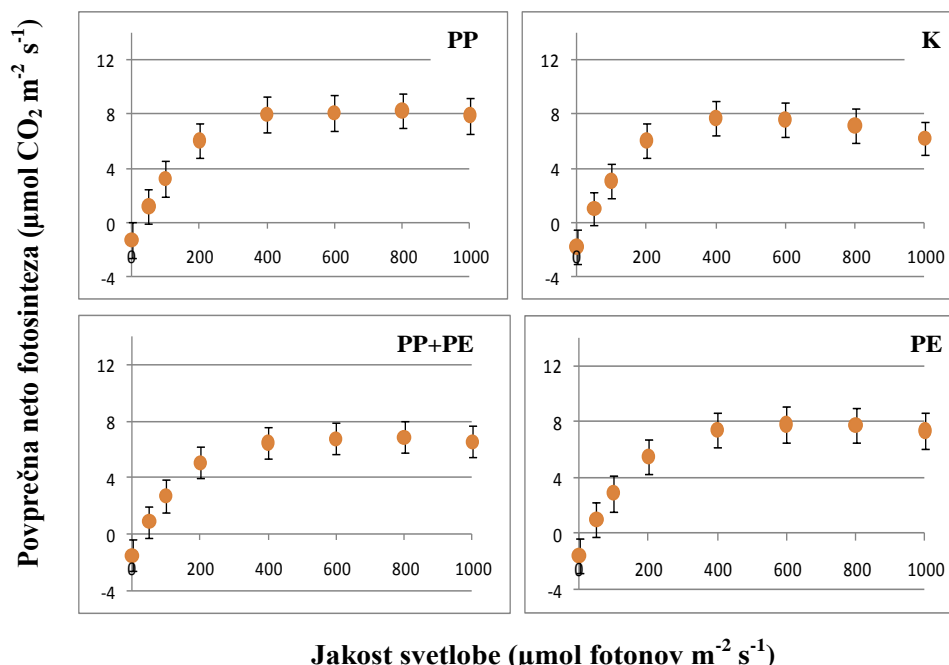
Slika 4: Temperatura (°C) in relativna vlaga (%) med 16.4. in 28.5.2013 pri kontroli (K) v steklenjaku in na gredi. Do prve črte so označene meritve pri kontroli med sadikami. Med črtama so označene meritve v steklenjaku, ko je bila večina sadik že presajenih. Za drugo črto pa meritve na gredici v rastlinjaku.

V prvih dneh meritev v času rasti sadik so se dnevne T dvignile do 40 °C, nato sledi padec T. Dnevne T so se gibale med 25 in 30 °C. Izmerjene nočne T v času rasti sadik so bile nekoliko manjše v primerjavi z meritvami PP in PP+PE. Ob visokih začetnih T se je vlaga gibala med 45 in 60 %. Med nadaljnjimi meritvami v steklenjaku je prišlo še do večjih nihanj. Ko so se T povzpele preko 50 °C, je relativna zračna vlaga padla na 20 %. Iz slike 4 je v obdobju rasti solate na gredici razvidno toplejša in hladnejša obdobja. V hladnejšem obdobju se T niso povzpele preko 25 °C in vlaga se je gibala med 50 in 60 %. V toplejšem obdobju so se T dvignile do 40 °C in vlaga se je spustila tudi do 20 %.



#### 4.3 FIZIOLOŠKE MERITVE NA SADIKAH

##### 4.3.1 Neto fotosinteza pri sadikah krhkolistne vrtno solate ob povečevanju jakosti svetlobe

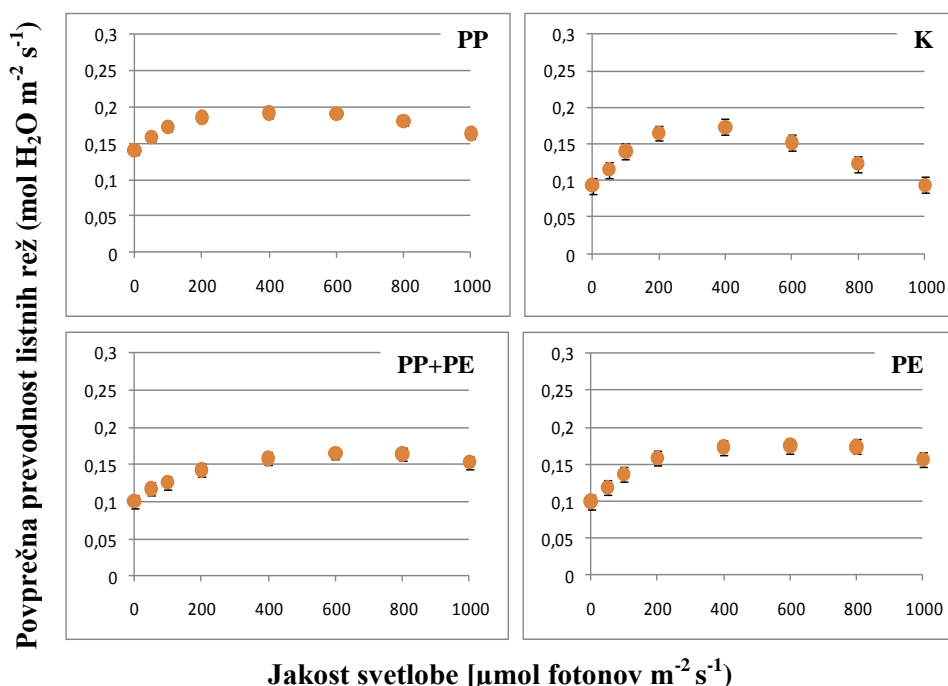


Slika 5: Povprečna neto fotosinteza ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) v odvisnosti od jakosti svetlobe ( $\mu\text{mol fotonov m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) pri sadikah krhkolistne vrtno solate gojenih pod različnimi senčili

Na sliki 5 je bila maksimalna povprečna neto fotosinteza najmanjša pri sadikah krhkolistne vrtno solate pod PP+PE ( $6,89 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Med ostalimi senčili in K ni bilo večjih razlik. Edino pri K je pri večjih jakostih svetlobe opazen padec neto fotosinteze. Maksimalna neto fotosinteza je dosežena med 400 in 800  $\mu\text{mol fotonov m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Pri K in PE je maksimalna fotosinteza dosežena prej kot pri PP+PE in PP (priloga A1).

##### 4.3.2 Prevodnost listnih rež pri sadikah krhkolistne vrtno solate ob povečevanju jakosti svetlobe

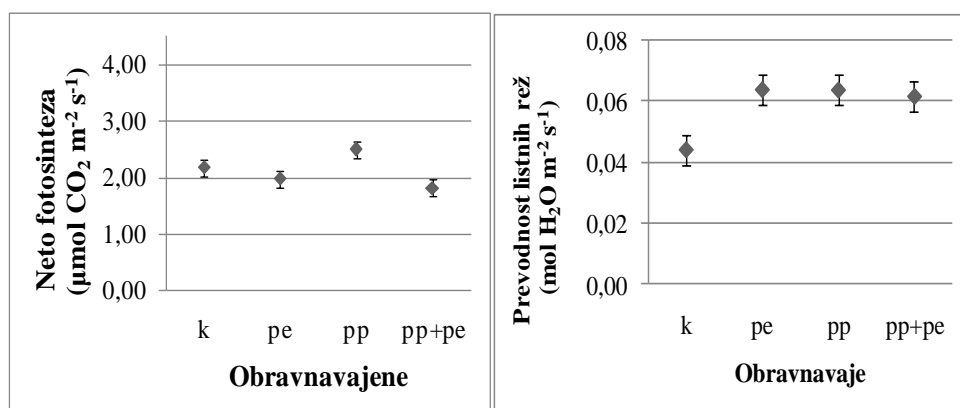
Slika 6 ponazarja povprečno prevodnost listnih rež ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) v odvisnosti od jakosti svetlobe ( $\mu\text{mol fotonov m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) pri sadikah KS pod različnimi prekrivkami.



Slika 6: Povprečna prevodnost listnih rež ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) v odvisnosti od jakosti svetlobe ( $\mu\text{mol fotonov m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) pri sadikah krhkolistne vrtna solate gojenih pod različnimi senčili

S povečevanjem jakosti svetlobe je najbolj narastla prevodnost listnih rež pod PP ( $0,19 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) in PE ( $0,18 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Pod PP+PE so maksimalne vrednosti bile nekoliko manjše. Edino pri K je vidno izrazito nihanje, saj je bila maksimalna prevodnost rež dosežena pri  $400 \mu\text{mol fotonov m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , nato je sledil izrazit padec (slika 6, priloga A2).

#### 4.3.3 Fiziološke meritve v odvisnosti od senčila pri sadikah mehkolistne vrtna solate

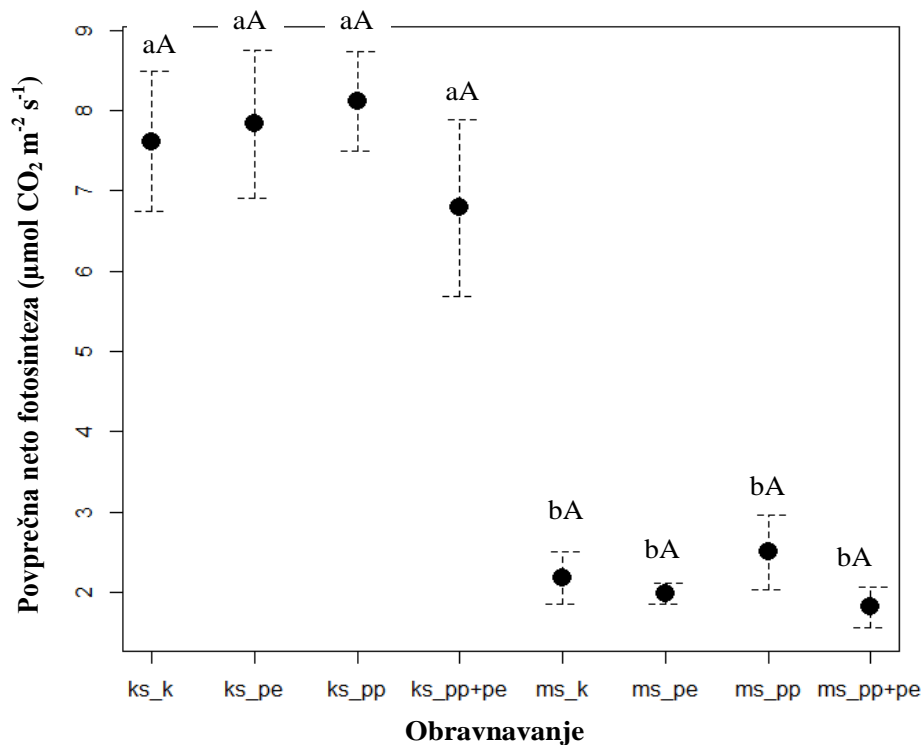


Slika 7: Povprečna neto fotosinteza ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), prevodnost listnih rež ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) v odvisnosti od senčila pri  $600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  pri sadikah mehkolistne vrtna solate

Najmanjša povprečna neto fotosinteza pri sadikah MS je bila izmerjena pri PP+PE, največja pa pri PP (slika 7). Pri K je bila neto fotosinteza nekoliko večja kot pod PE. Povprečna prevodnost listnih rež je bila izrazito najmanjša pri K. Med ostalimi senčili ni bilo vidnejših razlik (priloga B1).

#### 4.3.4 Neto fotosinteza pri sadikah obeh sort

Slika 8 prikazuje, da med povprečni neto fotosinteze sadik obstajajo stat. značilne razlike med sortama.

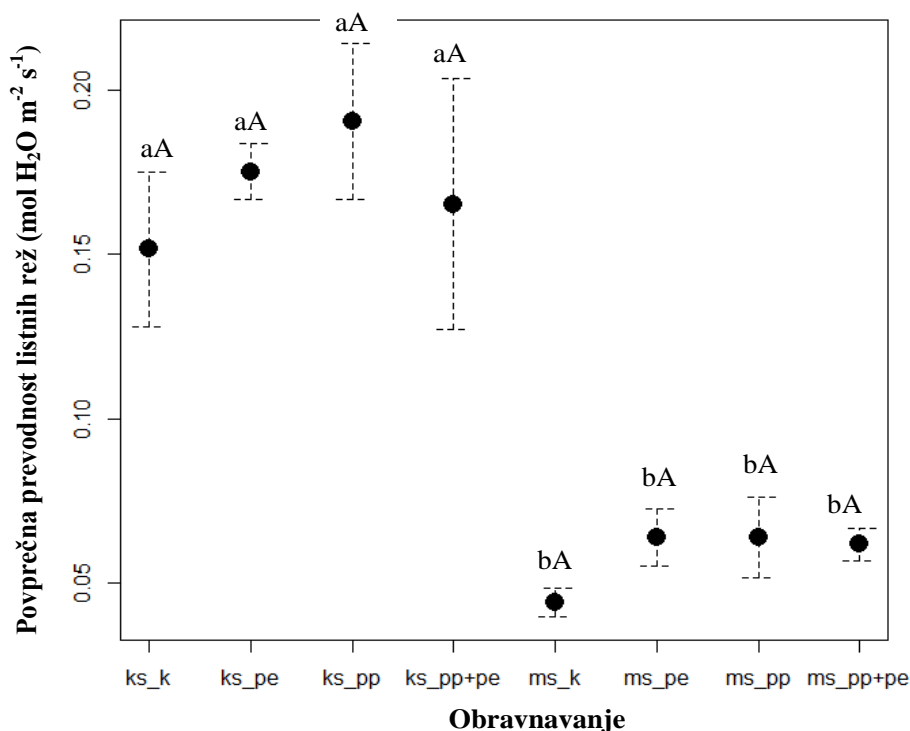


Slika 8: Povprečna neto fotosinteza sadik ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) po obravnavanjih, pri  $600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Male črke (a, b) ponazarjajo statistično značilne razlike med sortama, velike črke (A,B) pa razlike med senčili ( $\alpha=0,05$ ).

Iz slike 8 in priloge B2 je razvidno, da je povp. neto fotosinteza značilno večja pri KS ( $7,58 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) kot pri MS ( $2,12 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Interakcija med senčilom in sorto ni bila stat. značilna. Senčila na neto fotosintezo niso imela vpliva.

#### 4.3.5 Prevodnost listnih rež pri sadikah obeh sort

Slika 9 prikazuje povprečno prevodnost listnih rež sadik ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) po obravnavanjih pri  $600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .



Slika 9: Povprečna prevodnost listnih rež sadik (mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) po obravnavanjih pri 600 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Male črke (a,b) ponazarjajo stat. značilne razlike med sortama, velike črke (A,B) pa razlike med senčili (α=0,05).

V prevodnosti listnih rež obstajajo statistično značilne razlike med sortama. Iz slike 9 je jasno razvidno, da je povprečna prevodnost listnih rež pri sadikah KS (0,17 mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) značilno večja kot pri MS (0,06 mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>). Na prevodnost rež senčila niso imela nobenega vpliva. Statistična analiza ni pokazala interakcije med senčilom in sorto (priloga B2).

#### 4.4 MORFOLOŠKE MERITVE NA SADIKAH SOLATE

##### 4.4.1 Dolžina hipokotila pri sadiki

Preglednica 3: Povprečna dolžina hipokotila sadike in njena standardna napaka (mm) obeh sort vrtna solate pod senčili. Različne male tiskane črke (a,b) označujejo statistično značilne razlike med sortama pri posameznem senčilu, veliko tiskane črke (A,B,C,D) pa ponazarjajo razlike med senčil pri posamezni sorti (α=0,05).

Povprečna dolžina hipokotila pri sadiki (mm)				
Sorta				
Senčilo	KS		MS	
K	3,20 ± 0,23	a D	4,20 ± 0,20	a D
PE	4,67 ± 0,07	b C	10,33 ± 0,13	a C
PP	6,53 ± 0,73	b B	11,67 ± 0,13	a B
PP+PE	9,87 ± 0,13	b A	14,20 ± 0,58	a A

Statistična analiza je pokazala, da na dolžino hipokotila pri sadikah vrtna solate vpliva tako sorta kot senčilo. Interakcija med senčilom in sorto je statistično značilna (preglednica 3). Pri primerjavi med sortama so se pri MS pod PE (10,33 mm), PP (11,67 mm) in PP+PE (14,20 mm) pokazale razlike, saj smo izmerili stat. daljši hipokotil kot pri KS. Pri K ni bilo razlik. Pri primerjavi med senčili so se pri obeh sortah pokazale enake stat. značilne razlike. V povprečju sta imeli obe sorti najdaljši hipokotil pri PP+PE in najkrajši pri K. Med vsemi senčili obstajajo razlike. Pod PP so imele sadike značilno daljši hipokotil kot pod PE.

#### 4.4.2 Sveža masa očiščenih korenin sadike

Preglednica 4: Povprečna masa očiščenih korenin sadike in njena standardna napaka (g) obeh sort vrtna solate pod senčili. Različne male tiskane črke (a,b) označujejo statistično značilne razlike med sortama pri posameznem senčilu, velike tiskane črke (A,B) pa ponazarjajo razlike med senčil pri posamezni sorti ( $\alpha=0,05$ ).

Povprečna masa korenin sadike (g)				
Sorta				
Senčilo	KS		MS	
K	0,23 ± 0,02	b A	0,30 ± 0,04	a A
PE	0,21 ± 0,01	b A	0,33 ± 0,02	a A
PP	0,11 ± 0,01	a B	0,13 ± 0,02	a B
PP+PE	0,09 ± 0,01	a B	0,13 ± 0,01	a B

Pri obdelavi podatkov smo ugotovili vpliv senčila in tudi sorte na maso očiščenih korenin sadik. Interakcija med senčilom in sorto je stat. značilna. Pri statističnem primerjanju sort so imele sadike MS pod PE (0,33 g) in pri kontroli (0,30 g) v povprečju statistično večjo maso kot pri KS. Pri PP in PP+PE senčilu ni bilo statističnih razlik med sortama. Pri primerjanju med senčili se je pri obeh sortah izkazalo, da ni statističnih razlik med kontrolo in PE senčilom. Prav tako ni razlik pri masi korenin sadike med PP in PP+PE senčilom pri posamezni sorti. Sadike obeh sort pod PE in pri K imajo značilno večjo maso korenin kot sadike pod PP in PP+PE (preglednica 4).

#### 4.4.3 Sveža masa nadzemnega dela sadike

Preglednica 5: Povprečna masa nadzemnega dela sadike in njena standardna napaka (g) obeh sort pod senčili. Različne malo tiskane črke (a,b) označujejo statistično značilne razlike med sortama pri posameznem senčilu, veliko tiskane črke (A,B,C) pa ponazarjajo značilne razlike senčil pri posamezni sorti ( $\alpha=0,05$ ).

Povprečna masa nadzemnega dela sadike (g)				
Sorta				
Senčilo	KS		MS	
K	1,30 ± 0,07	b B	1,79 ± 0,10	a A
PE	1,54 ± 0,08	b A	1,77 ± 0,07	a A
PP	1,57 ± 0,04	a A	1,37 ± 0,03	b B
PP+PE	1,23 ± 0,04	b C	1,44 ± 0,01	a B

Pri masi nadzemnega dela sadik smo ugotovili stat. značilen vpliv sorte in senčila. Statistično značilna je tudi interakcija med senčilom in sorto (preglednica 5). Pri primerjavi med sortama so vidne stat. značilne razlike pri vseh senčilih. Sadike MS so v povprečju imele večjo maso nadzemnega dela, nasprotno je le pri PP senčilu. Pri statistični primerjavi med senčili so sadike KS, ki so rastle pod PP (1,57 g) in PE (1,54 g), imele značilno največjo povprečno maso nadzemnega dela. Sadike pod PP+PE (1,23 g) so imele značilno najmanjšo maso. Pri MS ni statistično značilnih razlik med masami nadzemnega dela pri K (1,79 g) in pri PE (1,77 g) senčilu. Statistično značilnih razlik ni tudi med PP (1,37 g) in PP+PE (1,44 g), pri katerima je statistično gledano manjša masa.

#### 4.4.4 Sveža masa cele sadike

Preglednica 6: Povprečna masa cele sadike in njena standardna napaka (g) obeh sort pod senčili. Različne male tiskane črke (a,b) označujejo statistično značilne razlike med sortama pri posameznem senčilu, velike tiskane črke (A,B,C) ponazarjajo značilne razlike senčil pri posamezni sorti ( $\alpha=0,05$ ).

Povprečna masa cele sadike (g)				
Sorta				
Senčilo	KS		MS	
K	1,54 ± 0,06	b B	2,09 ± 0,13	a A
PE	1,75 ± 0,07	b A	2,10 ± 0,08	a A
PP	1,68 ± 0,04	a AB	1,51 ± 0,05	a B
PP+PE	1,22 ± 0,03	b C	1,58 ± 0,01	a B

Obdelava podatkov mase cele sadike je pokazala stat. značilno interakcijo med senčilom in sorto. Statistično značilen vpliv na maso cele sadike ima sorta kot tudi senčilo (preglednica 6). Pri primerjavi med sortama so se pod K, PE, in PP+PE pokazale stat. razlike, saj je bila povprečju masa cele sadike MS pri vseh treh večja kot pri KS. Pri PP ni bilo razlik med masami sort. Ob primerjanju senčil je bilo pri KS statistično gledano največja masa cele sadike pri senčenju s PE (1,75 g), ki se značilno ne razlikuje od PP (1,68 g) senčila. Značilno najmanjša povprečna masa cele sadike je bila izmerjena pri PP+PE (1,22 g). Pri MS ni bilo razlik med PE (2,10 g) in K (2,09 g), pri katerih so bile sadike najtežje, značilno najlažje pa so bile pri PP+PE (1,58 g) in PP (1,51 g), kjer ni bilo razlik med senčiloma.

#### 4.4.5 Število razvitih pravih listov na sadiki

Preglednica 7: Povprečno število razvitih pravih listov sadike in njena standardna napaka pri obeh sortah pod senčili. Različne male tiskane črke (a,b) označujejo statistično značilne razlike med sortama pri posameznem senčilu, veliko tiskane črke (A,B,C) ponazarjajo razlike senčil pri posamezni sorti ( $\alpha=0,05$ ).

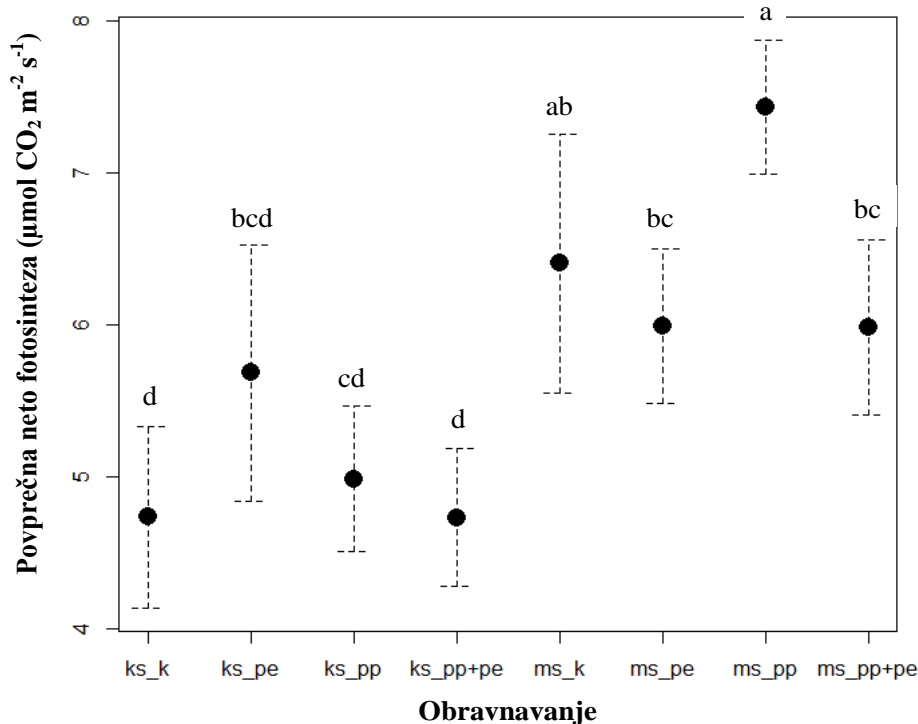
Povprečno število razvitih pravih listov sadike				
Sorta				
Senčilo	KS		MS	
K	3,5 ± 0,13	b BC	4,6 ± 0,20	a A
PE	4,0 ± 0,23	a A	4,1 ± 0,07	a B
PP	3,9 ± 0,18	a AB	3,9 ± 0,13	a B
PP+PE	3,4 ± 0,16	b C	4,0 ± 0,20	a B

Na povprečno število razvitih pravih listov sadike stat. značilno vpliva sorta. Interakcija med senčilom in sorto je stat. značilna (preglednica 7). Pri primerjavi sort pod PE in PP ni značilnih razlik v številu razvitih listov. Pri MS pod K (4,6) in PP+PE (4,0) senčilu je v povprečju značilno razvitih več listov. Pri primerjavi senčil se je pri MS pokazalo, da je bilo pri K (4,6) razvitih značilno več listov kot pod PP, PE, PP+PE. Med njimi v povprečju ni bilo značilnih razlik. Pri sadikah KS je bilo razvitih značilno večje število listov pod PE (4,0), in se ne razlikujejo od sadik pod PP (3,9) senčilom. Pri K (3,5) in PP+PE (3,4) je bilo v povprečju razvitih manj listov, vendar značilnih razlik med njima ni bilo. Pri KS ni razlik tudi med K in PP.

#### 4.5 FIZIOLOŠKE MERITVE V ČASU RASTI VRTNE SOLATE NA GREDICI

##### 4.5.1 Neto fotosinteza vrtna solate v času rasti na gredici

Slika 10 ponazarja povprečno neto fotosintezo pri vrtni solati ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) po obravnavanjih pri  $200 \mu\text{mol fotonov m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

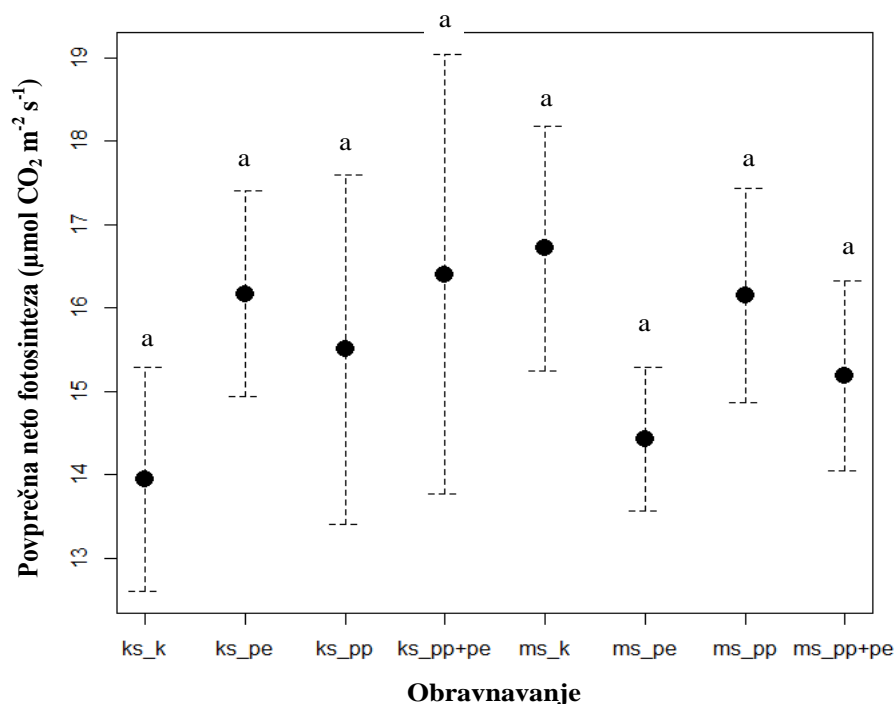


Slika 10: Povprečna neto fotosinteza pri glavi vrtna solate ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) po obravnavanjih pri  $200 \mu\text{mol fotonov m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Različne črke ponazarjajo statistično značilne razlike med obravnavanji ( $\alpha=0,05$ ).

Analiza je pokazala, da povprečja neto fotosinteze med obravnavanji niso enaka (slika 10). Največje značilne razlike med neto fotosintezo so v povprečju med MS\_PP in KS\_PP+PE (priloga B3). Slednja se stat. ne razlikuje od KS\_K ( $4,73 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), KS\_PP ( $4,98 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) in KS\_PE ( $5,68 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Najmanjša fotosinteza je bila izmerjena pri KS, katere sadike so bile senčene s PP+PE ( $4,73 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Največja neto fotosinteza je bila pri MS\_PP ( $7,43 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Stat. značilnih razlik ni bilo

med: MS\_K ( $6,40 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), MS\_PE ( $5,99 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), MS\_PP+PE ( $5,98 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), KS\_PE ( $5,68 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) in KS\_PP ( $4,98 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).

Iz slike 11, ki prikazuje povprečno neto fotosintezo pri vrtni solati ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) po obravnavanjih pri  $1500 \mu\text{mol fotonov m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  je razvidno, da je povprečna neto fotosinteza po obravnavanjih enaka. Torej na neto fotosintezo pri  $1500 \mu\text{mol fotonov m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  sorta in senčilo nimata vpliva (priloga B4).

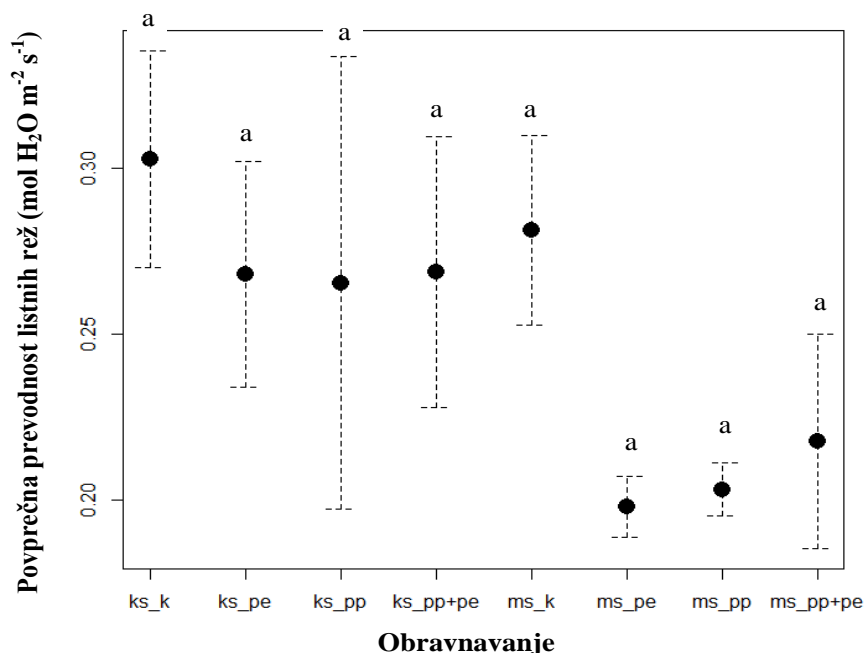


Slika 11: Povprečna neto fotosinteza pri glavi vrtna solate ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) po obravnavanjih pri  $1500 \mu\text{mol fotonov m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Različne črke ponazarjajo statično značilne razlike med obravnavanji ( $\alpha=0,05$ ).

#### 4.5.2 Prevodnost listnih rež vrtna solate v času rasti na gredici

Slika 12 prikazuje povprečno prevodnost listnih rež pri vrtni solati ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) po obravnavanjih pri  $200 \mu\text{mol fotonov m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

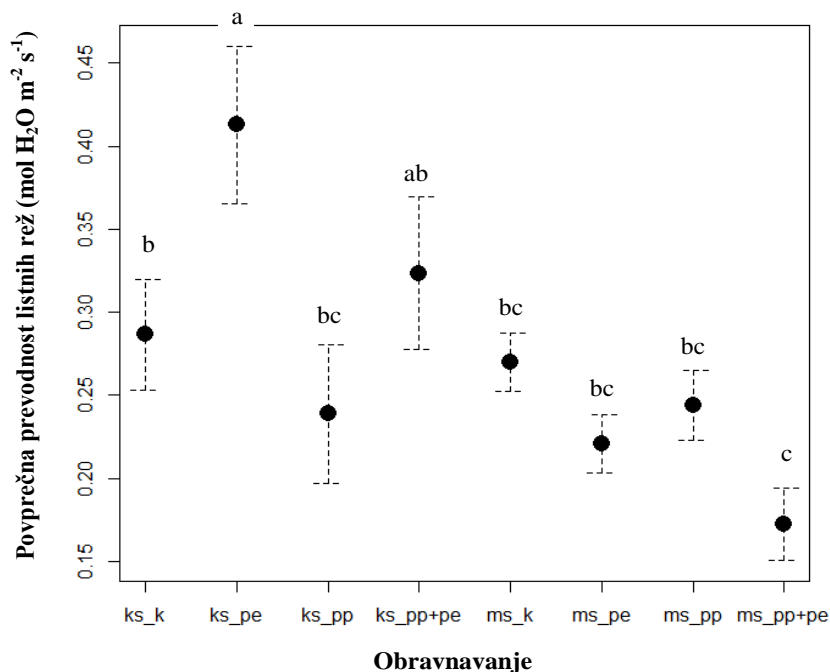




Slika 12: Povprečna prevodnost listnih rež pri glavi vrtna solate (mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) po obravnavanjih pri 200 μmol fotonov m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Različne črke ponazarjajo statistično značilne razlike med obravnavanji (α=0,05).

Statistična obdelava podatkov je pokazala, da razlike v povprečni prevodnosti listnih rež med obravnavanji niso statistično značilne. Sorta in senčilo pri jakosti svetlobe 200 μmol fotonov m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> na prevodnost rež nimata vpliva (slika 12, priloga B3).

Slika 13 ponazarja povprečno prevodnost listnih rež pri vrtni solati (mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) po obravnavanjih pri 1500 μmol fotonov m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>.

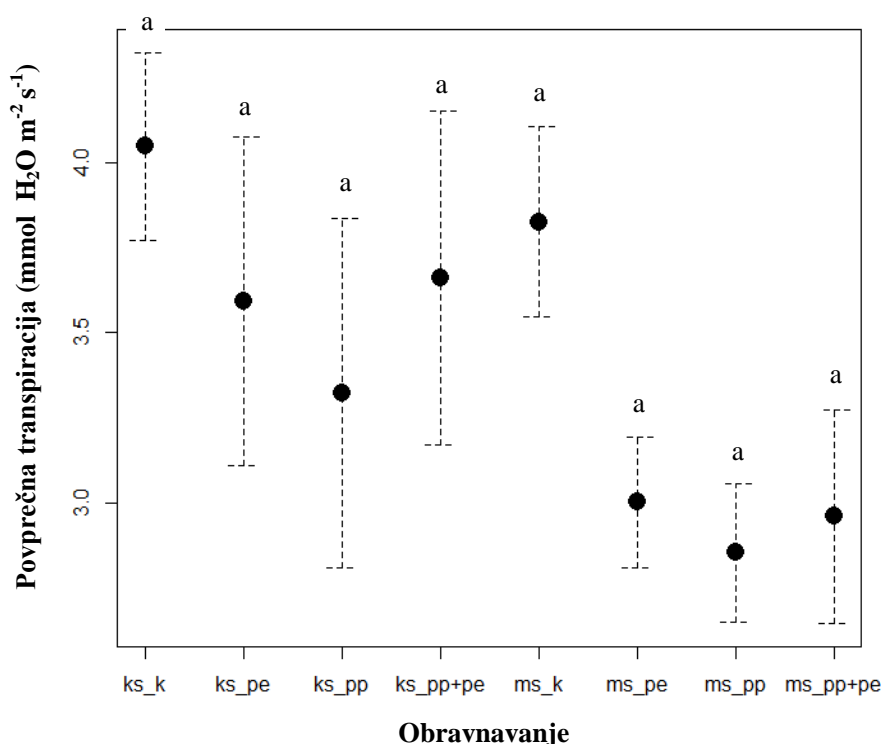


Slika 13: Povprečna prevodnost listnih rež pri glavi vrtna solate (mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) po obravnavanjih pri 1500 μmol fotonov m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Različne črke ponazarjajo statistično značilne razlike med obravnavanji (α=0,05).

Slika 13 torej prikazuje, da se pri jakosti svetlobe  $1500 \mu\text{mol fotonov m}^{-2} \text{s}^{-1}$  povprečna prevodnost rež statistično razlikuje med obravnavanji. Največje razlike med prevodnostjo listnih rež so med KS\_PE in MS\_PP+PE. Najmanjša prevodnost rež je bila izmerjena pri MS, katere sadike so pod PP+PE ( $0,17 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Največja prevodnost pa je bila izmerjena pri KS\_PE ( $0,41 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Med KS\_PP+PE ( $0,32 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), KS\_K ( $0,29 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), MS\_K ( $0,27 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), MS\_PP ( $0,24 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), KS\_PP ( $0,24 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) in MS\_PE ( $0,22 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ni statistično značilnih razlik (priloga B4).

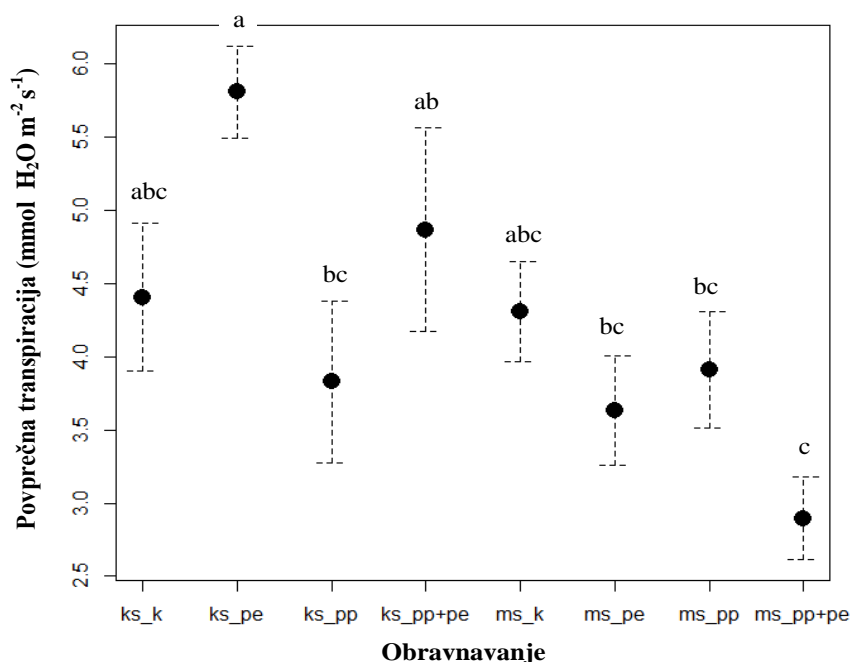
#### 4.5.3 Transpiracija vrtna solate v času rasti na gredici

Na sliki 14 je prikazana povprečna transpiracija pri vrtni solati ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) po obravnavanjih pri  $200 \mu\text{mol fotonov m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .



Slika 14: Povprečna transpiracija pri glavi vrtna solate ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) po obravnavanjih pri  $200 \mu\text{mol fotonov m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Različne črke ponazarjajo statistično značilne razlike med obravnavanji ( $\alpha=0,05$ ).

Statistična analiza povprečne transpiracije pri vrtni solati ni pokazala statistično značilnih razlik med obravnavanji pri jakosti svetlobe  $200 \mu\text{mol fotonov m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , kar je označeno tudi z enakimi črkami na sliki 14 in v prilogi B3.



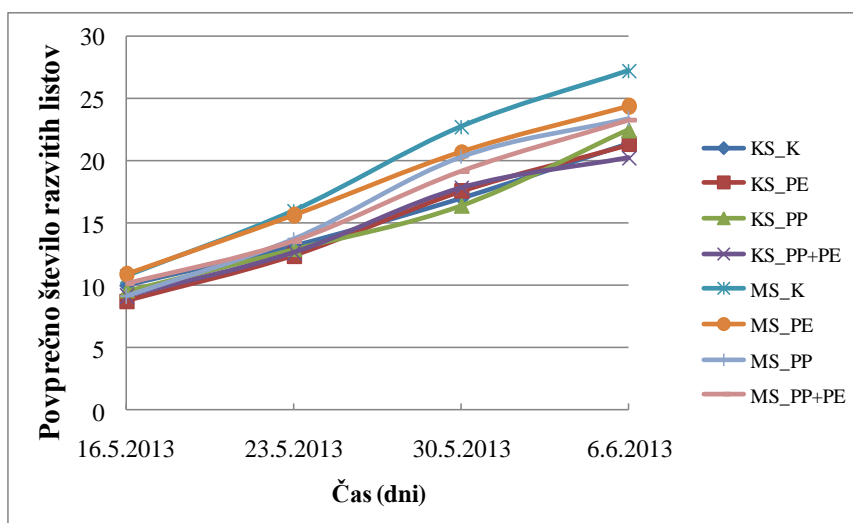
Slika 15: Povprečna transpiracija pri glavi vrtna solate (mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) po obravnavanjih pri 1500 μmol fotonov m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Različne črke ponazarjajo statistično značilne razlike med obravnavanji (α=0,05).

Pri povprečni transpiraciji solate so se pokazale stat. značilne razlike med obravnavanji pri jakosti svetlobe 1500 μmol fotonov m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (slika 15). Značilno največje razlike so bile med KS\_PE in MS\_PP+PE. Solate slednjega obravnavanja (2,90 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) so imele značilno najmanjšo povp. transpiracijo, KS\_PE (5,81 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) obravnavanje pa največjo. Med KS\_PP+PE (4,87 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), KS\_K (4,41 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), MS\_K (4,31 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), MS\_PP (3,91 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), KS\_PP (3,83 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) in MS\_PE (3,63 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) ni razlik (priloga B4).

#### 4.6 MORFOLOŠKE MERITVE V ČASU RASTI VRTNE SOLATE NA GREDICI

##### 4.6.1 Število razvitih pravih listov

Slika 16 prikazuje povprečno število razvitih pravih listov pri glavi vrtna solate po presajanju na gredici.

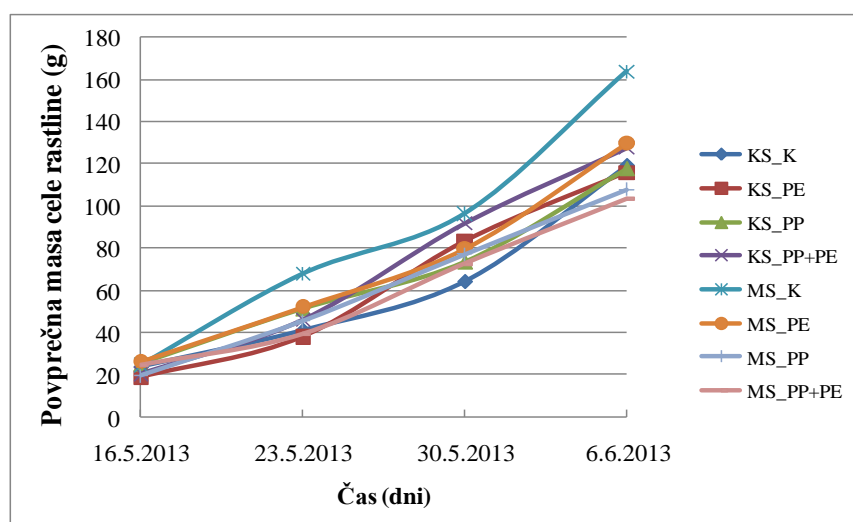


Slika 16: Povprečno število razvitih pravih listov pri glavi vrtna solate v odvisnosti od časa (dni) po presajanju sadik na gredici v rastlinjaku

Kot pokaže slika 16 je bilo v času rasti v povprečju večje število razvitih pravih listov pri MS kot pri KS. Največje končno število listov se je razvilo pri MS\_K (27,25). Nekoliko manj listov smo prešteli pri MS\_PE obravnavanju (24,42), še manj pri MS\_PP (23,42). Najmanjše končno število listov je bilo pri MS\_PP+PE (23,25). Med obravnavanji s KS ni stat. značilnih razlik (priloga C1).

#### 4.6.2 Masa celih rastlin

Slika 17 prikazuje povprečno maso cele glave vrtna solate (g) po presajanju na gredici.



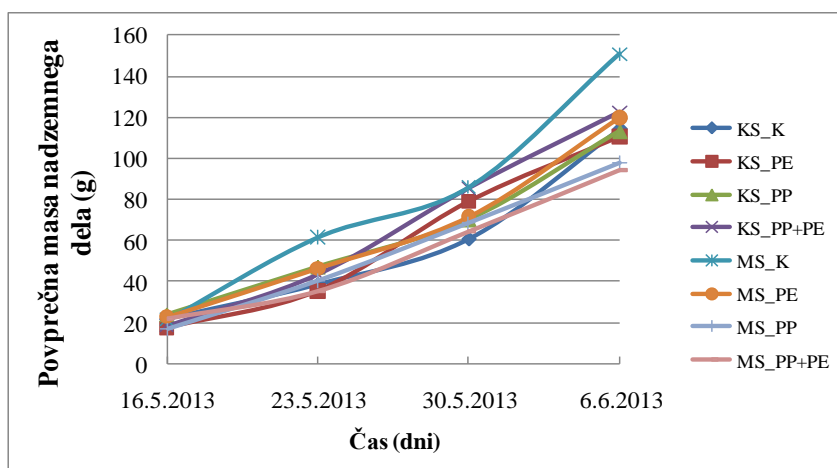
Slika 17: Povprečna masa cele glave vrtna solate (g) (nadzemni in očiščen podzemni del) v odvisnosti od časa (dni) po presajanju sadik na gredici v rastlinjaku

Iz slike 17 je razvidno, da se je bila v povprečju največja končna masa cele rastline ob tehnološki zrelosti izmerjena pri MS\_K (163,77 g). Med ostalimi obravnavanji ni razlik v

masi cele rastline. Ostala obravnavanja so imela končno povprečno maso cele rastline med 103,27 in 129,82 g (priloga C2).

#### 4.6.3 Masa nadzemnega dela

Slika 18 ponazarja povprečno maso nadzemnega dela (glave) vrtna solate (g) po presajanju sadik.

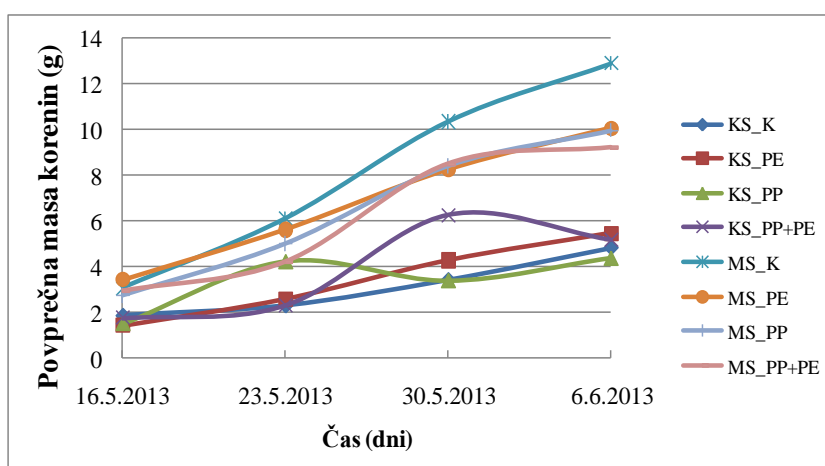


Slika 18: Povprečna masa nadzemnega dela (glave) vrtna solate (g) v odvisnosti od časa (dni) po presajanju sadik na gredici v rastlinjaku

Največja končna povprečna masa nadzemnega dela je bila izmerjena MS pri kontroli (150,86 g). Med ostalimi obravnavanji ni stat. značilnih razlik. Mase nadzemnega dela na koncu rasti so bile med 94,04 in 122,48 g (slika 18, priloga C3).

#### 4.6.4 Masa očiščenih korenin

Slika 19 prikazuje povprečno maso očiščenih korenin vrtna solate (g) po presajanju.

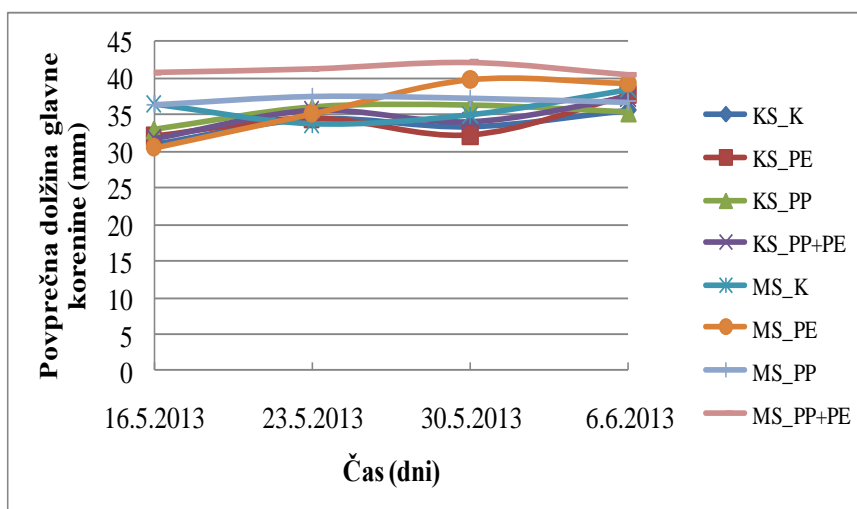


Slika 19: Povprečna masa očiščenih korenin vrtna solate (g) v odvisnosti od časa (dni) po presajanju sadik na gredici v rastlinjaku

Največjo povprečno maso očiščenih korenin smo namerili pri MS\_K obravnavanju (12,91 g) na koncu meritev razvoja. Nekoliko manjšo maso korenin smo izmerili pri MS\_PE (10,05 g), MS\_PP (9,97 g) in MS\_PP+PE (9,23 g). Povprečna masa korenin je bila v času razvoja večja pri MS kot pri obravnavanjih s KS (slika 19, priloga C4).

#### 4.6.5 Dolžina glavne korenine

Slika 20 ponazarja povprečno dolžino glavne korenine vrtna solate (mm) po presajanju sadik na gredici v rastlinjaku.

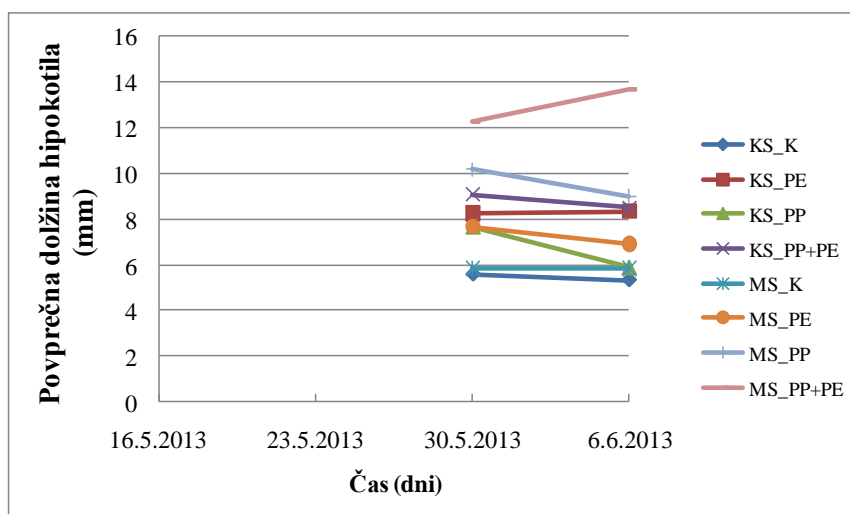


Slika 20: Povprečna dolžina glavne korenine vrtna solate (mm) v odvisnosti od časa (dni) po presajanju sadik na gredici v rastlinjaku

Povprečna dolžina glavne korenine je pri večini obravnavanj tekom 4 tednov večinoma ostajala nespremenjena. Izjema je MS\_PE, kjer se je dolžina glavne korenine povečala. Povprečno najdaljše korenine smo izmerili pri MS\_PP+PE obravnavanju (42,25 mm). Med ostalimi obravnavanji v času rasti ni bilo razlik in končna povprečna dolžina korenin je bila med 35,33 in 40,50 mm (slika 20, priloga C5).

#### 4.6.6 Dolžina hipokotila

Iz slike 21 in priloge C6 je razvidno, da je bila največja povprečna dolžina hipokotila izmerjena pri MS obravnavanju, kjer so bile sadike senčene pod dvojno prekrivko (13,67 mm). Nekoliko krajši končni hipokotil smo namerili pri MS\_PP (9,00 mm) in pri KS\_PP+PE obravnavanju (8,50 mm). Najkrajši končni povprečni hipokotil je bil izmerjen pri MS\_K (5,83 mm) in KS\_K (5,33 mm) obravnavanju.

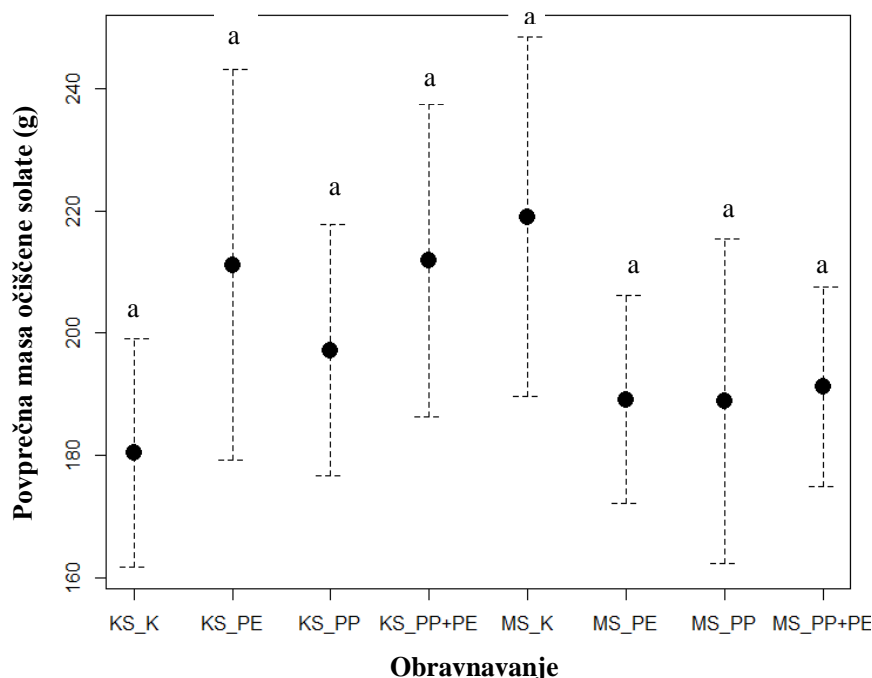


Slika 21: Povprečna dolžina hipokotila glave vrtna solate (mm) v odvisnosti od časa (dni) po presajanju sadik na gredici v rastlinjaku

## 4.7 MERITVE PRIDELKA

### 4.7.1 Masa očiščene vrtna solate

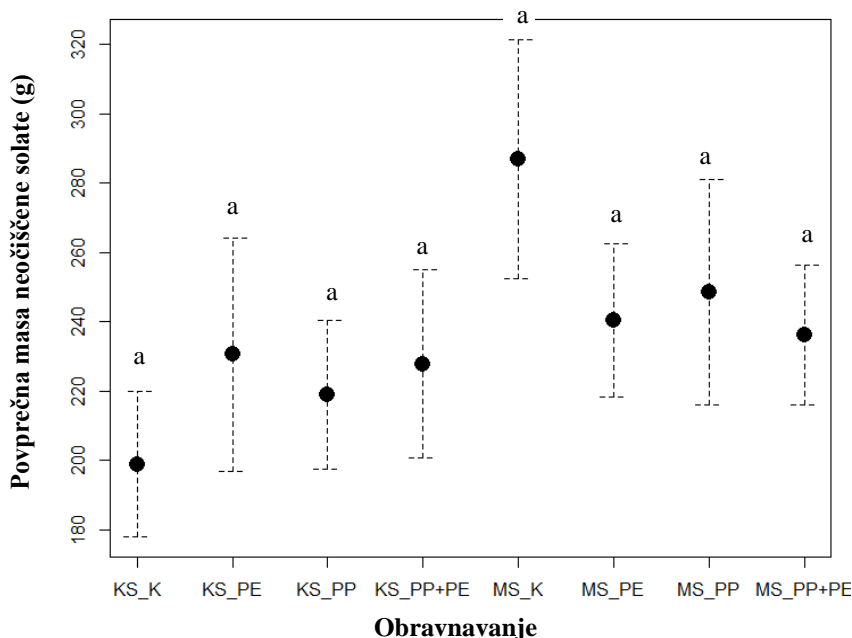
Slika 22 ponazarja povprečno maso očiščene glave vrtna solate (g) po obravnavanjih. Pri povprečni masi očiščene tehnološko zrele vrtna solate med obravnavanji ni bilo statistično značilnih razlik (priloga C7).



Slika 22: Povprečna masa očiščene glave vrtna solate (g) ± standardna napaka po obravnavanjih. Različne črke označujejo statistično značilne razlike med različnimi obravnavanji ( $\alpha=0,05$ ).

#### 4.7.2 Masa neočiščene vrtna solate

Slika 23 prikazuje povprečno maso neočiščene glave vrtna solate (g) po obravnavanjih.



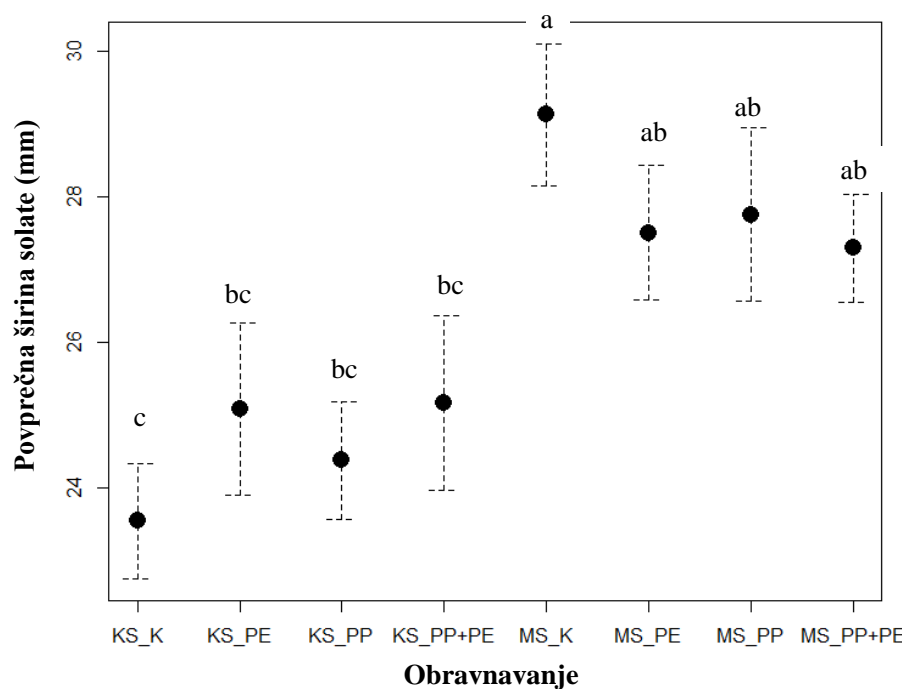
Slika 23: Povprečna masa neočiščene glave vrtna solate (g) ± standardna napaka po obravnavanjih. Različne črke označujejo statistično značilne razlike med različnimi obravnavanji ( $\alpha=0,05$ ).

Povprečne mase neočiščene tehnološko zrele glave vrtna solate se med obravnavanji statistično značilno ne razlikujejo, kar je razvidno iz slike 23 in priloge C7.

#### 4.7.3 Širina glave vrtna solate

Iz slike 24 je razvidno, da se povprečne širine glave vrtna solate med obravnavanji stat. značilno razlikujejo. Največje razlike v povprečni širini glave so bile med MS\_K in KS\_K obravnavanoma. Največja širina glave je bila izmerjena pri MS\_K (29,13 mm) obravnavanju. Svetlobna obravnavanja se pri MS med seboj značilno ne razlikujejo. Stat. značilnih razlik ni tudi med obravnavanji s KS. MS imajo širšo rozeto. Najmanjša povprečna širina je bila izmerjena pri KS\_K (23,54 mm). Med obravnavanji MS\_PP (27,75 mm), MS\_PE (27,50 mm), MS\_PP+PE (27,29 mm), KS\_PP+PE (25,17 mm), KS\_PE (25,08 mm) in KS\_PP (24,38 mm) ni statističnih značilnih razlik (priloga C7).

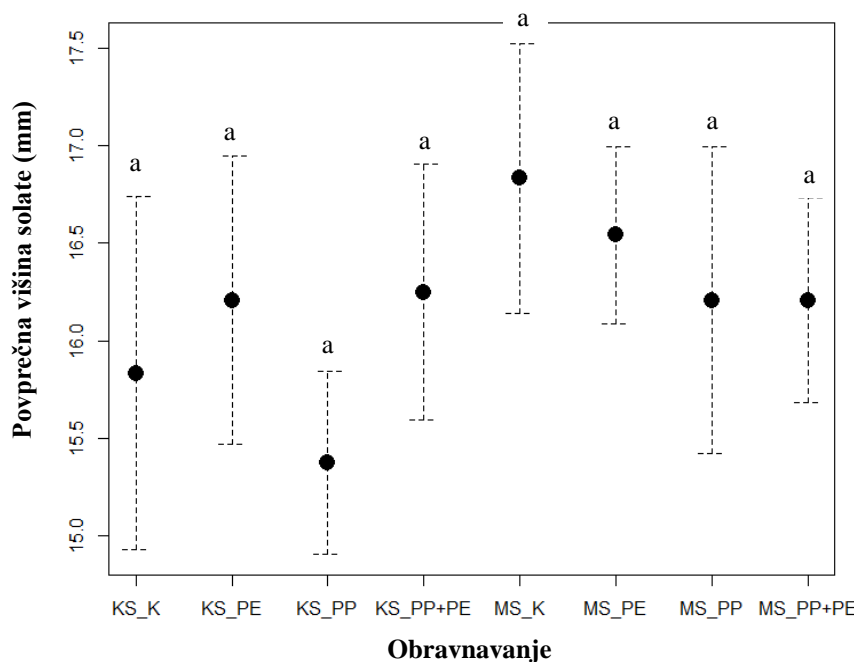




Slika 24: Povprečna širina glave vrtna solate (mm) ± standardna napaka po obravnavanjih. Različne črke označujejo statistično značilne razlike med različnimi obravnavanji ( $\alpha=0,05$ ).

#### 4.7.4 Višina glave vrtna solate

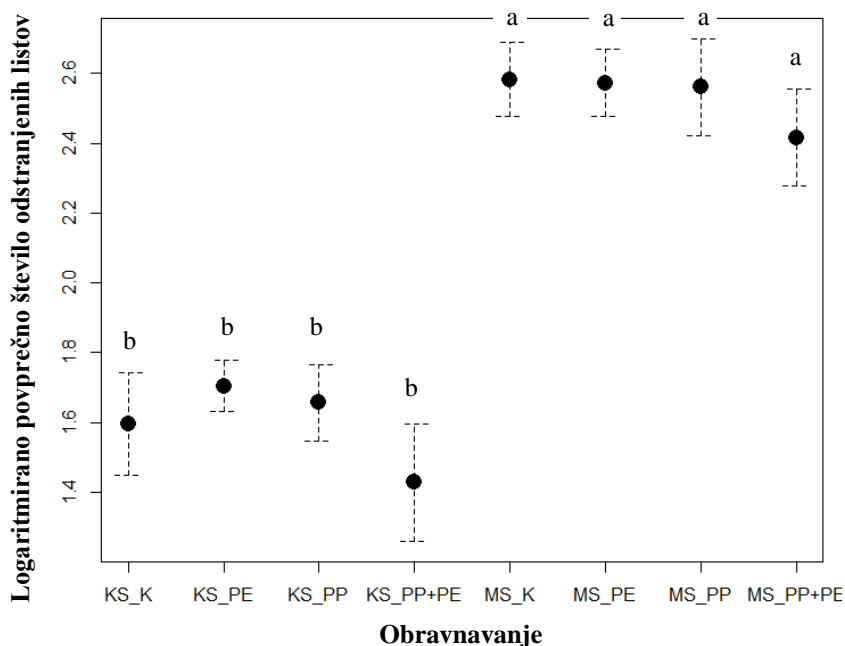
Slika 25 prikazuje, da se povprečna višina glave tehnološko zrele vrtna solate se med obravnavanji statistično značilno ne razlikuje (priloga C7).



Slika 25: Povprečna višina glave vrtna solate (mm) ± standardna napaka po obravnavanjih. Različne črke označujejo statistično značilne razlike med različnimi obravnavanji ( $\alpha=0,05$ ).

#### 4.7.5 Število odstranjenih listov

Slika 26 ponazarja logaritmirano povprečno število odstranjenih listov glave vrtna solate po obravnavanjih. Med obravnavanji so statistično značilne razlike. Največje razlike so med MS\_K (2,58) in KS\_PP+PE (1,43). Ni pa razlik med obravnavanji z MS, in tudi ni razlik med obravnavanji s KS. Pri slednjih smo odstranili manj listov (priloga C7).



Slika 26: Logaritmirano povprečno število odstranjenih listov glave vrtna solate ± standardna napaka po obravnavanjih. Različne črke označujejo statistično značilne razlike med različnimi obravnavanji ( $\alpha=0,05$ ).

## 5 RAZPRAVA IN SKLEPI

### 5.1. RAZPRAVA

V naši raziskavi smo ugotavljali vpliv svetlobnih razmer, ki smo jih ustvarili s senčili (PP, K, PP+PE, PE) v času gojenja sadik, na rast in razvoj sadik vrtné solate (*Lactuca sativa* L.) ter pridelek KS in MS. Izmerili smo fiziološke in morfološke parametre sadik. S senčenjem smo zmanjšali dostopnost svetlobe in posredno kakovost sadik. Sadike smo presadili na gredico in v času rasti ponovno opravili prej omenjene meritve. Poskus smo zaključili z morfološkimi meritvami pridelka.

#### 5.1.1 Sadike vrtné solate

V naši raziskavi smo v oblačnem vremenu v času gojenja sadik pod PP izmerili 62,2 % dostopne svetlobe, pod PE 75,9 % in pod PP+PE le 51,7 % svetlobe v primerjavi s kontrolo oz. steklenjakom. Demšar in sod. (2009) pa navajajo, da naj bi PP prepuščal od 80-94 %, medtem ko naj bi po navedbah Osvald in Kogoj-Osvald (1994) PE prepuščal 92-93 % svetlobe. Močno zmanjšana dostopnost svetlobe je zelo vplivala na kakovost sadik, saj sadike v kontroli niso kazale znakov zmanjšane kakovosti. Podobne rezultate smo dobili tudi pri neprekinjenih meritvah s posameznimi odstopanji, do katerih je verjetno prišlo zaradi premajhne razdalje med posameznimi senčili, saj je prišlo do medsebojnega senčenja. V prihodnje bi bilo dobro, da bi se neprekinjene meritve svetlobne jakosti in temperature merile vsaj 2 tedna ali dlje, da bi dobili verodostojne podatke o svetlobnih in temperaturnih razmerah pod posameznim senčilo. V času gojenja sadik smo pri neprekinjenih meritvah T in relativne zračne vlage ugotovili, da je bila dnevna T večja pri K kot pod senčili, nočne T pa so bile nekoliko nižje. Relativna vlaga pod senčili je bila pričakovano večja. Relativna vlaga pod PP+PE je bila večja kot pod PP. Dnevne T so bile pod PP večje, nočne pa manjše v primerjavi s PP+PE senčilom. Večja temperatura in tudi vlaga je verjetno le še bolj pripomogla k etiolaciji sadik. Ključek za merjenje po PE senčilom ni deloval, zato bi bilo potrebno ob morebitni ponovitvi poskusa, zaradi boljše zagotovitve podatkov, namestiti hkrati dva merilca. Gaudrean in sod. (1994) navajajo, da manjše jakosti svetlobe in višje T povzročijo zakasnitev tvorjenja glav vrtné solate. Zahao in Carey (2009) pa navajata, da se pri zasenčenih tunelih zniža dnevni T maks. in dostopne je manj PAR svetlobe, s tem pa se lahko prepreči prezgodnje uhajanje v cvet.

Pomanjkanje svetlobe na kalitev vrtné solate ni imelo vpliva, a sadike primerne za sajenje so bile iz pod PP+PE močno izdolžene, slabše kakovosti, svetlo zelene barve, listi so bili krhki in delo z njimi je bilo oteženo, medtem ko pri K tovrstnih lastnosti ni bilo. Takšne sadike bi dosegle nižjo tržno ceno, kar bi bilo za nekega pridelovalca sadik finančno nezaželjeno. Vodnik (2012) tudi navaja, da se ob pomanjkanju svetlobe rastlinam hipokotil podaljša in je neizravnana, da so svetlo zelene barve in da se jim listna površina zmanjša. Slednje dejstvo potrjujeta tudi Taiz in Zaiger (2006), ki dodajata, da se rastline z izogibanjem sence izdolžujejo, trošijo energijo, so manj razrasle in dajo manjši pridelek. Da listi postanejo tanjši in mehkejši zaradi senčenja s pomočjo merjenja in izračunom SLA (velik SLA) pa potrjuje raziskava Marrou in sod. (2013a). V drugi raziskavi pa še dodaja, da če je vrtna solata v juvenilni fazi senčena, pride do zakasnitve razvoja (Marrou in sod., 2013b), kar lahko potrdimo tudi v naši raziskavi. Debeline lista nismo merili, vendar so

bile sadike na otip nežnejše, imele so mehkejše in tanjše liste, zato je bilo sajenje oteženo. Kataya in sod. (1998) navajajo, da morajo kakovostne sadike za sajenje imeti majhno SLA in dolžino hipokotila, velik delež suhe snovi, majhno razmerje nadzemni/podzemni del, sicer so kasneje občutljivejše na močnejše osvetlitve.

Pri fizioloških meritvah sadik KS je bila najmanjša maks. povprečna neto fotosinteza dosežena pod PP+PE, pri ostalih ni bilo nekih vidnejših razlik med svetlobnimi krivuljami. Maks. neto fotosinteza je bila dosežena med 400 in 800  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Največja vrednost povp. prevodnosti rež so bile dosežene pri KS pod PP in pod PE, a pod PP+PE so bile vrednosti v času naraščanja jakosti manjše. Ugotovili smo, da se sadike posamezne sorte ob različnih osvetljevanjih močno odzovejo z rastjo, ne pa tudi s prilagoditvami fotosintetskega aparata, ki bi se odražale v spremenjeni neto fotosintezi. Edino pri sadikah, ki so rastle pod PP+PE smo opazili zmanjšanje maksimalne neto fotosinteze. Larcher (1995) navaja, da je saturacijska točka prej dosežena pri senčenih kot pri rastlinah s polno sončno osvetlitvijo.

Pri jakosti svetlobe 600  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  je bila najmanjša povp. neto fotosinteza pri sadikah MS pod PP+PE in največja pod PP, pri K je bila malo manjša in še manjša pod PE. Povp. prevodnost listnih rež je bila najmanjša pri K, med ostalimi senčili v povp. ni bilo razlik. Na povprečno prevodnost listnih rež in na neto fotosintezo je imela vpliv le sorta. Pri KS je bila v povprečju neto fotosinteza večja kot pri MS. Opazili smo sorte razlike, kar pa ni nujno, da so razlike v slabšem stanju fotosintetskega aparata MS, ampak je lahko vzrok tudi v odzivu sorte na manipulacijo ob merjenju. Rezultati potrjujejo, da spreminjanje svetlobne jakosti močno vpliva na fotosintezo, kot navaja Vodnik (2012). V našem poskusu je prišlo do vidnih fotomorfogenetskih učinkov pri razvoju sadik, kar je bila posledica zmanjšanja dostopnosti svetlobe. Taiz in Zeiger (2006) navajata, da imajo zasenčeni listi manjšo fotosintetsko aktivnost. Fu in sod. (2012b) navajajo, da je optimalna jakost svetlobe za gojenje vrtna solate od 400 do 600  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , vendar je pri slednji jakosti že možno zaznati blag stresni odziv, ki se s povečevanjem jakosti le še stopnjuje. Tudi pri jakosti 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  je prišlo do negativnih stresnih učinkov.

Pri morfoloških meritvah sadik smo izmerili dolžino hipokotila, maso cele sadike, maso očiščenih korenin, maso nadzemnega dela in prešteli število razvitih pravih listov. Pri vseh naštetih parametrih, edino pri slednjem, je bil stat. značilen vpliv sorte in senčila (pri slednjem le sorta). Interakcija med senčilom in sorto je bila povsod stat. značilna. Analiza je pokazala, da je bil v povprečju hipokotil najdaljši pri sadikah obeh sort, ki so rastle pod PP+PE in najkrajši pri obeh sortah pri K. Hipokotil sadik pod PP je bil značilno daljši od sadik pod PE. Hipokotil je bil pri vseh svetlobnih režimih daljši pri MS kot pri KS. Masa cele sadike, masa nadzemnega in podzemnega je bila v povprečju značilno večja pri K in pod PE pri obeh sortah v primerjavi s PP in PP+PE. Značilno večje vrednosti slednjih parametrov so bile pri MS pri vseh svetlobnih režimih glede na KS. V povprečju so imele sadike na koncu rasti razvite 4 prave liste in ugotovili smo, da je imela sadika MS v povprečju več listov. Osvald in Kogoj-Osvald (1999b) navajata, da morajo imeti sadike primerne za presajanje razvite od 4 do 5 pravih listov.

### 5.1.2 Rast vrtna solate

V času rasti na gredici so potekale tudi fiziološke meritve in sicer pri dveh različnih jakostih svetlobe (200 in 1500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Povp. neto fotosinteza pri manjši jakosti med obr. ni bila enaka, saj je bila le-ta največja pri MS\_PP in najmanjša pri KS\_PP+PE. Pri MS je bila neto fotosinteza večja kot pri KS. Pri večji jakosti je bila povp. neto fotosinteza po obr. enaka. Povprečna prevodnost rež se pri manjši jakosti med obr. ni stat. razlikovala, pri večji jakosti pa so bile razlike značilne. Največja povp. prevodnost rež je bila izmerjena pri KS\_PE in najmanjša pri MS\_PP+PE. Med ostalimi obr. ni bilo značilnih razlik. Pri manjši jakosti svetlobe ni bilo značilnih razlik med povprečji transpiracije med obr., smo pa dobili stat. razlike pri večji svetlobni jakosti. Stat. značilno najmanjšo transpiracijo je imelo MS\_PP+PE obr. in največjo KS\_PE. Med ostalimi obr. ni bilo stat. razlik.

Pri morfoloških meritvah v času rasti smo ugotovili, da je bilo pri MS v povp. razvitih večje število listov kot pri KS. Značilno najmanj listov je bilo pri PP+PE obeh sort in največ pa pri MS\_K. Največja povp. masa cele solate, nadzemnega in podzemnega dela smo ob koncu razvoja izmerili pri MS\_K. Končne povp. mase cele vrtna solate so se gibale med 103,27 in 129,82 g, mase nadzemnega dela so bile med 94,04 g in 122,48 g in masa korenin je bila večja pri MS kot pri KS. Končne dolžine glavne korenine so bile v povp. med 35,33 in 40,50 mm in v povp. je bila najdaljša pri MS\_PP+PE. Med ostalimi obr. ni bilo razlik. V povp. je bil najdaljši hipokotil pri MS\_PP+PE in najkrajši pri obeh sortah K.

### 5.1.3 Pridelok vrtna solate

Povp. masa očiščene in neočiščene solate ter višina rastlin se po obr. niso stat. razlikovale. Razlike so značilne le med obravnavanji pri povp. širini glav in pri številu odstranjenih listov. V povprečju so bile glave KS ožje in odstraniti je bilo potrebno manjše število poškodovanih listov kot pri MS. Naši rezultati se ujemajo s podatki, ki jih navaja Proehns in Nuez (2008), namreč da masa tehnološko zrele glave kristalke doseže med 700 do 1000 g, glava maslenke pa naj bi tehtala okoli 350 g. Marrou in sod. (2013a) so ugotovili, da pomanjkanje svetlobe (senčene) zmanjša pridelok vrtna solate tudi za 30 % v primerjavi z nesenčenjem. Pri manjši osvetlitvi pa naj bi vrtna solata imela daljšo in ožjo solatno os. Navajajo tudi, da naj bi bilo pri gojenju prisotne vsaj 70 % PAR svetlobe. V našem poskusu so bile vrednosti dostopne svetlobe pod PP in PP+PE manjše. Gaudrean in sod. (1994) so prišli do zaključka, da so glave vrtna solate slabše in neenakomerno razvijejo ob manjši jakosti svetlobe. Podaljša pa se tudi rastna doba gojenja in zmanjša biomasa (Proehns in Nuez, 2008).

Da pri analizi podatkov pridelka vrtna solate nismo prišli do vidnejših zaključkov je verjetno botrovalo tudi neenakomerno namakanje na obeh gredicah, ki je dajalo manjše glave, kjer je bilo več vlage v tleh. Zato smo z merilcem talne vlage izmerili nasičenost tal z vodo. Ugotovili smo razlike med posameznimi bloki oz. ponovitvami. Največ vlage je bilo v povp. izmerjene v 2. bloku (40,9 %  $\pm$  1,69), manj v 1. bloku (36,7 %  $\pm$  1,29), še manj v 4. bloku (35,1 %  $\pm$  1,14) in najmanj v 3. bloku (33,0 %  $\pm$  0,91). Pri pripravi gredice oz. pri postavitvi namakalnega sistema moramo torej paziti, da je površina enakomerno uravnana, da ne pride do iztekanja vode samo na določen predel in do poslabšanja gojitvenih razmer za določeno pridelovalno območje na naši gredici.

## 5.2 SKLEPI

S postavitvijo senčil nad stiropornimi gojitvenimi platoji, v katerih smo gojili sadike krhkolistnega in mehkolistnega tipa vrtna solate, smo želeli ugotoviti vpliv različne svetlobe na kakovost sadik in vpliv le-te na nadaljnjo rast in razvoj na gredici ter vpliv na končni pridelok. Iz rezultatov lahko povzamemo naslednje ugotovitve:

- pod različnimi senčili so se oblikovale različne svetlobne, temperaturne razmere in tudi zračna vlaga je bila različna. Največ dostopne svetlobe sadikam je bilo pri kontroli (nesenčeno) in manj pod senčili;
- pomanjkanje svetlobe se je odrazilo v manjši fotosintetski kapaciteti oziroma v hitreje doseženi saturaciji pri močnem senčenju in v slabši kakovosti sadik, saj so bile le-te izdolžene in imele so manjšo svežo maso. Listi sadik so bili svetlo zelene barve in krhki, zato je bilo potrebno ob presajanju s sadikami zelo previdno ravnati, da jih ne bi poškodovali in da ne bi prišlo do izpada pridelka;
- sadike mehkolistne vrtna solate so bile slabše kakovosti in tudi fotosintetska kapaciteta ter prevodnost listnih rež je bila manjša v primerjavi z krhkolistno solato, vendar nekih večjih razlik ni bilo;
- po presajanju so rastline zelo dobro uspele nadomestiti neoptimalen razvoj sadik, saj so se razlike pri fotosintetskih karakteristikah med posameznimi obravnavanji praktično izničile. Majhne razlike so opazne le pri nekoliko večji fotosintezi mehkolistne vrtna solate v primerjavi s kristalko in pri morfoloških meritvah, kjer je bila večja dolžina hipokotila in manjšem številu listov solate značilno za najmočnejše senčenje;
- na končni pridelok pomanjkanje svetlobe v fazi razvoja sadik ni imelo vpliva.

Slednjo raziskavo bi bilo potrebno ponoviti in izvesti še nekatere dodatne fiziološke in morfološke meritve, da bi lahko dobili oprijemljivejše in bolj jasne rezultate o vplivu svetlobnih razmer na obe sorti v času gojenja vrtna solate.

## 6 POVZETEK

Vrtna solata je danes ena najbolj priljubljenih vrtnin za svežo prehrano, zato je za potrošnika vse bolj pomembno, da se pridela kakovostno in tehnološko zrelo solato. Ker pa se gojenje kakovostne solate začne že vzgojo kakovostnih sadike, je pomembno, v kakšnih rastnih razmerah se le-te razvijajo in kakšne so razmere v času rasti in razvoja rastlin vse do pridelka, saj vrtna solata zahteva dobro osvetlitev (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999a).

V naši raziskavi smo preučevali vpliv svetlobe v času gojenja na kakovost sadik, rast in razvoj ter pridelok vrtna solate (*Lactuca sativa* L.). Poskus smo začeli izvajati konec marca in končali konec junija leta 2013 v dveh delih. Gojenje sadik je potekalo v steklenjaku v stiropornih ploščah pod različnimi senčili. V steklenjaku smo imeli 3 stojala, na katera smo razpeli PP, PE, PP+PE in sadike, ki jih nismo senčili. Tako smo dobili 4 različne svetlobne razmere, v katerih so rastle sadike. V 2. delu smo sadike maslenke (MS) in kristalke (KS) iz vsakega svetlobnega režima presadili na gredici v rastlinjak. V času rasti sadik in kasnejšega razvoja ter na tržnem pridelku smo zmerili fiziološke in morfološke parametre, da bi lahko dokazali vpliv različne kakovosti sadik na rast vrtna solate.

Pri fizioloških meritvah smo sadikam izmerili neto fotosintezo in prevodnost listnih rež pri naraščajoči jakosti svetlobe. Na sadikah smo izmerili tudi morfološke meritve: dolžino hipokotila, maso korenin, nadzemnega dela sadike, maso cele sadike in prešteli število razvitih listov. V času razvoja smo ponovno izmerili enake fiziološke parametre (tudi transpiracijo), a le pri dveh svetlobnih jakostih ter v času rasti določili število razvitih listov, stehali maso cele rastline, maso korenin in nadzemnega dela, izmerili dolžino glavne korenine in dolžino hipokotila. Na pridelku smo izmerili maso očiščene in neočiščene vrtna solate, širino in višino glav ter prešteli število odstranjenih listov.

Rezultati magistrske naloge so pokazali, da so imele sadike v kontrolnem obravnavanju (brez senčenja) največ dostopne svetlobe, pod senčili manj. Senčene sadike so bile svetlo zelene barve, izdolžene, imele so krhke liste in sajenje je bilo oteženo. Neto fotosinteza sadik je bila najmanjša pri sadikah, ki so bile najbolj senčene in saturacijska točka je bila prej dosežena. Pri krhkolistni sorti je bila prevodnost listnih rež in neto fotosinteza večja. Med rezultati fizioloških meritev ni bilo večjih razlik. Pod senčili so imele sadike manjšo svežo maso in daljši hipokotil. Maslenka je bila na senčenje veliko bolj občutljiva, zato se je kakovost sadik vidneje zmanjšala. V času rasti na gredici so bile vrednosti transpiracije in prevodnosti rež značilno večje pri kristalki, pri neto fotosintezi pa večje pri maslenki, vendar so bile razlike zelo majhne. V času razvoja smo prešteli najmanjše število listov in izmerili najdaljši hipokotil pri najbolj senčenih rastlinah. Na količino pridelka solate pomanjkanje svetlobe v času rasti sadik ni imelo vpliva.

Ugotovili smo torej, da pomanjkanje svetlobe najbolj vpliva na rast, razvoj in kakovost sadik, saj bi zanje dosegli slabšo tržno ceno in lahko bi prišlo do izpada pridelka. Sadike mehkolistne sorte so veliko bolj občutljive na manjše jakosti svetlobe. Po presajanju so rastline zelo hitro nadoknadile neoptimalen razvoj sadik, zaradi slabše dostopnosti svetlobe. Na pridelok različno senčenje v juvenilni fazi ni imelo vpliva. Na končni pridelok pa so glede na naša opazovanja v času gojenja, poleg svetlobe, vplivali še nekateri drugi okoljski dejavniki, kot so temperatura zraka in relativna zračna vlaga ter vlažnost tal.

## 7 VIRI

- Adam G. 2004. Primerjava različnih naprav za posredno merjenje volumskega deleža vode v tleh. Diplomsko naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 48 str.
- Arnim A., Deng X.W. 1996. Light control of seedling development. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 47: 215-243
- Demšar A., Žnidarčič D., Gregor-Sveteč D. 2009. Primerjava lastnosti polipropilenskih vlaken, namenjenih za izdelavo vrtnarskih vlaknovin. *Acta agriculturae Slovenica*, 93, 2: 211-217
- Dorais M. 2003. The use of supplemental lighting for vegetable crop production: light intensity, crop response, nutrition, crop management, cultural practices. V: Canadian greenhouse conference October 9, Horticultural research center, Laval University: 1-8
- Dougher T. A. O., Bugbee B. 2004. Long-term blue light effect on the histology of lettuce and soybean leaves and stems. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129, 4: 467-472
- FITO-INFO. 2014. Informacijski sistem za varstvo rastlin. Biotehniška fakulteta in Fitosanitarna uprava RS.  
<http://www.fito-info.si/index.asp?ID=OrgCirs/index.asp> (20. jul. 2014)
- Fu W., Li P., Wu Y., Tang J. 2012a. Effects of different light intensities on anti-oxidative enzyme activity, quality and biomass in lettuce. *Hortscience*, 39, 3: 129-134
- Fu W., Li P., Wu Y. 2012b. Effects of different light intensities on chlorophyll fluorescence characteristics and yield in lettuce. *Scientia Horticulturae*, 135: 45-51
- Fukuda M., Matsuo S., Kikuchi K., Mitsuhashi W., Toyomasu T, Honda I. 2009. The endogenous level of GA<sub>1</sub> is upregulated by high temperature during stem elongation in lettuce through LsGA3ox1 expression. *Journal of Plant Physiology*, 166: 2077-2084
- Gaudreau L., Charbonneau J., Vezina L. P., Gosselin A. 1994. Photoperiod and photosynthetic photon flux influence growth and quality of greenhouse grown lettuce. *Hortscience*, 29, 11: 1285-1289
- International catalogue 2012/2013. 2012. Rijk Zwaan: seeds and services  
[http://www.takadaseed.com/wordpress/wp-content/themes/takada\\_tmp/img/rijk-zwaan/Rijk\\_Zwaan\\_International\\_Catalogue\\_2012-13.pdf](http://www.takadaseed.com/wordpress/wp-content/themes/takada_tmp/img/rijk-zwaan/Rijk_Zwaan_International_Catalogue_2012-13.pdf) (3.dec. 2013)
- Kim H.H., Goins G.D., Wheeler R.M., Ager J.C. 2004. Green-light supplementation for enhanced lettuce growth under red- and blue-light-emitting diodes. *Hortscience*, 39: 1617-1622



- Kitaya Y., Niu G., Kozai T., Ohashi M. 1998. Photosynthetic photon flux, photoperiod, and CO<sub>2</sub> concentration affect growth and morphology of lettuce plug transplants. *Hortscience*, 33: 988-991
- Kleinhenz M. D., French D. G., Gazula A., Scheerens J. C. 2003. Variety, shading and growth stage effect on pigment concentrations in lettuce grown under contrasting temperature regimens. *HortTechnology*, 13, 4: 677-683
- Larcher W. 1995. *Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups*. Third edition. Berlin, Springer: 506 str.
- Lešič R., Borošič J., Buturac I., Herak-Čustić M., Poljak M., Romić D. 2004. *Povrčarstvo*. 2. izd. Čakovec, Zarinski d.d.: 656 str.
- Marrou H., Wery J., Dufour L., Dupraz C. 2013a. Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade of photovoltaic panels. *European Journal of Agronomy*, 44: 54-66
- Marrou H., Guillioni L., Dufour L., Duoraz C., Wery J. 2013b. Microclimate under agrivoltaic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? *Agricultural and Forest Meteorology*, 177: 117-132
- Martinčič A., Wraber T., Jogan N., Ravnik V., Podobnik A., Turk B., Vreš B. 1999. *Mala flora Slovenije: ključ za določanje praprotnic in semenk*. 3. izd. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 845 str.
- Osvald J., Kogoj-Osvald M. 1994. *Gojenje vrtnin v zavarovanem prostoru*. Ljubljana, Kmečki glas: 126 str.
- Osvald J., Kogoj-Osvald M. 1999a. *Gojenje solate*. 1. izd. Šempeter pri Gorici, Oswald: 36 str.
- Osvald J., Kogoj-Osvald M. 1999b. *Gojenje sadik zelenjadnic*. 1. izd. Šempeter pri Gorici, Oswald: 40 str.
- Osvald J., Kogoj-Osvald M. 2003. *Integrirano pridelovanje zelenjave*. Ljubljana, Kmečki glas: 294 str.
- Osvald J., Kogoj-Osvald M. 2005. *Vrtnarstvo: splošno vrtnarstvo in zelenjadarstvo*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani: 591 str.
- Predikat. 2014. *Zaščitni material za napredno kmetijstvo*.  
<http://www.predikat.si/datoteke/Katalog-Predikat.pdf> (20. jul. 2014)
- Prohens J., Nuez F. 2008. *Vegetables I: Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae and Cucurbitaceae*. New York, Springer: 426 str.

Taiz L., Zeiger E. 2006. Plant physiology. Fourth edition. Sunderland, Massachusetts. Sinauer Associates: 764 str.

Tehnološka navodila za integrirano pridelavo zelenjave. 2013. Ministrstvo za kmetijstvo in okolje.

[http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/podrocja/Kmetijstvo/Integrirana\\_pridelava/IPZ-TN\\_2013\\_final\\_popravek\\_1.pdf](http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/podrocja/Kmetijstvo/Integrirana_pridelava/IPZ-TN_2013_final_popravek_1.pdf) (14. avg. 2013)

Vodnik D. 2012. Osnove fiziologije rastlin. Ljubljana, Oddelek za agronomijo, Biotehniška fakulteta: 141 str.

Wolff X. Y., Coltman R. R. 1989. Productivity under shade in Hawaii of five crops grown as vegetables in the tropics. Journal of the American Society for Horticultural Science, 115, 1: 175-181

Zeleni hit. 2014. Koprene.

<http://www.zelenihit.si/kategorije/oprema/koprene> (20. jul. 2014)

Zhao X., Carey E. E. 2009. Summer production of lettuce, and microclimate in high tunnel and open field plots in Kansas. HortTechnology, 19, 1: 113-119

## ZAHVALA

Za pomoč pri izvedbi poskusa in napotke pri pisanju magistrskega dela se najlepše zahvaljujem mentorici doc. dr. Nini Kacjan Maršič in somentorju prof. dr. Dominiku Vodnik. Za popravke se zahvaljujem tudi recenzentu prof. dr. Francu Aco Celar in predsedniku komisije prof. dr. Francu Batič. Za pomoč pri statistični obdelavi se zahvaljujem tudi doc. dr. Damijani Kastelec.

Za pomoč pri setvi, sajenju, beleženju meritev in pletju se iskreno zahvaljujem tudi Janji, Klari, Barbari, Andreji, Maji, Maxiju, Janezu, Mateju in Andreju, ki so mi nesebično priskočili na pomoč. Za nepozabna leta skupnega študija in druženja ter podporo se zahvaljujem tudi ostalim sošolcem in sošolkam.

Ob zaključku šolanja pa se iz srca zahvaljujem mojim staršem za omogočanje študija, za vsa odrekanja, za potrpežljivost in za zaupanje, da ga bom uspešno zaključila. Zahvaljujem se tudi moji teti ter bratom in sestram, ki so mi vsa ta leta stali ob strani in verjeli vame.

## PRILOGA A

### Fiziološke meritve na sadikah krhkolistne vrtna solate ob povečevanju jakosti svetlobe ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )

PRILOGA A1: povprečna neto fotosinteza pri sadikah krhkolistne vrtna solate ob povečevanju jakosti svetlobe

<b>Povprečna neto fotosinteza pri sadikah KS (<math>\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}</math>)</b>				
<b>PAR</b>	<b>K</b>	<b>PE</b>	<b>PP+PE</b>	<b>PP</b>
1000	6,20 ± 0,76	7,35 ± 1,12	6,56 ± 1,11	7,92 ± 0,97
800	7,17 ± 0,87	7,78 ± 1,13	6,89 ± 1,14	8,26 ± 0,77
600	7,61 ± 0,87	7,83 ± 0,92	6,79 ± 1,10	8,11 ± 0,62
400	7,71 ± 0,75	7,41 ± 0,71	6,47 ± 0,94	7,96 ± 0,49
200	6,05 ± 0,45	5,51 ± 0,35	5,07 ± 0,57	6,06 ± 0,23
100	3,06 ± 0,18	2,88 ± 0,15	2,71 ± 0,35	3,21 ± 0,10
50	0,99 ± 0,07	0,99 ± 0,13	0,89 ± 0,24	1,18 ± 0,07
0	-1,80 ± 0,09	-1,62 ± 0,12	-1,51 ± 0,12	-1,34 ± 0,19

PRILOGA A2: povprečna prevodnost rež pri sadikah krhkolistne vrtna solate ob povečevanju jakosti svetlobe

<b>Povprečna prevodnost listnih rež sadik KS (<math>\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}</math>)</b>				
<b>PAR</b>	<b>K</b>	<b>PE</b>	<b>PP+PE</b>	<b>PP</b>
1000	0,09 ± 0,01	0,16 ± 0,02	0,15 ± 0,03	0,16 ± 0,03
800	0,12 ± 0,02	0,17 ± 0,02	0,16 ± 0,04	0,18 ± 0,03
600	0,15 ± 0,02	0,18 ± 0,01	0,17 ± 0,04	0,19 ± 0,02
400	0,17 ± 0,03	0,17 ± 0,01	0,16 ± 0,03	0,19 ± 0,02
200	0,17 ± 0,02	0,16 ± 0,01	0,14 ± 0,03	0,19 ± 0,01
100	0,14 ± 0,01	0,14 ± 0,02	0,13 ± 0,03	0,17 ± 0,02
50	0,12 ± 0,01	0,12 ± 0,02	0,12 ± 0,03	0,16 ± 0,02
0	0,09 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,10 ± 0,03	0,14 ± 0,02

## PRILOGA B

### Fiziološke meritve na sadikah in na rastlinah v času rasti

PRILOGA B1: Povprečna neto fotosinteza in prevodnost listnih rež pri sadikah MS

Senčila	Povp. neto fotosinteza ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	Povp. prevodnost rež ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )
K	2,18 ± 0,29	0,04 ± 0,00
PE	1,98 ± 0,11	0,06 ± 0,01
PP	2,50 ± 0,42	0,06 ± 0,01
PP+PE	1,81 ± 0,23	0,06 ± 0,00

PRILOGA B2: Fiziološke meritve pri sadikah vrtna solate po obravnavanjih pri jakosti svetlobe 600  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$

Obravnavanje	Povp. neto fotosinteza ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	Povp. prevodnost rež ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )
KS_K	7,61 ± 0,87 aA	0,15 ± 0,02 aA
KS_PE	7,83 ± 0,92 aA	0,18 ± 0,01 aA
KS_PP	8,11 ± 0,62 aA	0,19 ± 0,02 aA
KS_PP+PE	6,79 ± 1,10 aA	0,17 ± 0,04 aA
MS_K	2,18 ± 0,32 bA	0,04 ± 0,00 bA
MS_PE	1,98 ± 0,13 bA	0,06 ± 0,01 bA
MS_PP	2,50 ± 0,47 bA	0,06 ± 0,01 bA
MS_PP+PE	1,81 ± 0,25 bA	0,06 ± 0,00 bA

PRILOGA B3: Fiziološke meritve v času rasti vrtna solate po obravnavanjih pri 200  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$

Obravnavanje	Povp. neto fotosinteza ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	Povp. prevodnost rež ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	Povp. transpiracija ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )
KS_K	4,73 ± 0,60 d	0,30 ± 0,03 a	4,05 ± 0,28 a
KS_PE	5,68 ± 0,84 bcd	0,27 ± 0,04 a	3,59 ± 0,48 a
KS_PP	4,98 ± 0,48 cd	0,27 ± 0,07 a	3,32 ± 0,51 a
KS_PP+PE	4,73 ± 0,45 d	0,27 ± 0,04 a	3,66 ± 0,49 a
MS_K	6,40 ± 0,85 ab	0,28 ± 0,03 a	3,83 ± 0,28 a
MS_PE	5,99 ± 0,51 bc	0,20 ± 0,01 a	3,00 ± 0,19 a
MS_PP	7,43 ± 0,44 a	0,20 ± 0,01 a	2,85 ± 0,21 a
MS_PP+PE	5,98 ± 0,58 bc	0,22 ± 0,03 a	2,96 ± 0,31 a

PRILOGA B4: Fiziološke meritve v času rasti vrtna solate po obravnavanjih pri 1500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$

Obravnavanje	Povp. neto fotosinteza ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	Povp. prevodnost rež ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	Povp. transpiracija ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )
KS_K	13,95 ± 1,34 a	0,29 ± 0,03 b	4,41 ± 0,51 abc
KS_PE	16,17 ± 1,23 a	0,41 ± 0,04 a	5,81 ± 0,31 a
KS_PP	15,50 ± 2,09 a	0,24 ± 0,04 bc	3,83 ± 0,55 bc
KS_PP+PE	16,40 ± 2,64 a	0,32 ± 0,04 ab	4,87 ± 0,69 ab
MS_K	16,72 ± 1,47 a	0,27 ± 0,02 bc	4,31 ± 0,34 abc
MS_PE	14,43 ± 0,87 a	0,22 ± 0,02 bc	3,63 ± 0,37 bc
MS_PP	16,15 ± 1,29 a	0,24 ± 0,02 bc	3,91 ± 0,40 bc
MS_PP+PE	15,18 ± 1,14 a	0,17 ± 0,02 c	2,90 ± 0,28 c

## PRILOGA C

### Morfološke meritve vrtné solate v času razvoja in na pridelku

PRILOGA C1: Povprečno število razvitih pravih listov v času razvoja po obravnavanjih

Povprečno število razvitih pravih listov pri solati				
Obravnavanje	16.5.2013	23.5.2013	30.5.2013	6.6.2013
KS_K	10,00 ± 0,44	13,17 ± 0,44	17,00 ± 0,70	21,42 ± 0,92
KS_PE	8,75 ± 0,43	12,42 ± 0,31	17,58 ± 0,65	21,33 ± 0,99
KS_PP	9,58 ± 0,50	12,92 ± 0,31	16,42 ± 0,63	22,50 ± 1,06
KS_PP+PE	9,17 ± 0,24	12,67 ± 0,48	17,83 ± 0,92	20,25 ± 1,25
MS_K	10,75 ± 0,46	16,00 ± 0,60	22,75 ± 0,80	27,25 ± 1,13
MS_PE	10,92 ± 0,38	15,67 ± 0,61	20,75 ± 0,86	24,42 ± 0,95
MS_PP	9,17 ± 0,49	13,75 ± 0,82	20,33 ± 1,05	23,42 ± 1,23
MS_PP+PE	10,17 ± 0,49	13,58 ± 0,61	19,17 ± 0,73	23,25 ± 0,63

PRILOGA C2: Povprečna masa cele rastline v času razvoja po obravnavanjih

Povprečna masa cele rastline (g)				
Obravnavanje	16.5.2013	23.5.2013	30.5.2013	6.6.2013
KS_K	23,38 ± 2,65	40,66 ± 5,09	63,91 ± 8,64	118,92 ± 17,01
KS_PE	18,61 ± 1,91	37,83 ± 4,61	83,10 ± 16,90	115,91 ± 14,97
KS_PP	25,12 ± 3,80	51,16 ± 4,86	73,33 ± 6,18	117,46 ± 13,34
KS_PP+PE	20,14 ± 2,75	45,86 ± 4,76	91,74 ± 9,87	127,66 ± 15,37
MS_K	24,41 ± 3,14	67,66 ± 8,06	96,27 ± 9,75	163,77 ± 21,87
MS_PE	26,10 ± 3,33	52,04 ± 5,88	79,72 ± 11,53	129,82 ± 20,60
MS_PP	19,24 ± 1,48	45,23 ± 9,41	76,94 ± 10,45	107,88 ± 17,43
MS_PP+PE	24,57 ± 3,27	39,29 ± 5,34	72,62 ± 8,72	103,27 ± 8,99

PRILOGA C3: Povprečna masa nadzemnega dela v času razvoja po obravnavanjih

Povprečna masa nadzemnega dela (g)				
Obravnavanje	16.5.2013	23.5.2013	30.5.2013	6.6.2013
KS_K	21,55 ± 2,53	38,38 ± 4,88	60,51 ± 8,29	114,12 ± 16,48
KS_PE	17,20 ± 1,80	35,25 ± 4,57	78,83 ± 16,22	110,46 ± 14,44
KS_PP	23,63 ± 3,68	46,94 ± 5,05	69,95 ± 5,99	113,09 ± 13,19
KS_PP+PE	18,39 ± 2,63	43,55 ± 4,62	85,49 ± 10,12	122,48 ± 14,96
MS_K	21,37 ± 2,84	61,58 ± 7,59	85,91 ± 8,80	150,86 ± 21,82
MS_PE	22,69 ± 2,86	46,42 ± 5,60	71,49 ± 10,76	119,77 ± 20,52
MS_PP	16,50 ± 1,32	40,22 ± 8,89	68,52 ± 9,75	97,92 ± 16,55
MS_PP+PE	21,65 ± 3,15	35,09 ± 4,91	64,12 ± 8,15	94,04 ± 8,77

PRILOGA C4: Povprečna masa očiščenih korenin v času razvoja po obravnavanjih

Povprečna masa očiščenih korenin (g)				
Obravnavanje	16.5.2013	23.5.2013	30.5.2013	6.6.2013
KS_K	1,84 ± 0,18	2,27 ± 0,23	3,40 ± 0,37	4,80 ± 0,78
KS_PE	1,42 ± 0,19	2,58 ± 0,76	4,27 ± 0,76	5,45 ± 1,09
KS_PP	1,49 ± 0,17	4,22 ± 1,60	3,38 ± 0,21	4,37 ± 0,35

KS_PP+PE	1,75 ± 0,28	2,31 ± 0,21	6,25 ± 1,50	5,17 ± 0,62
MS_K	3,04 ± 0,34	6,09 ± 0,66	10,36 ± 1,05	12,91 ± 1,02
MS_PE	3,41 ± 0,51	5,62 ± 0,90	8,23 ± 0,81	10,05 ± 0,92
MS_PP	2,74 ± 0,27	5,01 ± 0,71	8,42 ± 0,71	9,97 ± 0,95
MS_PP+PE	2,91 ± 0,28	4,19 ± 0,47	8,50 ± 0,83	9,23 ± 0,98

PRILOGA C5: Povprečna dolžina glavne korenine v času razvoja po obravnavanjih

Povprečna dolžina glavne korenine (mm)				
Obravnavanje	16.5.2013	23.5.2013	30.5.2013	6.6.2013
KS_K	30,92 ± 1,67	34,42 ± 1,05	33,33 ± 1,46	35,58 ± 1,10
KS_PE	32,08 ± 1,69	34,58 ± 1,31	32,25 ± 1,24	37,75 ± 2,07
KS_PP	33,00 ± 2,04	36,00 ± 1,09	36,25 ± 1,56	35,33 ± 1,01
KS_PP+PE	31,83 ± 1,93	35,58 ± 0,92	34,08 ± 1,14	37,33 ± 0,76
MS_K	36,50 ± 1,84	33,75 ± 1,04	35,00 ± 1,44	38,50 ± 1,17
MS_PE	30,50 ± 2,39	35,17 ± 1,20	39,83 ± 1,98	39,33 ± 2,07
MS_PP	36,42 ± 2,08	37,58 ± 0,74	37,33 ± 1,23	36,75 ± 1,00
MS_PP+PE	40,83 ± 2,22	41,33 ± 1,03	42,25 ± 1,48	40,50 ± 1,93

PRILOGA C6: Povprečna dolžina hipokotila (mm) v času razvoja po obravnavanjih

Povprečna dolžina hipokotila (mm)		
Obravnavanje	30.5.2013	6.6.2013
KS_K	5,58 ± 0,51	5,33 ± 0,47
KS_PE	8,25 ± 0,76	8,33 ± 0,61
KS_PP	7,67 ± 0,66	5,92 ± 0,36
KS_PP+PE	9,08 ± 0,74	8,50 ± 0,38
MS_K	5,83 ± 0,34	5,83 ± 0,49
MS_PE	7,67 ± 0,48	6,92 ± 0,56
MS_PP	10,17 ± 0,65	9,00 ± 0,70
MS_PP+PE	12,25 ± 0,66	13,67 ± 1,05

PRILOGA C7: Morfološke meritve pridelka po obravnavanjih

Obravnavanje	Povprečna masa očiščene rastline (g)	Povprečna masa neočiščene rastline (g)	Povprečna širina glave (mm)	Povprečna višina glave (mm)	Log. povp. število odstranjenih listov
KS_K	180,50 ± 18,67 a	198,83 ± 20,91 a	23,54 ± 0,79 c	15,83 ± 0,91 a	1,60 ± 0,15 b
KS_PE	211,17 ± 31,86 a	230,50 ± 33,73 a	25,08 ± 1,18 bc	16,21 ± 0,74 a	1,70 ± 0,07 b
KS_PP	197,16 ± 20,48 a	219,00 ± 21,42 a	24,38 ± 0,81 bc	15,38 ± 0,47 a	1,66 ± 0,11 b
KS_PP+PE	211,83 ± 25,55 a	227,83 ± 27,29 a	25,17 ± 1,20 bc	16,25 ± 0,66 a	1,43 ± 0,17 b
MS_K	219,00 ± 29,39 a	286,92 ± 34,51 a	29,13 ± 0,97 a	16,83 ± 0,69 a	2,58 ± 0,11 a
MS_PE	189,17 ± 16,93 a	240,33 ± 22,03 a	27,50 ± 0,93 ab	16,54 ± 0,45 a	2,57 ± 0,10 a
MS_PP	188,83 ± 26,48 a	248,50 ± 32,59 a	27,75 ± 1,19 ab	16,21 ± 0,79 a	2,56 ± 0,14 a
MS_PP+PE	191,33 ± 16,30 a	236,17 ± 20,29 a	27,29 ± 0,74 ab	16,21 ± 0,52 a	2,41 ± 0,14 a

## PRILOGA Č

### Statistična analiza fizioloških parametrov na sadikah z enosmerno analizo variance (ANOVA) pri jakosti svetlobe $600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

PRILOGA Č1: ANOVA za povp. neto fotosintezo sadik pri jakosti svetlobe  $600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

Vir variabilnosti	SP	VKO	SKO	F	p
ponovitev	4	2,74	0,6849		
senčilo	3	5,131	1,710	0,651	0,597
ostanek 1	12	31,537	2,628		
sorta	1	298,89	298,89	126,427	5.25e-09
senčilo: sorta	3	1,03	0,34	0,145	0,931
ostanek 2	16	37,83	2,36		

PRILOGA Č2: ANOVA za povp. prevodnost listnih rež sadik pri jakosti svetlobe  $600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

Vir variabilnosti	SP	VKO	SKO	F	p
ponovitev	4	0,00751	0,001763		
senčilo	3	0,004658	0,001553	0,902	0,469
ostanek 1	12	0,020664	0,001722		
sorta	1	0,112584	0,12584	65,995	4.54e-07
senčilo: sorta	3	0,00077	0,00026	0,134	0,938
ostanek 2	16	0,03051	0,00191		



## PRILOGA D

### Statistična analiza fizioloških parametrov na vrtni solati z enosmerno analizo variance (ANOVA) pri jakosti svetlobe 200 in 1500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

PRILOGA D1: ANOVA za povp. neto fotosintezo pri jakosti svetlobe 200  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

Vir variabilnosti	SP	VKO	SKO	F	p
ponovitev	2	102,1	51,04		
obravnavanja	7	48,30	6,900	5,631	6.53e-05
ostanek	54	66,17	1,225		

PRILOGA D2: ANOVA za povp. prevodnost listnih rež pri jakosti svetlobe 200  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

Vir variabilnosti	SP	VKO	SKO	F	p
ponovitev	2	0,0728	0,03514		
obravnavanja	7	0,0850	0,01214	1,258	0,288
ostanek	54	0,5211	0,00965		

PRILOGA D3: ANOVA za povp. transpiracijo pri jakosti svetlobe 200  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

Vir variabilnosti	SP	VKO	SKO	F	p
ponovitev	2	6,997	3,499		
obravnavanja	7	10,89	1,556	1,595	0,157
ostanek	54	52,65	0,975		

PRILOGA D4: ANOVA za povp. neto fotosinteza pri jakosti svetlobe 1500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

Vir variabilnosti	SP	VKO	SKO	F	p
ponovitev	2	183,8	91,88		
obravnavanja	7	40,7	5,817	0,513	0,819
ostanek	38	430,7	11,333		

PRILOGA D5: ANOVA za povp. prevodnost listnih rež pri jakosti svetlobe 1500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

Vir variabilnosti	SP	VKO	SKO	F	p
ponovitev	2	0,0118	0,005899		
obravnavanja	7	0,2221	0,03172	4,805	0,000602
ostanek	38	0,2509	0,00660		

PRILOGA D6: ANOVA za povp. transpiracijo pri jakosti svetlobe 1500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

Vir variabilnosti	SP	VKO	SKO	F	p
ponovitev	2	13,75	6,876		
obravnavanja	7	31,94	4,562	3,192	0,0307
ostanek 1	14	20,01	1,429		
ostanek 2	24	15,27	0,6362		

## PRILOGA E

### Statistična analiza morfoloških parametrov na sadikah z enosmerno analizo variance

PRILOGA E1: ANOVA za povp. dolžino hipokotila sadik

Vir variabilnosti	SP	VKO	SKO	F	p
ponovitev	2	1,493	0,7467		
senčilo	3	217,14	72,38	208,8	1.86e-06
ostanek 1	6	2,08	0,35		
sorta	1	97,61	97,61	305,02	1.18e-07
senčilo: sorta	3	19,75	6,58	20,58	0,000406
ostanek 2	8	2,56	0,32		

PRILOGA E2: ANOVA za povp. masa podzemnega dela sadik

Vir variabilnosti	SP	VKO	SKO	F	p
ponovitev	2	0,001543	0,0007715		
senčilo	3	0,14063	0,04688	23,66	0,00101
ostanek 1	6	0,01189	0,00198		
sorta	1	0,023313	0,023313	38,364	0,000261
senčilo: sorta	3	0,007654	0,002551	4,0199	0,046462
ostanek 2	8	0,004861	0,000608		

PRILOGA E3: ANOVA za povp. masa nadzemnega dela sadik

Vir variabilnosti	SP	VKO	SKO	F	p
ponovitev	2	0,01097	0,005485		
senčilo	3	0,4259	0,14198	9,413	0,011
ostanek 1	6	0,0905	0,01508		
sorta	1	0,2663	0,26628	28,,52	0,000694
senčilo: sorta	3	0,3788	0,12625	13,52	0,001688
ostanek 2	8	0,0747	0,00934		

PRILOGA E4: ANOVA za povp. masa cele sadike

Vir variabilnosti	SP	VKO	SKO	F	p
ponovitev	2	0,005716	0,002858		
senčilo	3	0,9761	0,3254	13,84	0,00419
ostanek 1	6	0,1410	0,0235		
sorta	1	0,4472	0,4472	43,88	0,000165
senčilo: sorta	3	0,4360	0,1453	14,26	0,001417
ostanek 2	8	0,0815	0,0102		

PRILOGA E5: ANOVA za povp. število razvitih pravih listov pri sadiki

Vir variabilnosti	SP	VKO	SKO	F	p
ponovitev	2	0,09	0,045		
senčilo	3	0,4983	0,1661	1,22	0,381
ostanek 1	6	0,8167	0,1361		
sorta	1	1,215	1,2150	24,300	0,00115
senčilo: sorta	3	1,045	0,3483	6,967	0,01274
ostanek 2	8	0,400	0,0500		

## PRILOGA F

### Statistična analiza morfoloških parametrov vrtna solate z enosmerno analizo

PRILOGA F1: ANOVA za povp. maso očiščene glave vrtna solate

Vir variabilnosti	SP	VKO	SKO	F	p
ponovitev	3	331944	110648		
obravnavanja	7	15792	2256	0,365	0,913
ostanek 1	21	129877	6185		
ostanek 2	64	139253	2176		

PRILOGA F2: ANOVA za povp. maso neočiščene glave vrtna solate

Vir variabilnosti	SP	VKO	SKO	F	p
ponovitev	3	449568	149856		
obravnavanja	7	54418	7774	1,173	0,359
ostanek 1	21	139202	6629		
ostanek 2	64	193929	3030		

PRILOGA F3: ANOVA za povp. širino glav vrtna solate

Vir variabilnosti	SP	VKO	SKO	F	p
ponovitev	3	456,5	152,2		
obravnavanja	7	318,5	45,51	3,345	0,0149
ostanek 1	21	285,7	13,61		
ostanek 2	64	296,7	4,635		

PRILOGA F4: ANOVA za povp. višino glav vrtna solate

Vir variabilnosti	SP	VKO	SKO	F	p
ponovitev	3	178,2	59,41		
obravnavanja	7	16,0	2,285	0,391	0,897
ostanek 1	21	122,8	5,850		
ostanek 2	64	173,5	2,711		

PRILOGA F5: ANOVA za povp. logaritmirano število odstranjenih poškodovanih listov

Vir variabilnosti	SP	VKO	SKO	F	p
ponovitev	3	0,6227	0,2076		
obravnavanja	7	21,816	3,1166	16,13	3.81e-07
ostanek 1	21	4,057	0,1932		
ostanek 2	64	11,95	0,1868		