

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Mojca KODRE

**VPLIV PRIPRAVKOV, UPORABLJANIH V
EKOLOŠKEM VINOGRADNIŠTVU, NA
FOTOSINTEZO ŽLAHTNE VINSKE TRTE
(*Vitis vinifera* L.)**

MAGISTRSKO DELO

Magistrski študij – 2. stopnja

Ljubljana, 2015

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Mojca KODRE

**VPLIV PRIPRAVKOV, UPORABLJANIH V EKOLOŠKEM
VINOGRADNIŠTVU, NA FOTOSINTEZO ŽLAHTNE VINSKE TRTE
(*Vitis vinifera L.*)**

MAGISTRSKO DELO
Magistrski študij – 2. stopnja

**THE IMPACT OF AGENTS USED IN ECOLOGICAL VITICULTURE
ON THE PHOTOSYNTHESIS OF GRAPEVINE (*Vitis vinifera L.*)**

M. SC. THESIS
Academic Study Programmes

Ljubljana, 2015

Magistrsko delo je zaključek Magistrskega študijskega programa 2. stopnje Hortikulture. Delo je bilo opravljeno na Katedri za aplikativno botaniko, ekologijo, fiziologijo rastlin in informatiko.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja magistrskega dela imenovala prof. dr. Dominika Vodnika in somentorico dr. Tjašo Jug.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Zlata LUTHAR
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Dominik VODNIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Članica: dr. Tjaša JUG
Kmetijsko gozdarski zavod Nova Gorica

Član: prof. dr. Denis RUSJAN
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

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

Mojca KODRE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Du2
DK	UDK 634.8:631.147:632.95:581.132(043.2)
KG	vinska trta/ <i>Vitis vinifera</i> /OTOS/pripravek/ekološka pridelava/vinogradništvo/baker/pripravki za krepitev rastlin
AV	KODRE, Mojca
SA	VODNIK, Dominik (mentor)/JUG, Tjaša (somentorica)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI	2015
IN	VPLIV PRIPRAVKOV, UPORABLJANIH V EKOLOŠKEM VINOGRADNIŠTVU, NA FOTOSINTEZO ŽLAHTNE VINSKE TRTE (<i>Vitis vinifera</i> L.)
TD	Magistrsko delo (Magistrski študij – 2. stopnja)
OP	IX, 39 str., 1 pregл., 15 sl., 96 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Ekološko vinogradništvo se vse bolj širi in s tem se povečuje tudi uporaba pripravkov, dovoljenih v ekološkem vinogradništvu za varstvo vinske trte. V nalogi smo žeeli preveriti, ali imajo uporabljeni pripravki in kombinacije teh pripravkov vpliv na neto fotosintezo, prevodnost listnih rež, transpiracijo, fotokemično učinkovitost in hitrost transporta elektronov. Uporabili smo fungicid na osnovi bakrovega oksiklorida, Cuprablau Z 35WP in dva pripravka za krepitev rastlin, Ulmasud B, ki je zmes kamenih mok in glin, ter Trafos K, ki je kalijev fosfit s tudi znanim fungicidnim delovanjem. Enoletne trte žlahtne vinske sorte 'Zelen' smo v rastlinjaku tretirali z različnimi kombinacijami teh pripravkov v tedenskih intervalih. Prvič smo škropili s pripravkom Ulmasud B, drugič s pripravkom Trafos K ter tretjič in četrtič s pripravkom Cuprablau Z 35WP. Meritve smo izvajali štiri dni po vsakem škropljenju. Med obravnavanji ni bilo značilnih razlik v neto fotosintezi, prevodnosti listnih rež, transpiraciji in hitrosti transporta elektronov. Minimalne razlike so se pokazale v fotokemični učinkovitosti. Izkazalo se je, da vpliv na fotosintezo ne more biti odločilni kriterij za izbiro pripravka.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND	Du2
DC	UDC 634.8:631.147:632.95:581.132(043.2)
CX	grapevine/ <i>Vitis vinifera</i> /photosynthesis/agents/eco viticulture/copper/plant strengthening agents
AU	KODRE, Mojca
AA	VODNIK, Dominik (supervisor)/JUG, Tjaša (co-advisor)
PP	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB	University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
PY	2015
TY	THE EFFECTS OF AGENTS USED IN ECO-VITICULTURE ON THE PHOTOSYNTHESIS OF GRAPEVINE (<i>Vitis vinifera</i> L.)
DT	M. Sc. Thesis (Master Study Programmes)
NO	IX, 39 p., 1 tab., 15 fig., 96 ref.
LA	sl
AI	sl/en
AB	Ecological viniculture is becoming increasingly widespread. As a result, the use of agents for grapevine protection has also been rising. In this master thesis we tried to verify whether the agents used in eco-viticulture and their combinations affect the net photosynthesis, stomatal conductivity, transpiration, photochemical efficiency, and electron transport speed. We used fungicide based on copper oxychloride, Cuprablau Z 35WP, and two plant strengthening agents – Ulmasud B, a mixture of stone meals and clays, and Trafos K, potassium phosphite, known for fungicidal effects. Greenhouse grown grafts of <i>Vitis vinifera</i> L. cv. 'Zelen' were treated with different combinations of these agents on weekly basis. Treatment started with Ulmasud B (first application); it was followed by Trafos K (second application) and Cuprablau Z 35WP (third and fourth application). Measurements were performed four days after each spraying. They revealed no significant differences in net photosynthesis, stomatal conductance, transpiration, and thylakoid electron transport rate, whereas differences in photochemical efficiency were minor among treatments. We conclude that the influence on these parameters cannot be the decisive criterion for the use of tested agents.

KAZALO VSEBINE

KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
SEZNAM OKRAJŠAV IN SIMBOLOV	IX
1 UVOD	1
1.1 VZROK ZA RAZISKAVO	1
1.2 NAMEN RAZISKAVE	1
1.3 DELOVNE HIPOTEZE	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 UPORABA KEMIČNIH SREDSTEV V VINOGRADNIŠTVU	3
2.1.1 Pripravki, uporabljeni v ekološkem vinogradništvu	4
2.1.1.1 Bakrovi pripravki	4
2.1.1.2 Ulmasud B	5
2.1.1.3 Trafos K	6
2.2 UČINKI FOLIARNIH KEMIČNIH SREDSTEV NA FOTOSINTEZO	7
2.2.1 Učinki bakra	9
2.2.2 Učinki pripravkov za krepitev rastlin	10
3 MATERIAL IN METODE	12
3.1 MATERIAL	12
3.2. METODE DELA	13
3.2.1 Zasnova poskusa	13
3.2.2 Priprava poskusa	14
3.2.3 Razpored opravil	14
3.2.4 Opis meritev	15
3.2.4.1 Rastne razmere	15
3.2.4.2 Fotosintezna aktivnost	15
3.2.4.3 Potek meritev	16

3.2.5 Statistična analiza	17
4 REZULTATI	18
4.1 VREMENSKE RAZMERE V ČASU POSKUSA.....	18
4.2 PRIMERJAVA MED »ŠKROPILNIMI PROGRAMI«	19
4.2.1 Neto fotosinteza	20
4.2.2 Prevodnost listnih rež in transpiracija	20
4.2.3 Fotokemična učinkovitost in hitrost transporta elektronov	22
4.3 ČASOVNA PRIMERJAVA UČINKOV POSAMEZNEGA PRIPRAVKA.....	23
4.3.1 Neto fotosinteza	24
4.3.2 Prevodnost listnih rež	24
4.3.3 Fotokemična učinkovitost	25
5 RAZPRAVA IN SKLEPI	26
5.1 RAZPRAVA.....	27
5.2 SKLEPI.....	29
6 POVZETEK	30
7 VIRI	31
ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Časovni razpored opravil..... 15

KAZALO SLIK

Slika 1: 'Zelen', cepljen na podlago 'Kober 5BB' (foto: Kodre, 2013)	13
Slika 2: Prikaz škropilnih programov in datumov fizioloških meritev	13
Slika 3: Posajene cepljenke v loncih na dan 14. 3. 2013 (foto: Kodre, 2013).....	14
Slika 4: Potek meritev	16
Slika 5: Meritve fotosinteze z Licorjem (foto: Kodre, 2013)	17
Slika 6: Podatki o povprečni temperaturi, relativni vlagi in sončnem sevanju za vremensko postajo Slap leta 2013 (Agrometeorološki portal Slovenije, 2015)	18
Slika 7: Povprečna temperatura in povprečna relativna vлага v rastlinjaku STS Vrhopolje med izvajanjem poskusa v letu 2013	19
Slika 8: Povprečna neto fotosinteza ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) s standardno deviacijo enoletnih trt žlahtne vinske sorte 'Zelen' glede na škropilni program	20
Slika 9: Povprečna prevodnost listnih rež ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) s standarno deviacijo enoletnih trt žlahtne vinske sorte 'Zelen' glede na škropilni program	21
Slika 10: Povprečna transpiracija ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) s standarno deviacijo enoletnih trt žlahtne vinske sorte 'Zelen' glede na škropilni program	22
Slika 11: Povprečna fotokemična učinkovitost s standardno deviacijo enoletnih trt žlahtne vinske sorte 'Zelen' glede na škropilni program.....	22
Slika 12: Povprečna hitrost transporta elektronov s standardno deviacijo enoletnih trt žlahtne vinske sorte sorte 'Zelen' glede na škropilni program.....	23
Slika 13: Neto fotosinteza cepljenk žlahtne vinske sorte 'Zelen' med meritvami	24
Slika 14: Prevodnost listnih rež cepljenk žlahtne vinske sorte 'Zelen' med meritvami.....	25
Slika 15: Fotokemična učinkovitost cepljenk žlahtne vinske sorte 'Zelen' med meritvami.....	25

SEZNAM OKRAJŠAV IN SIMBOLOV

ATP	adenozin trifosfat
CO ₂	ogljikov dioksid
Cond	prevodnost listnih rež
Cu	baker
Cuprablau	Cuprablau Z 35WP, bakrov oksiklorid
ETR	hitrost transporta elektronov po tilakoidah (electron transport rate)
FFS	fitofarmacevtska sredstva
Fv'/Fm'	fotokemična učinkovitost
H ₂ O	voda
IRGA	infrardeč plinski analizator (infra red gas analyzer)
LAI	indeks listne površine
Photo	neto fotosinteza
STS	seleksijsko trsničarsko središče
Trafos	Trafos K
Trmmol	transpiracija
Ulmasud	Ulmasud B

1 UVOD

1.1 VZROK ZA RAZISKAVO

Cilj ekološke pridelave je pridelava hrane ob hkratnem varovanju okolja, ljudi in trajnostni rabi. Za dosego tega cilja prepoveduje uporabo sredstev, ki ne izvirajo s kmetije, uporaba kemičnih snovi je omejena in se lahko uporablja le izjemoma. Na tržišču tako obstaja več alternativnih pripravkov, ki se prodajajo kot pripravki za krepitev in nego rastlin, imajo pa tudi fungicidno delovanje. Dovoljena je tudi uporaba žvepla in bakra v omejenih količinah. Delež ekološkega vinogradništva se v Sloveniji vsako leto veča, v letu 2012 je bilo v ekološko pridelavo vključenih 324 ha vinogradov, v letu 2014 že 420 ha (Analiza ..., 2015). Z novo kmetijsko politiko poskušajo ekološko vinogradništvo še bolj razširiti.

Pripravke, dovoljene v ekološkem vinogradništvu, se sme uporabiti v različnih odmerkih in kombinacijah. Pridelava grozdja za vino zahteva približno osem do 16 škropljenj letno s fungicidi proti peronospori (*Plasmopara viticola* (Berk. & M.A. Curtis) Berl. & De Toni) in oidiju (*Uncinula necator* (Schwein.) Burrill) (Vršič in Lešnik, 2010). Med njimi je tudi baker (Cu) v različnih oblikah, ki je znan po toksičnosti, vendar so njegovi pripravki med cenejšimi fungicidi, dovoljenimi v ekološki pridelavi, in zato najpogosteje uporabljeni. Mehanizmi delovanja pripravkov na povzročitelje bolezni in njihova učinkovitost pri varstvu rastlin so dobro poznani, malo pa je znanega o tem, kako vplivajo na osnovne presnovne procese v rastlini. V nalogi želimo preveriti, kako se rastlina fiziološko odziva na dodatke posameznih pripravkov v zaporednih odmerkih, t.j. na aplikacijo različnih pripravkov v različnih obdobjih. Osredotočili smo se na fiziološke parametre: neto fotosinteza, prevodnost listnih rež, transpiracija, fotokemična učinkovitost in hitrost transporta elektronov v tilakoidah. V poskusu smo uporabili dovoljene pripravke za ekološko vinogradništvo v Sloveniji: fungicid Cuprablau Z, ki je bakrov oksiklorid, in pripravka za krepitev rastlin Ulmasud B in Trafos K, ki tudi deluje kot fungicida. Možno bi bilo, da uporaba pripravkov kratkoročno negativno vpliva na fotosintetsko aktivnost zaradi oblog, ki takoj po nanosu ostanejo na listih, baker tudi zaradi svoje fitotoksičnosti (Romeu-Moreno in Mas, 1999). Verjetnejši pa so pozitivni vplivi na fotosintezno aktivnost, saj gre za pripravke, ki naj bi prispevali k boljši rasti (t.j. 'krepitev' rasti), baker pa je mikroelement, ki ima neposredno fiziološko funkcijo v procesih v kloroplastu (Vodnik, 2012).

1.2 NAMEN RAZISKAVE

Cilj naše naloge je ugotoviti, ali uporaba nekaterih pripravkov, uporabljenih v ekološkem vinogradništvu, vpliva na neto fotosintezo, stomatalno prevodnost, transpiracijo, fotokemično učinkovitost in hitrost transporta elektronov po tilakoidah.

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

V svojem delu bomo skušali preveriti naslednje hipoteze:

- Pripravki Cuprablau Z, Ulmasud B in Trafos K, ki se uporabljajo v ekološkem vinogradništvu, vplivajo na fotosintezno aktivnost. Pripravka za krepitev rastlin bosta povečala fotosintezno aktivnost. Baker bo zaradi fitotoksičnosti fotosintezno aktivnost zmanjšal ali pa bo zaradi neposredne vključenosti v svetlobne reakcije fotosinteze na merjene fiziološke parametre deloval stimulativno.
- Učinek na fotosintezno aktivnost se za različne kombinacije posameznih pripravkov razlikuje. Med različnimi obravnavanji se bodo pojavile razlike v neto fotosintezi, fotokemični učinkovitosti, transpiraciji, prevodnosti listnih rež in hitrosti transporta elektronov po tilakoidah.
- Časovno spremljanje nanesenih pripravkov bo pokazalo, da se učinek pripravka na fotosintezno aktivnost postopoma zmanjšuje.

2 PREGLED OBJAV

2.1 UPORABA KEMIČNIH SREDSTEV V VINOGRADNIŠTVU

Žlahtna vinska trta (*Vitis vinifera* L.) je v primerjavi z ostalimi vrstami vinske trte relativno občutljiva na bolezni in škodljivce. Želja po velikih pridelkih in hitrem razvoju vinograda, pretirano gnojenje in spreminjanje okolja zmanjšujejo naravno odpornost trt in so zaradi njih dovezetnejše za nekatere bolezni in škodljivce (Vršič in Lešnik, 2010). Največji problem v Sloveniji predstavljata peronospora vinske trte in oidij. Vinsko trto pa napada še vrsta drugih bolezni in škodljivcev, ki jih zatiramo po potrebi.

Do sredine prejšnjega stoletja so med kemičnimi snovmi, ki so se uporabljale za varstvo rastlin, prevladovala anorganska sredstva na osnovi žvepla, bakra, cinka in sprva tudi arzena. Z razvojem kemične industrije so pridobili številne sintetične pripravke, ki so omogočali ustrezzo zatiranje škodljivih organizmov. Njihov škodljivi vpliv na okolje in ljudi je bil raziskan šele kasneje in številne so prepovedali za uporabo (Nacionalni akcijski program ..., 2012). Poraba fitofarmacevtskih sredstev (FFS) se je v zadnjih letih v Sloveniji prepolovila z 2031 ton v letu 1992 na 1016 ton v letu 2012, še vedno pa je večja kot v večini drugih držav članic EU. V letu 2012 je skupna poraba FFS-jev znašala 5,1 kg na hektar v Sloveniji, kar je najmanj v celotnem spremeljanju porabe FFS-jev (Simončič, 2014). Sem štejemo fungicide, insekticide in herbicide. Kar dve tretjini uporabljenih FFS predstavljajo fungicidi. V letu 2012 je znašal delež porabe žvepla in podobnih anorganskih fungicidov 51,3 %, delež anorganskih spojin na podlagi bakra pa 6,6 % (Simončič, 2011; 2014).

Vzrok za veliko porabo anorganskih fungicidov je treba iskati v tem, da imamo velik delež trajnih nasadov, kjer se FFS-ji največ uporabljajo, sorazmerno nizko ceno in splošno prepričanje, da so ta sredstva najmanj nevarna okolju, ker so dovoljena v ekološki pridelavi (Urek in sod., 2012).

Kemična sredstva uporabljamo v vinogradništvu tudi v obliki mineralnih gnojil. Poraba mineralnih gnojil se zmanjšuje; v obdobju 1992–2010 se je v Sloveniji zmanjšala za 30,6 %. Zmanjšanje lahko pripisemo zahtevam nitratne direktive in načelom dobre kmetijske prakse. V sestavi mineralnih gnojil prevladuje dušik (49 %), kalij (28 %) in fosfor (23 %). Mineralna gnojila se uporabljajo predvsem za dognojevanje z dušikom (Sušin, 2011).

Poznamo tri načine pridelave grozdja, in sicer konvencionalno, integrirano in ekološko. Konvencionalna pridelava se z novo kmetijsko politiko ukinja, pomeni pa uporabo kemičnih sredstev po presoji pridelovalca, z upoštevanjem le najosnovnejših zakonov in direktiv. Integrirana pridelava upošteva smernice dobre kmetijske prakse in dovoljuje uporabo FFS-jev, če za to obstajajo razlogi in je z novo kmetijsko politiko postala standard. Ekološka pridelava prepoveduje vnos kemičnih fitofarmacevtskih sredstev in mineralnih gnojil v okolje in na rastlino. Temelji na ravnotesju tla – rastline – živali – človek (Repič in sod., 2005). Poudarek je na varovanju okolja ter trajnostni rabi.

Nadgradnja ekološke pridelave je biodinamična, ki še bolj omejuje potencialno škodljive vplive na naravno okolje.

2.1.1 Pripravki, uporabljeni v ekološkem vinogradništvu

Po Uredbi Sveta (ES) št. 834 (2007) ekološka pridelava omejuje uporabo kakršnihkoli surovin, ki ne izvirajo iz kmetijskega gospodarstva. Če potrebnih surovin na kmetijskem gospodarstvu ni, se lahko uporabljajo surovine iz ekološke pridelave, naravne ali naravno pridobljene snovi in slabo topna mineralna gnojila. Uporaba mineralnih dušikovih gnojil je prepovedana. Uporaba kemično sintetiziranih surovin je strogo omejena in dovoljena le izjemoma.

Za varstvo rastlin se lahko uporabljajo pripravki, izdelani iz rastlinskih in živalskih snovi, pripravki, izdelani iz mikroorganizmov, pripravki, ki so običajno uporabljeni v ekološkem kmetijstvu (mineralna olja, žveplovi in bakreni pripravki), pripravki, ki se uporabljajo kot vabe ali pasti, ter pripravki za nego in krepitev rastlin (Ulmasud B in Trafos K). Uporaba teh pripravkov je dovoljena, le če so bili predhodno izčrpani vsi drugi ukrepi in v primeru neposredne ogroženosti kulture (Repič in sod., 2005).

Pripravki za nego in krepitev rastlin nimajo urejenega statusa fitofarmacevtskih sredstev (Vršič in Lešnik, 2010). So siva cona med FFS-ji in gnojili. Njihovo učinkovitost in tveganja ob uporabi je težko ovrednotiti, hkrati ni ustreznega nadzora nad temi pripravki in tudi ne ustreznih analitskih metod, ki bi omogočale spremljanje rabe (Drofenik, 2014). Štejemo jih k preventivnim ukrepom za zaščito posevkov oziroma trajnih kultur in dovoljenje pooblaščene organizacije za njihovo uporabo ni potrebno (Repič in sod., 2005).

2.1.1.1 Bakrovi pripravki

Bakrovi pripravki so poleg žveplovih temeljno sredstvo za varstvo vinske trte in ostalih kmetijskih rastlin v ekološki pridelavi. Vsesplošno uporabnost so dosegli po odkritju bordojske brozge (bakrov sulfat, apno in voda), za katero je znanstvenik Millardet ugotovil, da učinkovito zavira pepelovke. Nadaljnja odkritja pa so pokazala, da učinkovito zavira še druge bolezni (Borkow in Gabbay, 2007). V vinogradništvu jih uporabljam s foliarnim nanosom pripravka za zatiranje peronospore vinske trte, rdečega listnega ožiga vinske trte (*Pseudopeziza tracheiphila* Müller-Thurgau), črne grozdne gnilobe (*Guignardia bidwellii* (Ellis) Viala & Ravaz) in črne pegavosti vinske trte (*Cryptosporella viticola* SHEAR) (FITO-INFO, 2015).

Bakrovi pripravki temeljijo na več kot 40 različnih spojinah, najbolj pogosto uporabljeni so bakrovi sulfati, kloridi, oksidi, hidroksidi in oksikloridi (Lešnik in sod., 2009). V našem poskusu, ki je opisan v nadaljevanju, smo uporabili pripravek Cuprablau Z, ki vsebuje 35 % bakra iz bakrovega oksiklorida (FITO-INFO, 2015). Bakrovi oksidi in oksikloridi delujejo zunanje na celične stene in membrane gliv in bakterij, ne da bi vstopali globoko v notranjost. Patogeni organizmi lahko izločijo sekundarne metabolite, ki reagirajo z bakrovimi spojinami, nastali Cu-kompleksi pa niso več učinkoviti (Lešnik in sod., 2009).

Baker je za trto esencialen mikroelement. Pri klasičnih formulacijah bakrovih pripravkov je izkoristek v rastlini 5-%, večkrat tudi manj kot 1-%. Preostalo se nalaga v tleh (Vršič in Lešnik, 2010). V tleh je slabo mobilni element, vendar ga v vinogradih najdemo v vseh horizontih kot posledico dolgoletnega nalaganja (Toselli in sod., 2009a), njegova količina pa se z globino zmanjšuje (Rusjan in sod., 2007; Toselli in sod., 2009a; Provenzano in sod., 2010). Kritična vsebnost bakra v tleh je 100 mg/kg (Uredba o mejnih ..., 1996). V Sloveniji vsebnosti nihajo med 71 in 160 mg/kg, kar je precej manj od drugih vinorodnih območij po svetu (Rusjan in sod., 2007). Precej študij se ukvarja s kopičenjem bakra v tleh in iskanjem rešitev tega problema. Ugotovili so, da je večje kopičenje bakra v tleh in rastlinah predvsem v ekološki pridelavi (Coll in sod., 2011; Rossi in sod., 2006), kjer ni veliko drugih učinkovitih pripravkov za varstvo vinske trte. Medtem pa niso potrdili razlik med ekološko in integrirano pridelavo v vsebnosti bakra v grozdju in vinu (García-Esparza in sod., 2006).

V rastlinski pridelavi je ne glede na njeno vrsto na leto dovoljeno uporabiti tri kilograme čistega bakra na hektar (Repič in sod., 2005). Raziskave pa kažejo, da bi bilo v dobrih letih učinkovito varstvo že z dvema kilogramoma bakra na leto, ob uporabi nekaterih drugih pripravkov in zgodnjem začetku tretiranj (Heibertshausen in sod., 2007). Baker v tleh vpliva na mikroorganizme (Mackie in sod., 2013), izpostavljeni pa so jim tudi makroorganizmi in vodni organizmi. Potencialno nevarnost predstavlja tudi živalim, ki se pasejo v trajnih nasadih, saj večje količine bakra lahko zaužijejo s krmo (Lešnik in sod., 2009). Velike vsebnosti Cu so lahko fitotoksične za rastlino. Bartha in Erdei (2006) sta ugotovila, da prevelike vsebnosti bakra v tleh vplivajo na zmanjšano rast korenin pri grahu. Baker zavira tudi rast same trte (Romeu-Moreno in Mas, 1999). Visoke vsebnosti bakra vplivajo na morfologijo korenin, potemnitev in zmanjšano rast koreninskih laskov (Juang in sod., 2014). Toselli in sod. (2009b) so ugotovili, da trta v ilovnatih tleh lahko prenaša visoke vsebnosti bakra v tleh, njena občutljivost pa je večja v peščenih, s hranili revnih tleh, kjer 200 mg Cu na kg vpliva na zmanjšano rast mladik in nastanek kloroz. Baker lahko povzroči ožig listov, če ga nanašamo pri nizki temperaturi (manj kot 8 °C) (Vršič in Lešnik, 2010). V grozdu se absorbira v kožico jagod, zato ni tako opazen učinek v vinu (Provenzano in sod., 2010). Vsebnost bakra v vinu se med fermentacijo mošta zmanjša (Volpe in sod., 2009). Med zadnjim tretiranjem in trgovitvijo naj bi minilo od 40 do 50 dni, da popolnoma izzveni učinek bakra (García-Esparza in sod., 2006), čeprav je v navodilih za uporabo predpisana karenca 28 dni (FITO-INFO, 2015). Če upoštevamo mejne vrednosti uporabe bakra, ni nevarnosti za zdravje ljudi (Provenzano in sod., 2010), je pa potreben nadzor, saj so na primer v Italiji odkrili 13 % preseženih mejnih vsebnosti v grozdju in 18 % v vinu (García-Esparza in sod., 2006).

2.1.1.2 Ulmasud B

Ulmasud B je pripravek za krepitev rastlin, namenjen preventivni zaščiti, ki se uporablja kot alternativa bakrovim pripravkom. Je kombinacija kamenih mok in glin. Vsebuje 10–12 % Al-oksida, 80 % Si-oksida in 2 % Ti-oksida. Je izjemno fin prah, pomešan z rastlinskim oljem, ki igra vlogo močila. Kamena moka daje pripravku optimalno

oprijemljivost in potrebno kislost. Aluminijevi ioni na rastlinah povzročijo odebelitev celičnih sten kot posledico pospešene tvorbe fitoaleksinov in otežujejo okužbo. Opaženo pa je tudi globinsko učinkovanje kot posledica resorpcije v tretirane rastlinske organe. Na rastline lahko v določenih razvojnih fazah deluje tudi fitotoksično in ob večkratni uporabi povzroča rumenenje listov. V vinogradništvu deluje na peronosporo, oidij, rdeči listni ožig in črno listno pegavost. Navadno se uporablja v kombinaciji z žveplom (Ulmasud B, 2013).

Zemmer in sod. (2002) so Ulmasud uporabili v svojem poskusu in ugotovili, da je v nadzorovanih razmerah v zadostni vsebnosti učinkovit proti jablanovem škrlupu. Zaznali so, da delno inhibira kalitev glivnih spor in rast micelija krompirjeve plesni (Dorn in sod., 2007). V nadzorovanih razmerah se je tudi dobro izkazal proti peronospori vinske trte (Dagostin in sod., 2011), ampak Ferrari in sod. (2000) niso potrdili učinkovitosti ob močnih okužbah. Ugotovili so 50–70 % učinkovitost Ulmasuda v primerjavi z bakrom na peronosporo vinske trte (Lešnik in sod., 2009). Učinkovito zmanjšanje okužbe s peronosporo vinske trte so potrdili tudi Schmitt in sod. (2002). Ob zmerni okuženosti se izkaže kot dovolj učinkovit pripravek, primerljiv z majhnimi vsebnostmi bakra (Hoffman, 2000). Z dodatno uporabo kamenih glin lahko zmanjšamo vnos bakra v vinograd na manj kot 3 kg/ha (Heibertshausen in sod., 2007). Ob zelo intenzivni uporabi 15–20-krat na leto bi bilo mogoče shajati celo brez bakrovih pripravkov. V posebej neugodnih letih in pri manj odpornih sortah pa bi se morali sprijazniti s 30–50-odstotno izgubo pridelkov (Lešnik in sod., 2009).

Slabost Ulmasuda je slaba obstojnost njegovega nanosa ob dežju, ki ga lahko spere, kar so pokazali poskusi na krompirju (Michelate in Haine, 2004). Ugotovili, pa so tudi, da je škodljiv za plenilske pršice (Siggelkow in Jackel, 1998, cit po Van Zweiten in sod., 2004; Fischer-Trimborn in sod., 2000).

Dagostin in sod. (2011) so izdelek Mycosin, po sestavi podoben Ulmasudu, uporabili v vinogradu in potrdili učinkovitost proti peronospori. Opazili pa so tudi spiranje pripravka z listov.

2.1.1.3 Trafos K

Trafos K je foliarno gnojilo, dovoljeno v ekološki pridelavi. Temelji na kalijevem fosfitu, ki krepi tolerantnost rastlin in pospešuje sintezo fitoaleksinov. Sestavini pripravka sta še fosforjev pentoksid in kalijev oksid. Uporaba se priporoča predvsem takrat, ko rastlina potrebuje kalij in fosfor (Trafos K, 2013).

Fosfit je reducirana oblika fosfata (HPO_3^{2-} ; v literaturi imenovana tudi fosfonat). Zaradi predpisov ga uvrščamo med gnojila, vendar se v literaturi izkaže, da je boljši fungicid kot gnojilo. Ne priporočajo ga kot nadomestek fosforjevih gnojil, čeprav lahko ravno tako prodre v rastline skozi liste in korenine (Thao in Yamakawa, 2009). Je izredno mobilen v rastlini in tudi zelo obstojen, saj ga lahko zaznamo tudi eno leto po zadnjem nanosu

(Phosphites ..., 2015). Znan je tudi po fitotoksičnosti, ki pa je predvsem odvisna od vsebnosti fosforja v rastlini (Thao in Yamakawa, 2009).

Fosfiti lahko delujejo direktno kot tudi indirektno z obrambo rastline na okužbo (Smillie in sod., 1989). Inducirano odpornost so dokazali na krompirju. Navajajo, da je kalijev fosfit vpleten v okrepitev celične stene in še nekatere druge obrambne mehanizme (Olivier in sod., 2012). Machinandiarena in sod. (2012) so ugotovili, da je vpleten v tvorbo lignina v celični steni. Vpliva na zgodnejši in intenzivnejši odziv na okužbe, predvsem s posredovanjem salicilne kisline. Kalijev fosfit je na soji tudi povečal indeks listne površine (LAI) (Silva in sod., 2011).

Fosfonati so dokazano učinkoviti sistemiki proti peronospori vinske trte z veliko sposobnostjo premeščanja po rastlini, saj se transportirajo tako po ksilemu kot po floemu (Magarey in sod., 1991). Pri vinski trti so potrdili zmanjšano okužbo s peronosporo, niso pa zaznali učinkovitosti proti oidiju in rdečemu listnemu ožigu (Speiser, 2000). Lešnik in sod. (2009) navajajo, da ima kalijev fosfonat 50–80-odstotno učinkovitost proti peronospori. V kombinaciji z bakrovimi pripravki je odličen pripravek proti peronospori (Hoffmam in sod., 2008). Ferrari in sod. (2000) so potrdili učinkovitost kalijevega fosfita do začetka razvoja grozdov, za kasnejše fenofaze pa ga ne priporočajo. Pri navadnem repnjakovcu (*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh) so ugotovili zmanjšano infekcijo s *Phytophthora cinnamomi* Rands (Eshraghi in sod., 2011). Tudi na soji so potrdili zmanjšano okužbo s sojino plesnijo (Silva in sod., 2011), na krompirju učinkovito deluje proti krompirjevi plesni (Machinandiarena in sod., 2012), na jagodah pa proti koreninski gnilobi (Rebollar-Alviter in sod., 2010). Na jablani je kalijev fosfit učinkovito deloval proti modri plesni kot induktor odpornosti (Amiri in Bompeix, 2011). Na ameriškem orehu so potrdili zmanjšanje okužbe s *Fusicladium effusum* G. Winter s fosfiti, ugotovili so primerljiv učinek z ostalimi fungicidi, vendar se je pokazala fitotoksičnost (Bock in sod., 2012).

Izkazalo se je, da se po aplikaciji kalijevega fosfonata pojavi ostanek fosforja v vinu, zato ne priporočajo prekomerne uporabe, saj karenca ne vpliva na zmanjšanje (Speiser, 2000). Priporoča se uporaba fosfitov do štirikrat na leto v obdobju cvetenja in kmalu po njem (Vršič in Lešnik, 2010).

2.2 UČINKI FOLIARNIH KEMIČNIH SREDSTEV NA FOTOSINTEZO

Foliarni nanosi različnih pripravkov so vsesplošno uporabni v hortikulti, med drugim tudi v vinogradništvu. Uporabljam jih za dognojevanje, predvsem ko se pojavi potreba po določenem hraništu, foliarno pa nanašamo tudi pripravke za varstvo rastlin.

Na vnos foliarno dodanih snovi v rastlino vpliva več dejavnikov. To so relativna vlaga, temperatura zraka, svetloba, veter, stanje rastline, fenološke faze in morfološke lastnosti lista (Fernández in Brown, 2013), pa tudi od kemijskih in fizičnih lastnosti nanesene snovi (pH, polarnost, velikost molekul ...). Snovi lahko prehajajo v rastlino skozi listne reže, kutikulo, ektodesmato (strukture na epidermalni steni), skozi lenticiele in akvapore

(Pandey in sod., 2013). Za učinkovit transport ionov v celico večjih polarnih molekul so potrebni transportni membranski proteini. Transport lahko poteka pasivno ali aktivno. Glede na mehanizem transporta ločimo več tipov membranskih proteinov. Transport poteka pasivno, če se snov giblje po gradientu, t.j. razlika v koncentraciji ali razlika v naboju. Pri pasivnem transportu sodelujeta dve vrsti transportnih proteinov, kanalčki in prenašalci. Kadar se snov transportira v smeri proti elektrokemijskemu gradientu, je potreben vložek energije oziroma aktivni transport. Proteine, ki ga opravljam, imenujemo črpalki. Protonske črpalki transportirajo skozi membrano vodikove ione. Anioni mineralnih hranil vstopajo s sekundarnim aktivnim transportom, simportom (vodikovi ioni se v membrani premeščajo v isti smeri). Pri sekundarnem aktivnem transportu se izkorišča prosta energija protonskega gradienta, ki ga vzpostavijo protonske črpalki. Transportni protein, ki ga opravlja, je sposoben transportirati neko snov proti njenemu elektrokemijskemu gradientu ob hkratnem toku vodikovih ionov s področja večje na področje manjše koncentracije. Pri kationih mineralnih hranil je mogoč pasivni transport v celico, ustrezna koncentracija v celici pa se vzdržuje z aktivnim izločanjem iz celice (Vodnik, 2012).

Fotosinteza je proces asimilacije ogljika, v katerem se ogljikov dioksid (CO_2) v zelenih tkivih s pomočjo svetlobe reducira do sladkorja, sočasno pa voda (H_2O) oksidira v procesu fotolize, kar sprosti kisik. Ločimo svetlobne in ogljikove reakcije fotosinteze. Bistvo svetlobnih reakcij je, da s svetlobo pridobimo reducent, ki je zadost močan za redukcijo CO_2 , in je močan oksidant za oksidacijo vode. V tem procesu se tvori tudi ATP (adenozin trifosfat), ki je potreben za asimilacijo CO_2 . Vgradnja CO_2 poteka v stromi kloroplasta, kjer so encimi, ki katalizirajo set reakcij v Calvinovem ciklu (ogljikove reakcije fotosinteze). Ogljikove reakcije potekajo sočasno s svetlobnimi, ki jih preskrbujejo z energijo in reducenti. Calvinov cikel poteka v treh fazah. V fazi karboksilacije se CO_2 veže na pentozo ribuloze-1,5-bifosfat. Produkt sta dve molekuli 3-fosfoglicerata, ki se v fazi redukcije reducira do dveh molekul gliceraldehyda 3-fosfata. V fazi regeneracije se skozi več reakcij obnavlja molekula ribuloze 1,5-bifosfata in cikel se lahko izvaja naprej. Eno šestino nastalega gliceraldehyda 3-fosfata rastlina lahko uporabi kot fotosintezni produkt. Fotosintezno aktivna tkiva porabljam fotoasimilate za lastne potrebe, z njimi pa oskrbujejo tudi ostala rastlinska tkiva in organe po floemu (Vodnik, 2012). Torej zmanjšanje aktivnosti fotosinteze vpliva na zmanjšano tvorbo fotoasimilatov, kar omeji rasti in vodi v zmanjšanje pridelka. V literaturi se sicer velikokrat prikaže, da to ne drži vedno (Körner, 2015).

Fungicidi lahko vplivajo na fotosintezo, odvisno od pripravka in rastline (Dias, 2012). Uporaba fungicidov je vseeno smiselna, saj fotosintezo zmanjšujejo tudi bolezni, med drugimi oidij in peronospora, kjer se zmanjšanje opazi že pri majhni okužbi in je okužba pomemben stresni dejavnik pri zorenju grozdja, saj ovira sintezo ogljikovih hidratov (Moriondo in sod., 2005; Jermini in sod., 2010). Tudi herbicidi lahko zmanjšajo neto fotosintezo na trti (Bhatti in sod., 1998; Wei in sod., 2013).

Naj navedemo le nekaj primerov, ko so opazili učinke na fotosintezno aktivnost po nanašanju foliarno dodanih pripravkov. Fludioxonil in fenhexamid, fungicida, sta zmanjšala fotosintezno aktivnost vinske trte (Petit in sod., 2009). Za hortikulturna olja (parafinska olja) se je prav tako izkazalo, da zmanjšajo neto fotosintezo, transpiracijo in prevodnost listnih rež (Finger in sod., 2002). Foliarno dodan fosfor in fosfor skupaj s kalijem kot gnojili zmanjšata neto fotosintezo in transpiracijo pri jablani (Veberič in sod., 2005). Na trti imajo podoben vpliv kalijeva foliarna gnojila (Agripotash, Nutrileaf in kalijev nitrat) (Knoll in sod., 2006).

2.2.1 Učinki bakra

Baker sodeluje pri reakcijah prenosa elektronov v svetlobnih reakcijah fotosinteze, ki potekajo na tilakoidah kloroplastov. V plastocianinu, ki sodeluje tudi pri prenosu elektronov iz citokroma b6f-kompleksa na fotosistem I, je vezanega kar 50 % bakra. Sodeluje pa še v citokrom oksidazi, askorbat oksidazi, diamin oksidazi, fenol oksidazi itd. (Vodnik, 2012). Vključen je v redoks reakcije v celici, presežek elementov pa povzroči negativne reakcije, kot so tvorba reaktivnih oksidativnih vrst v reakciji Fenton, izmenjava esencialnih kovinskih ionov iz aktivnih centrov encimov ali funkcionalnih skupin. Presežek povzroči kloroze, nekroze in inhibicijo rasti (Dučič in Polle, 2005). Ob pomanjkanju bakra se na sicer temno zelenih listih pojavijo nekrotične pege, najprej na konicah manjših listov, od koder se po robovih širijo proti bazi lista (Vodnik, 2012).

Petit in sod. (2012) navajajo, da bakrovi kontaktni fungicidi inhibirajo fotosintezo z uničenjem kloroplastov, zmanjšajo aktivnost fotosistema II, vplivajo pa tudi na odprtost listnih rež, inhibicijo Rubisca, inaktivacijo fotosistema I in inhibicijo drugih mest na verigi transporta elektronov. Romeu-Moreno in Mas (1999) poročata, da baker povzroči zmanjšanje in oslabelost listov, kar posledično vodi do zmanjšanja fotosinteze. Baker tudi vpliva na porazdelitev ionov kalcija, kalija in magnezija med listi in koreninami rastlin. Trdijo, da zmanjšanje vsebnosti kalija, ki tudi zavira povečanje listne površine, inhibira fotosintezo. Zmanjšanje vsebnosti magnezija pa še okrepi to inhibicijo, ker zmanjša vsebnost asimilatov v listih.

Raziskave na trti so pokazale, da so imele rastline, izpostavljene bakru, več klorofila, karotenoidov in skupnih maščob. Zmanjšala pa se je vsebnost sladkorjev (Romeu-Moreno in Mas, 1999). V zaprtem sistemu so se ob dodatku Cu v substrat na trti 'Sauvignon' pokazale drastične spremembe v presnovi dušika, zmanjšala se je njegova skupna vsebnost, kar se je odražalo tudi na listih (Llorens in sod., 2000). Na divji trti *Vitis vinifera sylvestris* je nanos bakra ravno tako povzročil zmanjšanje neto fotosinteze. Neto fotosinteza je bila po 30 dneh bistveno manjša kot po desetih dneh. Zmanjševala se je tudi prevodnost listnih rež, na fotokemično učinkovitost pa niso zaznali vpliva. Izkazalo se je tudi, da *Vitis vinifera sylvestris* prenese večje vsebnosti bakra kot žlahtna vinska trta (Cambrollé in sod., 2013).

Na višnji (*Prunus cerasus* L.) po nanosu bakrovih fungicidov niso odkrili sprememb v neto CO_2 asimilaciji in prevodnosti listnih rež (Gruber in sod., 2009). Palmer in sod. (2003) pa so ugotovili, da nanos bakrovega hidroksida in žvepla zmanjša neto asimilacijo CO_2 in prevodnost listnih rež na jablanah, niso pa posebej raziskali samo vpliva bakra. Baker lahko povzroči tudi zmanjšanje hitrosti transporta elektronov po tilakoidah (ETR) (Wodala in sod., 2012), nasprotno pa Pádua in sod. (2010) niso zaznali sprememb v ETR in fotokemični učinkovitosti, zaznali pa so inhibicijo fotosinteze. Ke (2007) je na *Amaranthus tricolor* L. ugotovil, da baker zmanjša celotno biomaso rastline, neto fotosintezo in prevodnost listnih rež, vsebnost klorofila, železa, magnezija in kalija v listih. Kumaram se je pod bakrovim stresom tudi pojavil upad fotosinteze, predvsem zaradi kopičenja ogljikovih hidratov v oslabljenih listih, vendar baker ni bil dodan foliarno, ampak v substrat (Alaoui-Sossé in sod., 2004). Nasprotno pa so na hmelju 15 minut po aplikaciji opazili povečano fotosintezo in transpiracijo (Krofta in sod., 2012).

2.2.2 Učinki pripravkov za krepitev rastlin

Malo je raziskanega o vplivih pripravkov za krepitev rastlin na fotosintezo, sploh pa o fosfitih, ki so se šele dobro začeli širiti na tržišču. Mittersteiner in Kelderer (2002) sta merila fotosintezno aktivnost na jablanah po nanosu bakrovega hidroksida, apna in žvepla, samo žvepla in Ulmasuda B. Ugotovila sta, da je imel Ulmasud B največji vpliv na zmanjšanje neto fotosinteze, baker pa najmanjši. Nekaj poskusov so opravili s pripravki iz kaolina, ki je podoben Ulmasudu, in ugotovili, da kaolin ne zmanjša fotosintezne aktivnosti in produktivnosti zaradi prepustnosti zaščitne plasti, ki jo naredi. Ta plast tudi odbija svetlobo in zmanjšuje stres zaradi sončnega sevanja (Glenn in sod., 1999). Na grenivki (*Citrus x paradisi* Macfad.) je nanos kaolina zmanjšal temperaturo lista za 3 °C, kar je povečalo opoldansko stomatalno prevodnost. Opoldanska fotoinhibicija neto fotosinteze je bila za 30 % manjša kot pri kontroli. Na transpiraciji, fotokemični učinkovitosti in vsebnosti CO_2 v listih ni bilo zaznanih sprememb (Jifon in Syvertsen, 2003). Nasprotno je na oljkah (*Olea europaea* L.) kaolin pokazal pomembno vlogo pri vzdrževanju vodnega potenciala. V sušnem stresu je kaolin povečal asimilacijo CO_2 in neto fotosintezo v primerjavi s kontrolo (Denaxa in sod., 2012). Tudi na jablani je nanos pripravka iz kaolina izboljšal neto fotosintezo in transpiracijo (Privé in sod., 2007). Pri trti je povečal tudi neto dnevno stomatalno prevodnost (Shellie in Glen, 2008).

V poskusu na izoliranih kloroplastih špinače so fosfonatni pripravki inhibirali fiksacijo CO_2 in redukcijo 3-fosforglicinske kisline. Na Rubisco so delovali kot kompetitivni inhibitorji (Heuer in Portis, 1987). Nanos fosfita na citruse v primerjavi s kontrolo ni potrdil razlik v vsebnosti klorofila in neto asimilaciji, tudi ne v transpiraciji in vsebnosti CO_2 v listih. Pokazala pa se je fitotoksičnost fosfita (César Bachiega Zambosi in sod., 2011).

V literaturi je moč zaslediti podatke o tem, kako na fotosintezno aktivnost vplivajo nekateri drugi foliarno dodani pripravki. Pripravek iz ekstrakta morskih bioaktivnih substanc poveča neto fotosintezo in stomatalno prevodnost v primerjavi s kontrolo na trtah

(Mancuso in sod., 2006). Foliarni nanos aminokislin in ekstrakta iz morske trave poveča vsebnost klorofila in površino listov na trti (Khan in sod., 2012). Nanos Mixtatola, alifatskega alkohola, poveča neto fotosintezo in posledično tudi pridelek (Menon in Srivastava, 1984). Nanos parafinskega olja na spodnjo stran listov zmanjša neto fotosintezo za 30 % (Baudolin in sod., 2006). Ribje olje prav tako zniža fotosintezo na jablani (McArtney in sod., 2006).

Velika variabilnost v literaturi glede vplivov pripravkov na fotosintezno aktivnost in malo poskusov s pripravki za krepitev rastlin so nas še dodatno spodbudili, da je naša naloga smiselno zasnovana.

3 MATERIAL IN METODE

3.1 MATERIAL

Za poskus smo uporabili drugorazredne ukoreninjene trtne cepljenke sorte 'Zelen' (*Vitis vinifera* L.), cepljene na podlago 'Kober 5BB' (slika 1). To pomeni, da cepljenke niso bile primerne za prodajo, ker niso dosegale standardov, da ima cepljenka tri dobro razvite in pravilno razporejene korenine, dolžina debla ukoreninjene trsne cepljenke mora biti najmanj 20 cm, vsaka ukoreninjena trsna cepljenka mora imeti popolnoma pravilno in zaraščeno cepljeno mesto. Peta pa mora biti odrezana dovolj pod diafragmo nodija, vendar ne več kot en centimeter pod njo (Pravilnik o trženju ..., 2005). Na izbiro materiala nismo imeli vpliva, saj smo bili odvisni od razpoložljivosti v trsnici, kjer so nam material odstopili za poskus. Kljub odstopanjem od standardov je bil ta material za poskus primeren, saj smo testirali odziv na ravni lista.

'Zelen' je avtohtona vipavska sorta, razširjena predvsem v zgornji Vipavski dolini med Lozicami in Planino nad Ajdovščino. Sorta zgodaj brsti, zimsko oko je konusne oblike, pokrito s širokimi luskami, vrh pa je belkast. Vršiček mladike je pokrit z volnatimi dlačicami in upognjen, na robovih pa je rdečkaste barve. Mladi gornji lističi so bakrene barve in pokriti z volnatimi dlačicami, po mladiki navzdol pa se bakrena barva izgublja. Odrasli listi so srednje veliki in petdelni z ostrimi zobci. Gornji zarezi med žilami sta globlji, spodnji pa slabše izraženi. Listna ploskev je valovita in srednje debela. Barva lista je rumenkasto zelena s sijajem. Gornja in spodnja stran lista sta goli in gladki. Trta raste srednje bujno in dobro prenaša sušo. Občutljiva je na pozebo. Najbolj ji ustreza sončne lege. Pozno dozori. Kakovost in aroma se pri prevelikih pridelkih izgubita (Hrček in Korošec-Koruza, 1996).

'Zelen' je priporočena sorta v vinorodnem okolišu Vipavska dolina in v vinorodnem podokolišu Vrhe, ki spada v vinorodni okoliš Kras (Pravilnik o seznamu ..., 2007).

Kober 5BB je podlaga, medvrstni križanec *Vitis berlandieri* in *Vitis riparia*. Velja za univerzalno podlago, saj uspeva dobro tako v skromnih tleh kot v vlažnih in plodnih tleh. Dobro prenese namakanje in gnojenje z mineralnimi gnojili. Podlaga prenese od 20 do 22 % aktivnega apna v tleh (Hrček in Korošec-Koruza, 1996). Dobro je prilagojena na lahka, suha in revna tla. Zelo dobro je odporna proti trtni uši (*Viteus vitfoliare* Fitch) in ogorčice (*Nematoda*). Vpliva na bujnost rasti in je tolerantna na sušo (Vršič in Lešnik, 2010).

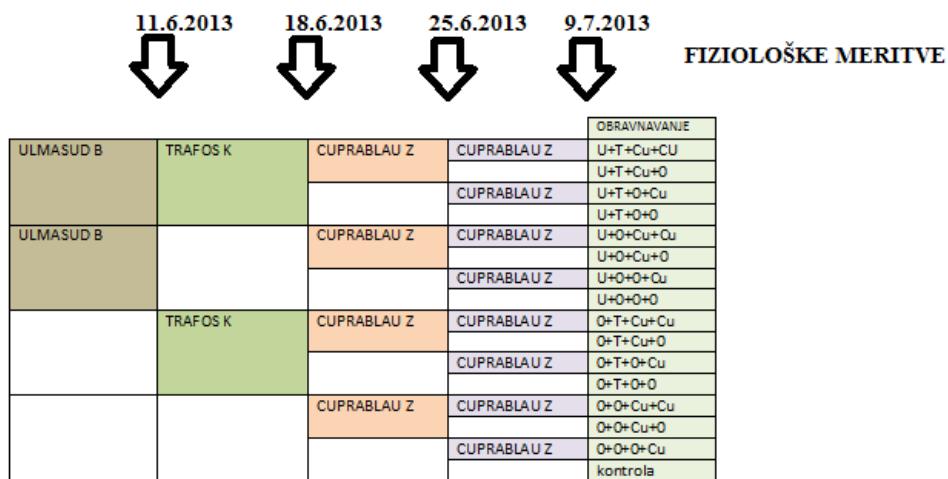


Slika 1: 'Zelen', cepljen na podlago 'Kober 5BB' (foto: Kodre, 2013)

3.2. METODE DELA

3.2.1 Zasnova poskusa

Poskus smo opravili v rastlinjaku Selekcjsko trsničarskega središča (STS) v Vrhopolu v letu 2013. Cepljenke smo najprej posadili v lonce. Po programu na sliki 2 smo v začetku junija, ko so bile mladike že dovolj velike in imele vsaj pet polno razvitih listov, polovico trt poškropili s pripravkom Ulmasud B. Čez štiri dni smo opravili prve meritve. Teden po prvem škropljenju smo polovico kontrolnih trt in polovico trt, škropljenih z Ulmasudom B, poškropili s Trafosom K in ravno tako čez štiri dni izvedli meritve. Tretje škropljenje smo izvedli en teden za drugim; polovico trt posameznega obravnavanja smo tretirali s pripravkom Cuprablau Z 35WP in opravili meritve čez štiri dni ter nato še čez dva tedna ponovili škropljenje z bakrenim pripravkom Cuprablau Z 35WP in ravno tako opravili meritve po štiridnevnu razmiku (slika 2).



Slika 2: Shematski prikaz škropilnih programov in datumov fizioloških meritov

3.2.2 Priprava poskusa

Marca smo posadili cepljenke v plastične loncne volumna 5 L. Za namen poskusa smo predvideli 128 trt, ki smo jih posadili v komercialni vrtnarski šotni substrat proizvajalca Klasmann tipa Potgrond H. Loncne smo postavili na potopno mizo v rastlinjaku. V dobrem mesecu so se vsem cepljenkam razvili vegetativni brsti. Kasneje smo jim postavili oporo in jih po potrebi privezovali, da se ne bi mladike lomile.



Slika 3: Posajene cepljenke v loncih na dan 14. 3. 2013 (foto: Kodre, 2013)

Poskus smo namensko opravili v rastlinjaku, da bi čim bolje izenačili okoljske razmere, kot so svetloba, toplota in vlaga. Rastlinjak je prilagojen gojenju trt, ker ga uporabljajo za repozitorij klonov vinskih sort in matičnih trsov indikatorjev. V rastlinjaku se sproži hlajenje, če temperatura preseže 28 °C.

Nanos pripravkov smo opravili z ročno škropilnico. Pazili smo, da se je pripravek dobro raztopil v vodi, za pripravo smo uporabili deževnico. Pripravek smo pršili s čim manjšimi kapljicami, enakomerno in po vseh listih na trtah. Pripravke smo nanašali štirikrat v tedenskih razmikih. Prvič smo uporabili Ulmasud B v odmerku 10 g/L, drugič smo nanesli Trafos K v odmerku 3 mL/L, tretjič in četrtič smo uporabili pripravek Cuprablau Z 35 WP v odmerku 20 g/L. To so dovoljene vsebnosti pripravkov, ki jih morajo upoštevati tudi vinogradniki.

3.2.3 Razpored opravil

V preglednici 1 je prikazan časovni razpored opravil. Zalivanje se je izvajalo po načrtu STS Vrhopolje.

Preglednica 1: Časovni razpored opravil

Opravilo	Datum
1 sajenje cepljenk	14. 3. 2013
2 postavljanje opore	10. 5. 2013
3 privezovanje na oporo	31. 5. 2013
4 tretiranje z Ulmasudom B	7. 6. 2013
5 fiziološke meritve	11. 6. 2013
6 tretiranje s Trafosom K	14. 6. 2013
7 fiziološke meritve	18. 6. 2013
8 tretiranje s Cuprablauom Z	21. 6. 2013
9 fiziološke meritve	25. 6. 2013
10 tretiranje s Cuprablauom Z	5. 7. 2013
11 fiziološke meritve	9. 7. 2013

3.2.4 Opis meritvev

3.2.4.1 Rastne razmere

Podatke o povprečni dnevni temperaturi, povprečni relativni vlagi in povprečnem sončnem sevanju v času poskusa smo pridobili iz Agrometeorološkega portala Slovenije za vremensko postajo Slap. Zunanje razmere so vplivale na razmere v rastlinjaku, saj rastlinjak ni imel regulirane svetlobe, temperature in vlage.

V rastlinjak smo postavili prenosne merilce relativne vlage in temperature zraka Voltcraft DL-120TH (Conrad Electronic AG, Wollerau, CH), ki so beležili meritve na vsakih 10 minut.

3.2.4.2 Fotosintezna aktivnost

Za merjenje fotosintezne aktivnosti smo uporabili prenosni merilnik Li 6400xt (LiCor, Lincoln, NE, ZDA) (slika 5), ki deluje kot odprt diferencialni sistem z dvema infrardečima plinskima analizatorjem (IRGA infra red gas analyzer). IRGA se uporablja, ker CO₂ v tem delu spektra močno vpija svetlobo. Če kiveto z vzorcem zraka presvetlimo z IR-virom in izmerimo energijo IR-sevanja po prehodu skozi vzorec, lahko iz razlike izračunamo absorpcijo in koncentracijo CO₂ v vzorcu. V tem delu spektra absorbira tudi voda, kar nam omogoča vpogled v procese fotosinteze in transpiracije. Del lista zapremo v komoro in vanjo z določeno hitrostjo toka dovajamo zrak z znano koncentracijo CO₂ in vlažnostjo. Zaradi fotosinteze in respiratorne aktivnosti list spremeni koncentracijo CO₂ v komori, zaradi transpiracije pa se poveča koncentracija vodne pare. To spremembo lahko odčitamo na merilniku in izračunamo fotosintezo, transpiracijo in prevodnost listnih rež. Zraven lahko tudi reguliramo nekatere abiotiske dejavnike, ki pomembno vplivajo na fotosintezo, kot so jakost fotosintetsko aktivnega sevanja, zračna vlaga in temperatura (Vodnik, 2012).

Merilnik Li 6400xt je opremljen tudi s fluorometrom, ki omogoča, da simultano z meritvami izmenjave CO₂ (neto fotosinteze) merimo tudi fotokemično učinkovitost.

3.2.4.3 Potek meritev

Za meritve smo izbrali peti ali četrti list na mladiki, gledano z baznega proti apikalnemu delu mladike. Rastline smo izbirali naključno, in sicer eno iz vsakega obravnavanja (slika 4).

FIZIOLOŠKE MERITVE 11.6.2013	
ZAPOREDNA MERITEV	OBRAVNAVANJE
1.	ulmasud B
2.	kontrola
3.	ulmasud B
4.	kontrola
...	
16.	ponovitev

FIZIOLOŠKE MERITVE 18.6.2013	
ZAPOREDNA MERITEV	OBRAVNAVANJE
1.	kontrola
2.	ulmasud B
3.	trafos K
4.	ulmasud B in Trafos K
...	
32.	ponovitev

FIZIOLOŠKE MERITVE 25.6.2013	
ZAPOREDNA MERITEV	OBRAVNAVANJE
1.	kontrola
2.	ulmasud B
3.	trafos K
4.	ulmasud B in Trafos K
5.	baker
6.	baker in ulmasud B
7.	baker in trafos K
8.	baker in ulmasud B in trafos K
...	
48.	ponovitev

FIZIOLOŠKE MERITVE 9.7.2013	
ZAPOREDNA MERITEV	OBRAVNAVANJE
1.	kontrola
2.	ulmasud B
3.	trafos K
4.	
...	
80.	16 obravnavanj= ponovitev

Slika 4: Shematski prikaz poteka meritev

Meritve smo izvedli ob naslednjih nastavitevah merilnega sistema:

- referenčna koncentracija CO₂ = 380 µmol CO₂ mol⁻¹
- gostota toka fotosintetsko aktivnih fotonov = 1000 µmol fotonov m⁻² s⁻¹
- temperatura lista = 25 °C

Pri meritvah smo pazili, da je bila vlažnost okoli 45 %, kar smo dosegli z usmerjanjem zraka, ki vstopa v merilnik, skozi sušilno sredstvo.

Ob vsaki meritvi smo počakali, da se je v kiveti vzpostavilo stabilno stanje (steady-state), kar je običajno trajalo od dve do štiri minute. Zatem smo zabeležili parametre meritev

izmenjave plinov in hkrati sprožili saturacijski svetlobni pulz fluorometra. Zabeležili smo naslednje direktno izmerjene in izračunane parametre:

- Photo = neto fotosinteza ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
- Cond = prevodnost listnih rež (mol $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
- Trmmol = transpiracija ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
- Fv'/Fm' = fotokemična učinkovitost (brez enot)
- ETR = hitrost transporta elektronov po tilakoidi (brez enot)



Slika 5: Meritve fotosintezne aktivnosti z aparaturom Licor 6400xt(foto: Kodre, 2013)

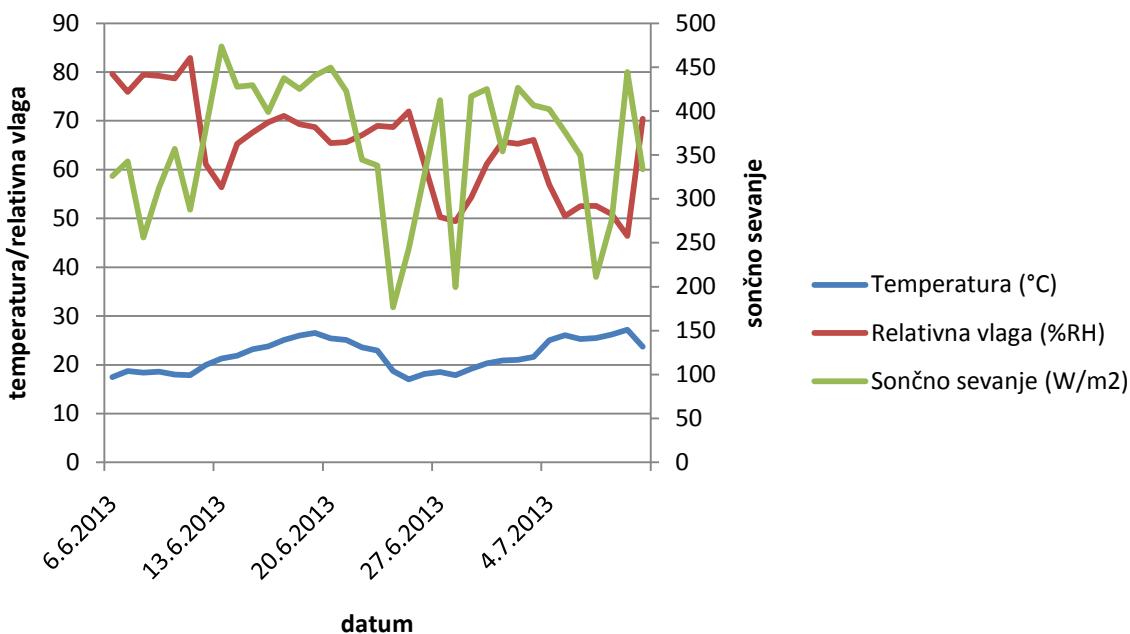
3.2.5 Statistična analiza

Za statistično analizo smo uporabili prostodostopni program R 3.0.3. Izvedli smo analizo Anova s 95%-zaupanjem, kjer smo primerjali, ali obstajajo značilne razlike med obravnavanji. Kjer nam je Levenov test zavrnil hipotezo o enakosti varianc, smo podatke transformirali z naravnim logaritmom in šele nato naredili analizo Anova. Če je analiza Anova pokazala razlike, smo izvedli Duncanov test mnogoterih primerjav. Naredili smo tudi grafe – diagrame povprečij za posamezne parametre. Za primerjavo med škropilnimi programi smo imeli 16 obravnavanj s petimi ponovitvami. Obdelali smo pa tudi časovno primerjavo učinkov posameznega pripravka, kjer smo za vsak pripravek posebej spremljali, ali se spreminja z meritvami. Pri prvi in drugi meritvi smo imeli osem ponovitev, pri tretji šest in četrti pet ponovitev.

4 REZULTATI

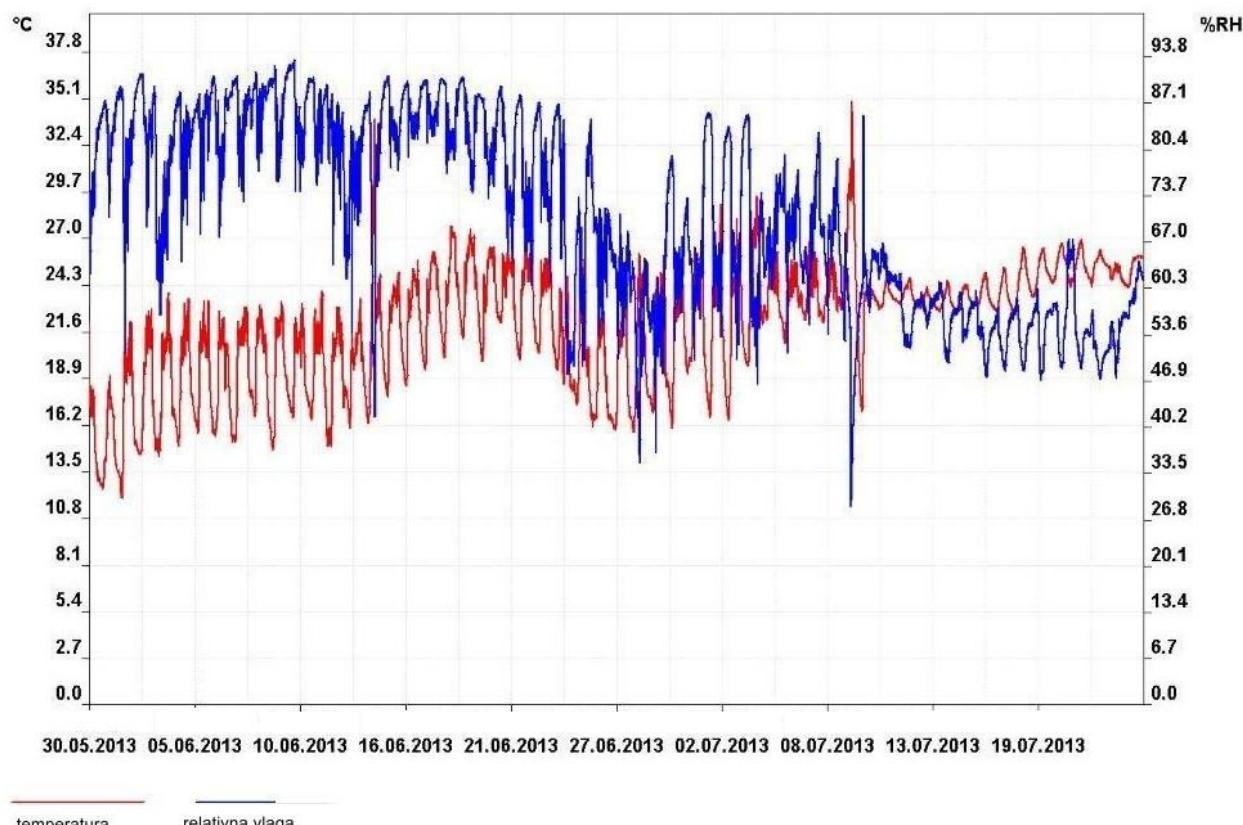
4.1 VREMENSKE RAZMERE V ČASU POSKUSA

Na sliki 6 so prikazane povprečne temperature zraka ($^{\circ}\text{C}$), povprečna relativna vlaga (%RH) in povprečno sončno sevanje (W/m^2) za vremensko postajo Slap, ki je najbližja Vrhopolu. Podatki so pridobljeni iz Agrometeorološkega portala Slovenije (2015). Povprečna dnevna temperatura se je začela višati ravno, ko smo začeli prve meritve, in je dosegla eno izmed najvišjih temperatur dan po drugih meritvah ($26,5\ ^{\circ}\text{C}$). Nato je začela padati in je dosegla najnižjo temperaturo ravno na dan tretjih meritev ($17\ ^{\circ}\text{C}$). 9. 7. je bila povprečna temperatura najvišja v obravnavanem obdobju ($27,2\ ^{\circ}\text{C}$). 18. 6. in 9. 7. so bile maksimalne dnevne temperature čez $30\ ^{\circ}\text{C}$, medtem ko so bile 11. 6. in 25. 6. okrog $25\ ^{\circ}\text{C}$. Povprečno sončno sevanje se je podobno začelo povečevati na dan prvih meritev. Na dan tretje meritve je bilo najnižje ($243,3\ \text{W/m}^2$), saj je bilo tisti dan oblačno. Največje sončno sevanje je bilo na dan četrte meritev ($444,4\ \text{W/m}^2$).



Slika 6: Povprečna temperatura ($^{\circ}\text{C}$), relativna vlaga (%RH) in sončno sevanje (W/m^2) za vremensko postajo Slap leta 2013 (Agrometeorološki portal Slovenije, 2015)

V rastlinjaku so bile razmere kontrolirane (slika 7). Rastlinjak je bil nastavljen tako, da temperatura ni presegla 28 °C. V času prvih in tretjih meritvev so bile povprečne temperature v rastlinjaku v času poskusa približno enake, 20,5 °C in 20,7 °C. Povprečna temperatura na dan drugih meritvev je bila 24,5 °C. Ob četrtem terminu meritvev je bila temperatura v rastlinjaku najvišja (povprečna temperatura je bila 26,4 °C), v času poskusa tudi 31 °C, ker sistemuhlajenja ni uspelo shladiti na 28 °C. Povprečna relativna vlaga je bila pri prvih in drugih meritvah podobna (okrog 86 %RH) in je do tretjih meritvev padla na 66 %RH. Pri četrtih meritvah je bila povprečna relativna vlaga najmanjša, to je 56 %RH.



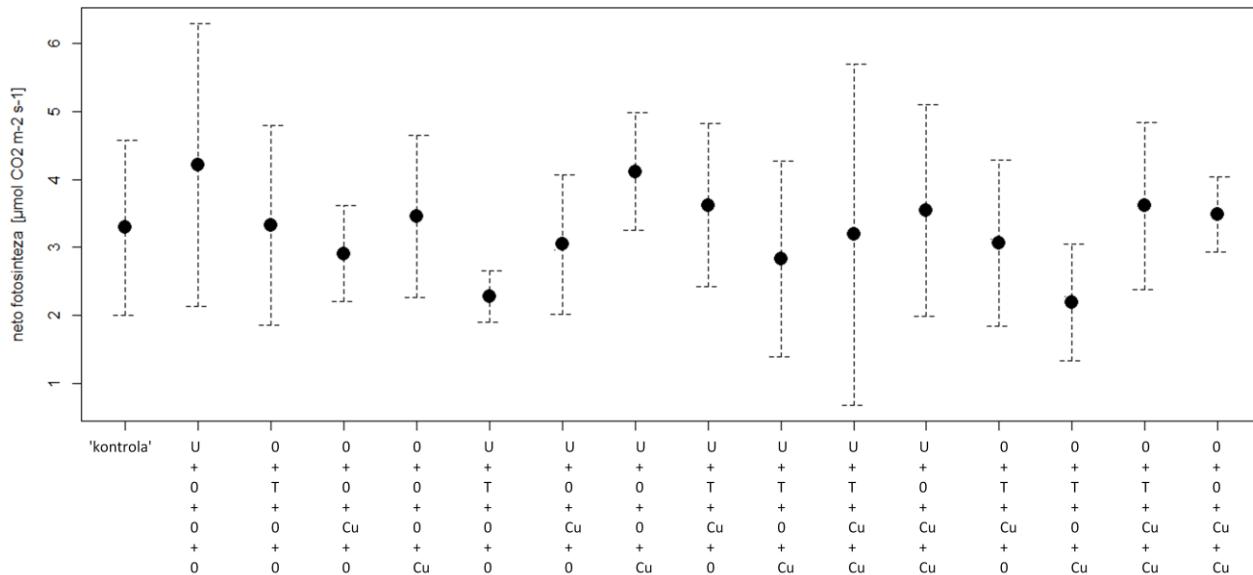
Slika 7: Povprečna temperatura (°C) in povprečna relativna vlaga (%RH) v rastlinjaku STS Vrhopolje med poskusom v letu 2013

4.2 PRIMERJAVA MED »ŠKROPILNIMI PROGRAMI«

Ob koncu tretiranja, t.j. ob četrti meritvi, smo imeli 16 različnih obravnavanj oziroma skupin trt z različnim škropilnim programom. Eno je bilo kontrola, ostala pa so različne kombinacije nanašanja pripravkov. Spremljali smo parametre: neto fotosinteza, prevodnost listnih rež, transpiracija, fotokemična učinkovitost in hitrost transporta elektronov po tilakoidah.

4.2.1 Neto fotosinteza

Slika 8 prikazuje povprečno neto fotosintezo in pripadajočo standardno deviacijo po zaključku škropilnih programov dne 9. 7. 2013.

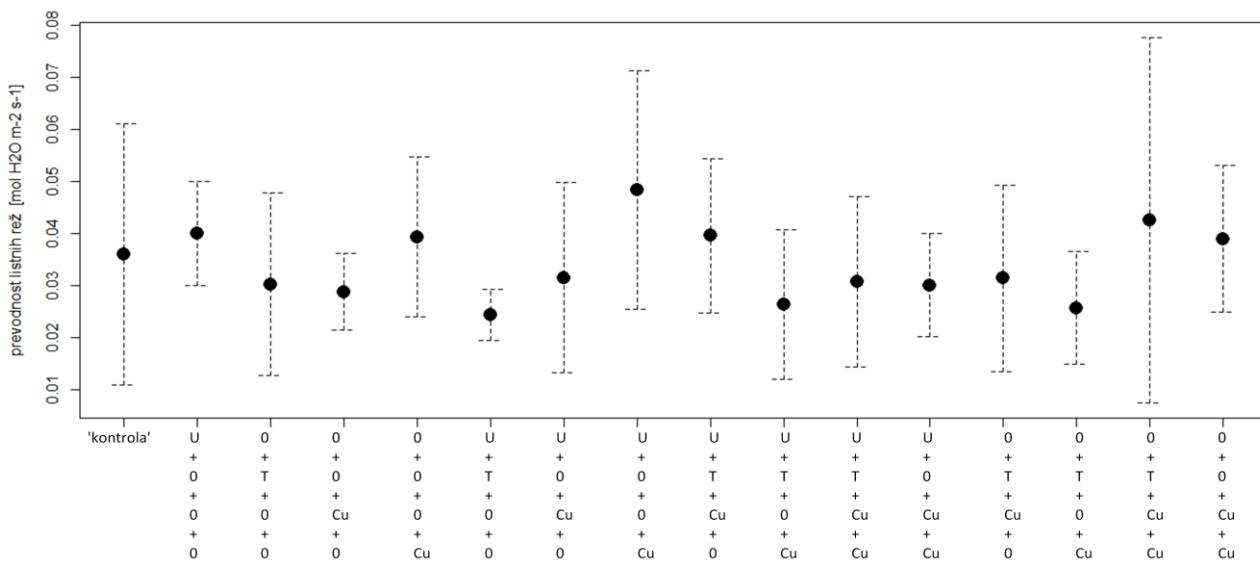


Slika 8: Povprečna neto fotosinteza ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) s standardno deviacijo enoletnih trt žlahtne vinske trte sorte 'Zelen' glede na škropilni program, izveden v rastlinjaku STS Vrhopolje leta 2013. U = Ulmasud B, T = Trafos K, Cu = Cuprablau Z.

Med obravnavanji se v neto fotosintezi niso pokazale značilne razlike. Opazili smo, da največje razlike med meritvami dosega obravnavanje, kjer smo tretirali štirikrat. Izmerjena neto fotosinteza, ne glede na obravnavanje, je bila med 0,87 in 7,92 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Največjo fotosintežno aktivnost smo izmerili trtam, tretiranim samo z Ulmasudom, kjer so tudi povprečne meritve največje ($4,21 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Najmanjšo povprečno neto fotosintezo smo izmerili pri obravnavanju 0+T+0+Cu ($2,19 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Obravnavanja, pri katerih smo uporabili samo pripravek Ulmasud (U+0+0+0), in obravnavanja U+0+Cu+Cu ter U+0+0+Cu imajo večjo povprečno neto fotosintezo kot kontrola.

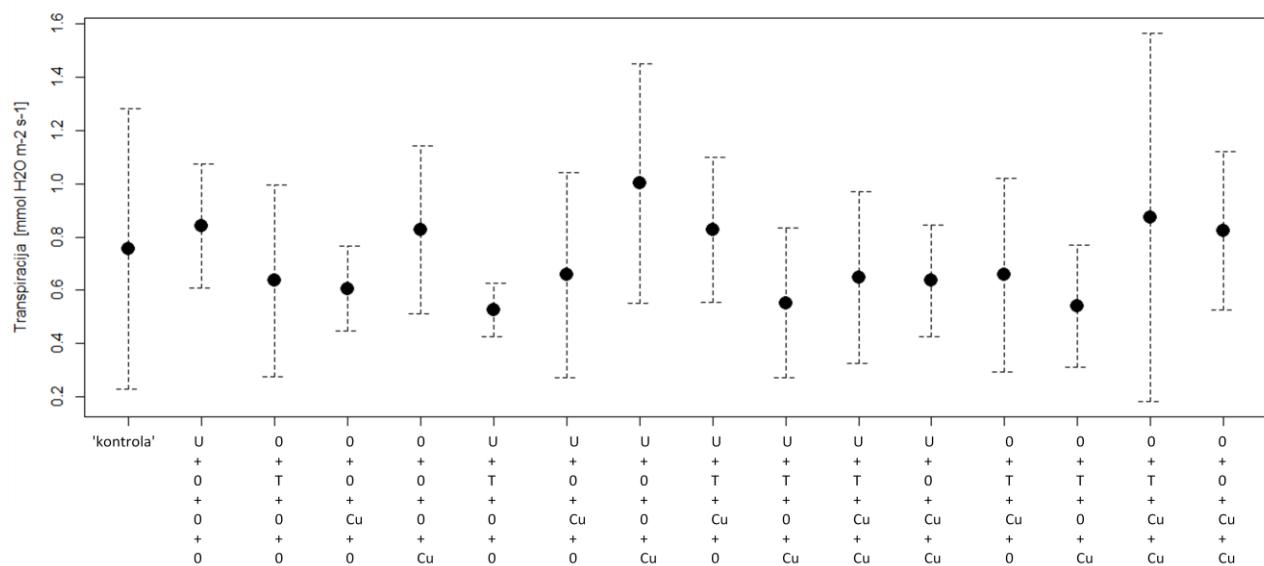
4.2.2 Prevodnost listnih rež in transpiracija

Slika 9 prikazuje povprečno prevodnost listnih rež in pripadajočo standardno deviacijo po zaključku škropilnih programov dne 9. 7. 2013.



Slika 9: Povprečna prevodnost listnih rež ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) s standardno deviacijo enoletnih trt žlahtne vinske sorte 'Zelen' glede na škropilni program, izveden v rastlinjaku STS Vrholpolje leta 2013. U = Ulmasud B, T = Trafos K, Cu = Cuprablau Z.

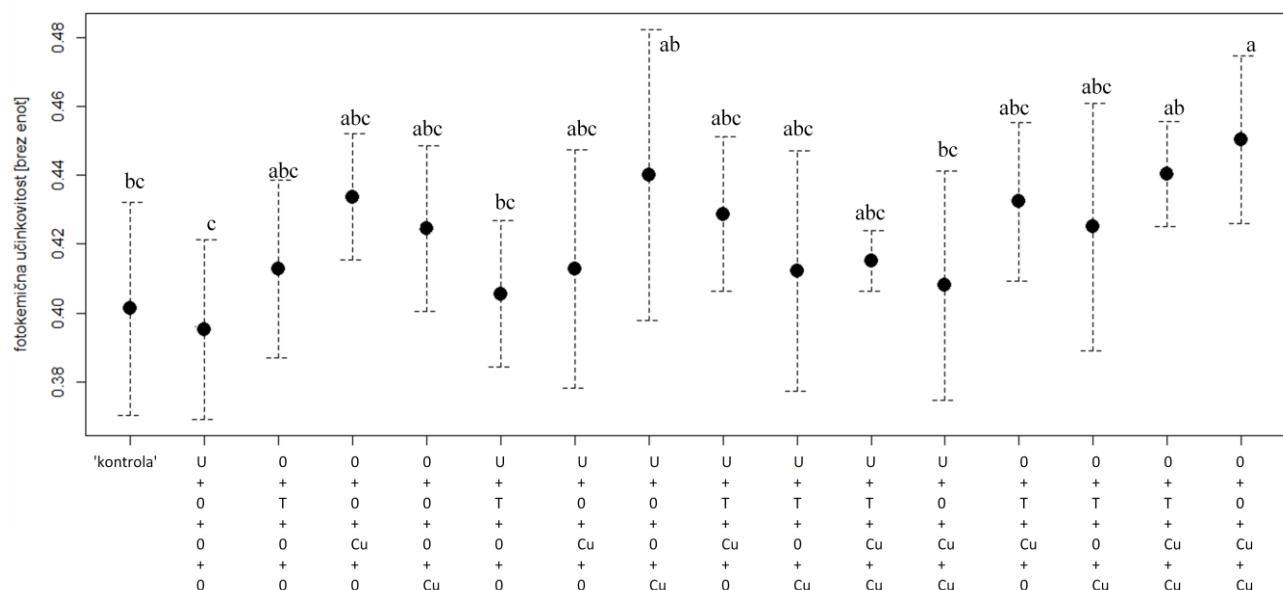
Med trtami, ki so bile tretirane z različnimi kombinacijami pripravkov, ne obstajajo značilne razlike. Največje razlike med meritvami so dosegali listi trt, na katere smo nanesli Trafos in dvakrat Cuprablau. Prevodnost listnih rež je bila od 0,007 pa do 0,098 $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Največjo povprečno prevodnost listnih rež so imele trte iz obravnavanja U+0+0+Cu (0,048 $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), najmanjšo povprečno prevodnost listnih rež pa U+T+0+0 (0,024 $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Slika 10 prikazuje povprečno transpiracijo s standardno deviacijo. Tudi pri transpiraciji se niso pojavile značilne razlike, opazili smo, da sta si sliki 9 in 10 podobni, ker sta prevodnost listnih rež in transpiracija povezani. Trtam v poskusu smo izmerili transpiracijo med 0,154 in 1,96 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$.



Slika 10: Povprečna transpiracija ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) s standardno deviacijo enoletnih trt žlahtne vinske trte sorte 'Zelen' glede na škropilni program, izveden v rastlinjaku STS Vrhopolje leta 2013. U = Ulmasud B, T = Trafos K, Cu = Cuprablau Z.

4.2.3 Fotokemična učinkovitost in hitrost transporta elektronov

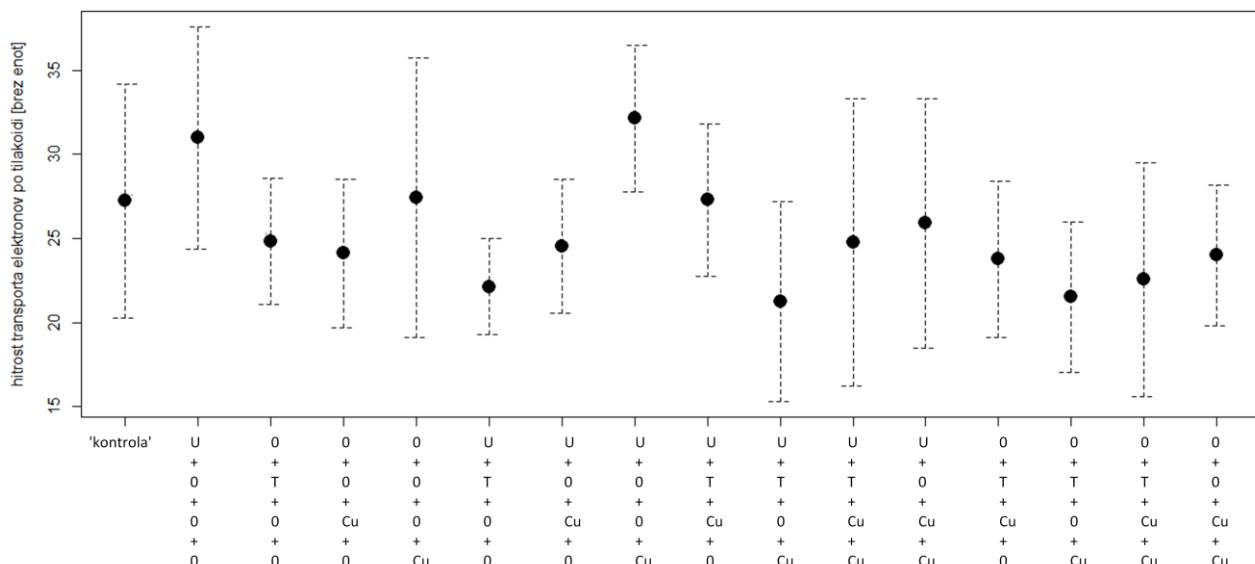
Slika 11 prikazuje povprečno fotokemično učinkovitost in pripadajočo standardno deviacijo po zaključku škropilnih programov dne 9. 7. 2013.



Slika 11: Povprečna fotokemična učinkovitost s standardno deviacijo enoletnih trt žlahtne vinske sorte 'Zelen' glede na škropilni program, izveden v rastlinjaku STS Vrhopolje leta 2013. Črke nad posameznim obravnavanjem prikazujejo rezultate Duncanovega testa. Iste črke pomenijo, da ni razlik. U = Ulmasud B, T = Trafos K, Cu = Cuprablau Z.

Pri fotokemični učinkovitosti so se pojavile značilne razlike, ki so prikazane na sliki 11. Iste črke pomenijo, da ni značilnih razlik. Meritve fotokemične učinkovitosti so bile med 0,352 in 0,498. Najmanjšo fotokemično učinkovitost je dosegalo obravnavanje, kjer smo tretirali trte samo z Ulmasudom B, največjo pa U+0+0+Cu. Največjo povprečno fotokemično učinkovitost je imelo obravnavanje 0+0+Cu+Cu (0,44), najmanjšo pa U+0+0+0 (0,39). Največjo standardno deviacijo ima obravnavanje U+0+0+Cu.

Opazimo, da imajo v primerjavi s kontrolo (0,40) obravnavanja, kjer smo uporabili pripravek iz bakra, večjo povprečno fotokemično učinkovitost. Obravnavanje, kjer smo uporabili dvakrat Cuprablau, je imelo največjo povprečno fotokemično učinkovitost (0,45) in se značilno razlikuje od kontrole. Pri hitrosti transporta elektronov po tilakoidah (slika 12) nismo zaznali značilnih razlik. Meritve so bile od 15,22 do 42,45. Največjo povprečno hitrost transporta elektronov po tilakoidah je imelo obravnavanje U+0+0+Cu (27,42), najmanjšo pa U+T+0+Cu (21,24).



Slika 12: Povprečna hitrost transporta elektronov s standardno deviacijo enoletnih trt žlahtne vinske sorte sorte 'Zelen' glede na škropilni program, izveden v rastlinjaku STS Vrhpolje leta 2012. U = Ulmasud B, T = Trafos K, Cu = Cuprablau Z. Prikazana so povprečja \pm standardna deviacija.

Trte iz obravnavanja 0+0+Cu+Cu (23,99) so imele manjšo ETR kot kontrola (27,24). Večjo povprečno hitrost transporta elektronov sta imeli obravnavanji U+0+0+0 (30,99) in U+0+0+Cu (32,12), podobno kot pri neto fotosintezi, transpiraciji in prevodnosti listnih rež.

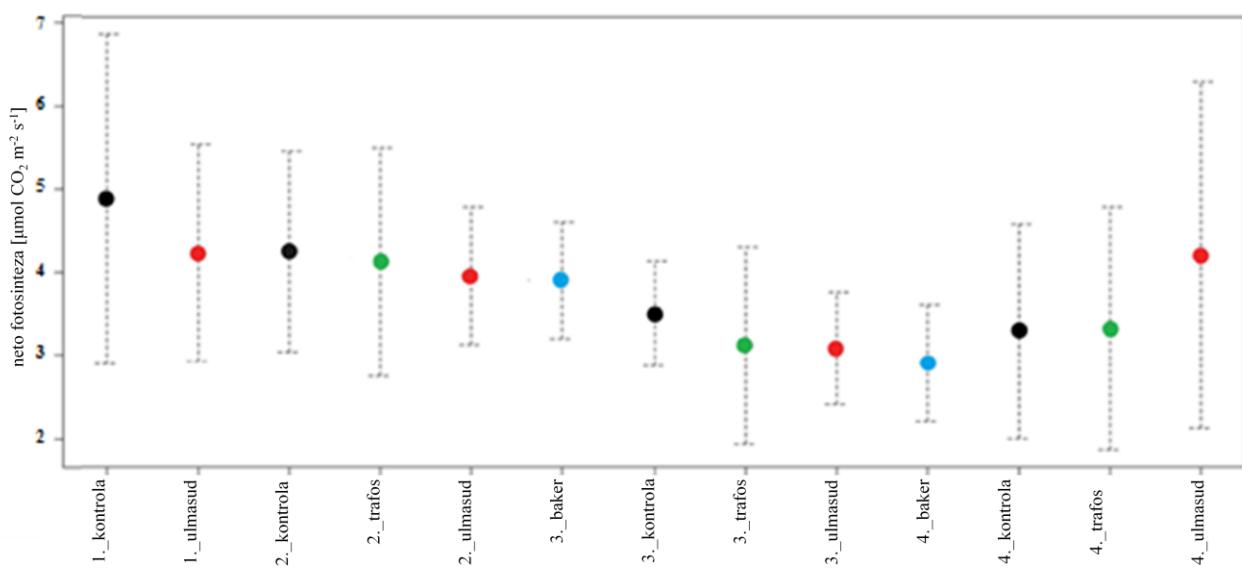
4.3 ČASOVNA PRIMERJAVA UČINKOV POSAMEZNEGA PRIPRAVKA

Ker smo meritve opravljali štirikrat (slika 4), smo lahko tudi spremljali, ali se je fotosintetska aktivnost spremenjala med posameznimi meritvami pri obravnavanjih, v katerih smo trte tretirali samo z enim pripravkom (Ulmasudom B ali Trafosom K ali

Cuprablauom Z). Za primerjavo smo na grafu dodali meritve neškropljene kontrole. Pri prvi in drugi meritvi smo imeli osem ponovitev, pri tretji meritvi šest in četrti meritvi pet ponovitev.

4.3.1 Neto fotosinteza

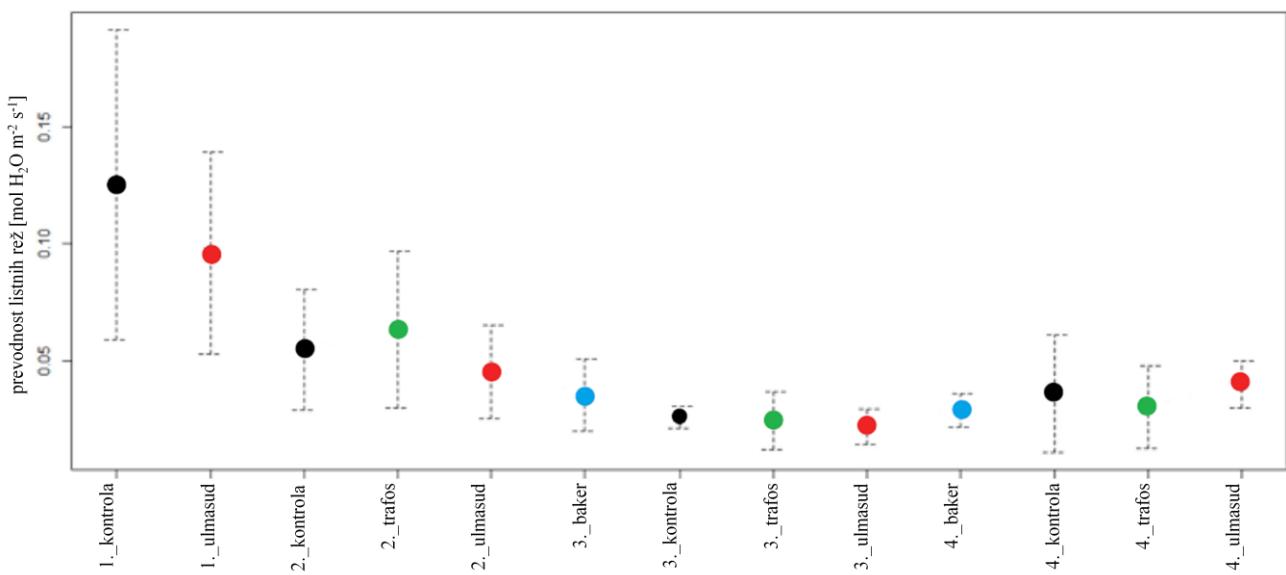
Slika 13 prikazuje povprečno neto fotosintezo in pripadajoče standardne deviacije. Ugotovili smo, da značilne razlike med meritvami ne obstajajo za nobeno obravnavanje ali kontrolo. Nakazuje se manjšanje povprečne neto fotosinteze od prvih meritev naprej in nato pri četrti meritvi nazaj povečanje.



Slika 13: Povprečna neto fotosinteza ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) s standardno deviacijo enoletnih trt žlahtne vinske sorte 'Zelen' med meritvami. Številka v oznaki pomeni zaporedno meritev z izbranim pripravkom (1._ulmasud pomeni prvo meritev cepljenk, tretiranih z Ulmasudom B). Tretiranje s pripravkom Trafos (rdeča barva na sliki) je bilo opravljeno štiri dni pred prvo meritvijo, s pripravkom Trafos K (zelena barva na sliki) štiri dni pred drugo meritvijo in s pripravkom Cuprablau Z (modra barva na sliki) štiri dni pred tretjo meritvijo.

4.3.2 Prevodnost listnih rež

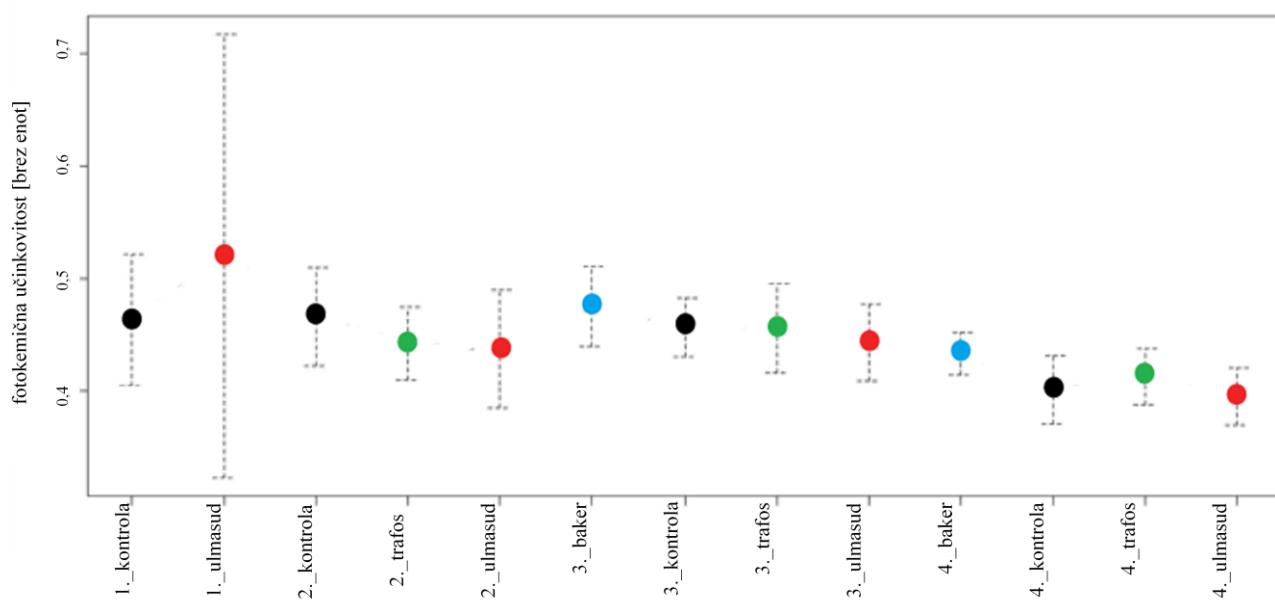
Slika 14 prikazuje povprečno prevodnost listnih rež in pripadajoče standardne deviacije. Za izvedbo Anove smo morali podatke transformirati z naravnim logaritmom. Tudi tukaj se nakazuje, da so imele prve meritve največjo prevodnost listnih rež, ki se je nato zmanjšala. Pri kontroli ($0,13 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) in tudi trtah, tretiranih z Ulmasudom ($0,10 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), se je prva meritev značilno razlikovala od ostalih meritev kontrole oziroma ostalih trt, tretiranih z Ulmasudom. Podobno je pri obravnavanju, kjer smo uporabili Trafos; meritve so se takoj po tretiranju – druga meritve ($0,063 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) značilno razlikovale od tretje ($0,024 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) in četrte ($0,03 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) meritve. Pri bakru se transpiracija, merjena 4 ali 19 dni po aplikaciji, ni razlikovala.



Slika 14: Prevodnost listnih rež (mol H₂O m⁻² s⁻¹) enoletnih trt žlahtne vinske trte sorte 'Zelen' med meritvami s pripadajočo standardno deviacijo. Številka v oznaki pomeni zaporedno meritev z izbranim pripravkom. Tretiranje s pripravkom Ulmasud B (rdeča barva na sliki) je bilo opravljeno štiri dni pred prvo meritvijo, s pripravkom Trafos K (zelena barva na sliki) štiri dni pred drugo meritvijo in s pripravkom Cuprablau Z (modra barva na sliki) štiri dni pred tretjo meritvijo.

4.3.3 Fotokemična učinkovitost

Slika 15 prikazuje povprečno fotokemično učinkovitost s pripadajočo standardno deviacijo. Med meritvami ne obstajajo značilne razlike za nobeno obravnavanje. V splošnem smo najmanjšo fotokemično učinkovitost zabeležili ob četrti meritvi (od 0,39 do 0,43). Povprečna fotokemična učinkovitost se z meritvami postopoma manjša, vendar ne značilno. Pri trtah, tretiranih s pripravkom Ulmasud, smo opazili veliko standardno deviacijo (0,19).



Slika 15: Fotokemična učinkovitost s standardno deviacijo enoletnih trt žlahtne vinske trte sorte 'Zelen' med meritvami. Številka v oznaki pomeni zaporedno meritve z izbranim pripravkom. Tretiranje s pripravkom Ulmasud B (rdeča barva na sliki) je bilo opravljeno štiri dni pred prvo meritvijo, s pripravkom Trafos K (zelena barva na sliki) štiri dni pred drugo meritvijo in s pripravkom Cuprablau Z (modra barva na sliki) štiri dni pred tretjo meritvijo.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

V poskusu smo ugotavljali fiziološki odziv žlahtne vinske trte (*Vitis vinifera* L.) sorte 'Zelen' na foliarni nanos različnih pripravkov, dovoljenih v ekološkem vinogradništvu. Z izvedenim poskusom smo postavljene hipoteze ovrgli. Med škropilnimi programi se v neto fotosintezi, transpiraciji, prevodnosti listnih rež in hitrosti transporta elektronov niso pokazale značilne razlike. Minimalne razlike so bile le v fotokemični učinkovitosti, vseeno pa ne moremo podati zaključka, da kateri od pripravkov oziroma njihovih kombinacij znatno vpliva na fotosintezno aktivnost.

Poskus smo zastavili tako, da bi čim bolj zmanjšali okoljske vplive in imeli čim bolj izenačen rastlinski material, zato smo enoletne trte gojili v rastlinjaku, kjer so bile vse izpostavljene enaki temperaturi, zalivanju in svetlobnim razmeram. Kljub temu so bile med trtami razlike v številu mladič, razvitih listih in višini; na nekaterih listih so se pojavljale kloroze. Opazna je bila tudi razlika v preskrbljenosti z vodo, kljub temu da smo vse lonec namakali na potopnih mizah. Zato lahko predvidevamo, da so te razlike prispevale k variabilnosti rezultatov. Dodatno je lahko k variabilnosti prispeval tudi neenakomeren nanos pripravkov. Na nekaterih listih so bile bolj, na drugih pa manj opazne sledi pripravkov.

Posledici zasnove poskusa s 16 obravnavanj sta bili zahtevnost in dolgotrajnost poskusa. Da bi lahko izvedli vse meritve, smo se morali omejiti na samo pet ponovitev znotraj istega obravnavanja. V posameznem merilnem terminu sta se temperatura in vlaga med prvo in zadnjo izvedeno meritvijo, kljub uravnanim razmeram, vseeno spremenili, saj je vmes minilo šest ur. Dodatno je k spremenljivim razmeram pripomogel tudi avtomatski sistem hlajenja rastlinjaka, ki nam je med delovanjem povzročal težave pri vzdrževanju vlage v kiveti in nam je še podaljšal izvedbo poskusa.

Neto fotosinteza, ki smo jo izmerili na listih trte ne glede na obravnavanje, je bila med 0,87 in $7,92 \text{ } \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, kar je manj, kot navajajo Petrie in sod. (2000) ter Moutinho-Pereira in sod. (2009), in tudi manj od Kriedemanna (1968), ki je poskus ravno tako opravljal na enoletnih trtah v rastlinjaku. Razlogi za omenjene razlike med poskusi so lahko različne vremenske razmere, prostor (poskus na prostem, poskus v rastlinjaku) in različne sorte vinske trte. Izmerjena neto fotosinteza v našem poskusu je bila podobna izmerjeni na trtah pod sušnim stresom, o katerih poroča Schultz (2003).

Za bakrove pripravke smo na osnovi literature pričakovali, da bodo vplivali na merjene fotosintezne parametre. Pri fotokemični učinkovitosti smo res opazili, da imajo večjo tista obravnavanja, pri katerih smo uporabili bakrove pripravke. Trte v obravnavanju, kjer smo dvakrat tretirali samo s Cuprablauom, se v tem parametru značilno razlikujejo od kontrole. Večja fotokemična učinkovitost bi bila lahko povezana z dejstvom, da baker sodeluje v reakcijah prenosa elektrona v svetlobnih reakcijah fotosinteze, ki potekajo na tilakoidah kloroplastov (Vodnik, 2012). Obravnavanje, kjer smo uporabili Ulmasud B brez bakrovih

pripravkov, je imel podobno fotokemično učinkovitost kot kontrola in lahko sklepamo, da nima vpliva na svetlobne reakcije fotosinteze.

Na trtah, pri katerih smo uporabili Ulmasud B in Ulmasud B skupaj s Cuprablauom, smo izmerili večjo povprečno neto fotosintezo kot pri kontroli, a kljub temu ni bila značilna. Podobne ugotovitve navajajo Privé in sod. (2007) s pripravkom iz kaolina, ki je povečal neto fotosintezo na jablani. Pri obravnavanju, kjer smo uporabili samo Ulmasud B, je bila variabilnost meritev neto fotosinteze velika. Na trtah, na katerih smo bakrove pripravke nanesli dvakrat, smo izmerili nekoliko večjo povprečno neto fotosintezo, kar lahko potrdi, da je baker pomemben za fotosintezno aktivnost (Vodnik, 2012).

Prevodnost listnih rež se med obravnavanji ravno tako ni značilno razlikovala. V primerjavi s kontrolo so imela obravnavanja, pri katerih smo uporabili samo Ulmasud in Ulmasud skupaj s Cuprablauom, v drugem škropljenju večjo povprečno prevodnost listnih rež. Shellie in Glen (2008) poročata, da je stomatalno prevodnost trte povečal foliarni nanos pripravka iz kaolina, kar so ugotovili tudi Privé in sod. (2007) na jablani.

Poleg tega, da so neenake razmere v času poskusa vplivale na variabilnost rezultatov v posameznem meritnem terminu, jih moramo upoštevati tudi pri spremeljanju oziroma primerjavi rezultatov različnih terminov. Okolske razmere v rastlinjaku so se med prvo in četrto meritvijo precej spremenile, kar se je morda odražalo v zmanjšanju povprečne neto fotosinteze in prevodnosti listnih rež pri prvi meritvi, medtem ko sta se pri četrti meritvi neto fotosinteza in prevodnost listnih rež ponovno povečali, kar pripisujemo višji temperaturi zraka v rastlinjaku. Pri časovnem spremeljanju opazimo tudi, da smo v prvem terminu dobili večje meritve spremeljanih fizioloških parametrov, kot pri vseh nadaljnjih meritvah. Značilnih razlik v neto fotosintezi ne moremo potrditi, kot tudi ne, da do zmanjšanja pride zaradi nanosa pripravka. Da se je neto fotosinteza pri četrtih meritvah nekoliko povečala, lahko pripisemo povečanju temperature in sončnega sevanja v primerjavi z razmerami pri tretji meritvi. Med prvo in drugo meritvijo sta se povečala temperatura in sončno sevanje, zmanjšala pa se je vlaga. Med prvo in drugo meritvijo se je zmanjšala tudi povprečna neto fotosinteza. Sklepamo lahko, da je vpliv pripravka dolgotrajen in vpliva na znižanje še 14 dni po nanosu, kar vidimo pri bakru, kjer bi se glede na vremenske razmere in ostala obravnavanja neto fotosinteza moralna povečati, tako pa se je zmanjšala. Dobljene podatke prevodnosti listnih rež smo morali zaradi neenakosti varianc transformirati (logaritmirati). Tu pa so se prve meritve značilno razlikovale od ostalih meritev istega obravnavanja, razen pri pripravku Cuprablau, kjer ni bilo značilnih razlik. Glede na to, da se je pri kontroli neto fotosinteza ravno tako zmanjšala v nadaljnjih meritvah, ne moremo potrditi, da so pripravki vplivali na to zmanjšanje, ampak je verjetneje, da so na te rezultate vplivale razmere v rastlinjaku (zmanjšanje vlage). Pri bakru je bilo ponovno zaznati minimalen vpliv pripravka, kjer se pri četrti meritvi neto fotosinteza prej zmanjša kot poveča. Pri fotokemični učinkovitosti ni nikjer zaznati značilnih razlik kot tudi ne posebnih odstopanj med povprečji. Zanimivo je, da smo pri trtah, kjer smo nanesli Ulmasud B, dobili zelo velik razpon fotokemične učinkovitosti, za kar ne najdemo ustrezne razlage.

5.2 SKLEPI

V nalogi smo žeeli preveriti, ali nanosi dovoljenih pripravkov v ekološkem vinogradništvu (Cuprablau Z 35WP, Trafos K in Ulmasud B) in kombinacije teh pripravkov vplivajo na neto fotosintezo, transpiracijo, prevodnost listnih rež, fotokemično učinkovitost in hitrost transporta elektronov.

Ugotovili smo naslednje:

- Posamezni nanosi bakrovega pripravka, Cuprablau Z, in pripravkov za krepitev rastlin, Trafos K in Ulmasud B, ne vplivajo na neto fotosintezo listov vinske trte, kamor so bili naneseni.
- Tudi med različnimi kombinacijami teh pripravkov (obravnavanji) ne obstajajo značilne razlike v neto fotosintezi, prevodnosti listnih rež in hitrosti transporta elektronov, medtem ko so se v fotokemični učinkovitosti med obravnavanji pokazale značilne razlike. Rastline, ki so bila dvakrat tretirane z bakrovim pripravkom, so imele značilno večjo fotokemično učinkovitost od kontrole.
- Časovno spremeljanje nanesenih pripravkov ni pokazalo razlik, da se učinek pripravka na fotosintezno aktivnost postopoma zmanjšuje. Razlike lahko prej pripisemo okoljskim razmeram.
- Uporaba izbranih pripravkov ima premajhen vpliv na fotosintetsko aktivnost, da bi bil to lahko kriterij pri odločanju, kateri pripravek uporabiti.

6 POVZETEK

Enoletne trte žlahtne vinske sorte 'Zelen' smo škropili s tremi različnimi dovoljenimi pripravki v ekološkem vinogradništvu. Poskus smo izvedli v rastlinjaku Selekcijsko trsničarskega središča v Vrhopolju v juniju in juliju 2013. Uporabili smo fungicid Cuprablau Z 35WP (bakrov oksiklorid) in pripravka za krepitev rastlin Ulmasud B in Trafos K. Ulmasud B je pripravek iz kamenih mok in glin, ki preventivno deluje na patogene. Trafos K je pripravek iz kalijevega fosfita, ki krepi tolerantnost rastline in pospešuje sintezo fitoaleksinov.

V nalogi smo želeli ugotoviti, ali pripravki in različne kombinacije teh pripravkov vplivajo na neto fotosintezo, fotokemično učinkovitost, hitrost transporta elektronov in prevodnost listnih rež ter transpiracijo.

Pripravki iz bakra so problematični zaradi nalaganja v tleh in fitotoksičnosti, baker pa kot element sodeluje pri reakcijah prenosa elektronov na tilakoidah kloroplastov. V plastocianinu je vezanih kar 50 % bakra. O pripravkih za krepitev rastlin je malo znanega, ker so za razliko od FFS-jev tudi predpisi ohlapnejši. Pričakovali smo pozitiven vpliv na fotosintetsko aktivnost z okrepitevijo rastlin ali obratno, da bi nanos pripravka oviral fotosintetsko aktivnost.

V začetku junija, ko so bile mladike že dovolj velike, z vsaj petimi polno razvitimi listi, smo jih polovico poškropili s pripravkom Ulmasud B. Čez štiri dni smo opravili prve meritve. Teden po prvem škropljenju smo polovico kontrolnih trt in polovico trt, škropljenih z Ulmasudom B, poškropili s Trafosom K in ravno tako čez štiri dni izvedli meritve. Tretje škropljenje smo izvedli teden za drugim; polovico trt posameznega obravnavanja smo tretirali s pripravkom Cuprablau Z 35WP in opravili meritve čez štiri dni ter nato še čez dva tedna ponovili škropljenje z bakrenim pripravkom Cuprablau Z 35WP in ravno tako opravili meritve po štiridnevnom razmiku.

Po opravljeni statistični analizi dobljenih podatkov se je izkazalo, da vsi pripravki, vključeni v študijo, in njihove kombinacije ne vplivajo na fotosintezno aktivnost vinske trte. Značilne razlike so se pokazale le v fotokemični učinkovitosti, in sicer pri trtah, ki smo jih dvakrat tretirali z bakrovim pripravkom.

Uporaba teh pripravkov v dovoljenih količinah ima premajhen vpliv na merjene fiziološke procese, da bi bila odločilen faktor pri izbiri pripravka za varstvo vinske trte.

7 VIRI

Agrometeorološki portal Slovenije. Vremenski podatki za postajo Slap za leto 2013. 2015.
(izpis iz baze podatkov)
<http://agromet.mkgp.gov.si/APP/Home/METEO/-1> (25. 1. 2015)

Alaoui-Sossé B., Genet P., Vinit-Dunand F., Toussaint M. L., Epron D., Badot P. M. 2004.
Effect of copper on growth in cucumber plants (*Cucumis sativus*) and its relationships
with carbohydrate accumulation and changes in ion contents. *Plant Science*, 166, 5:
1213–1218

Amiri A., Bompeix G. 2011. Control of *Penicillium expansum* with potassium phosphite
and heat treatment. *Crop Protection*, 30, 2: 222–227

Analiza stanja ekološkega kmetovanja. Spletna stran Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo
in prehrano.
http://www.mkgp.gov.si/si/delovna_podrocja/kmetijstvo/ekolosko_kmetovanje/analiza_stanja_ekoloskega_kmetovanja/ (25. 1. 2015)

Bartha B., Erdei L. 2006. Effect of cadmium, copper and zinc on root growth and
macroelement composition in *Pisum sativum* L. and *Brassica juncea* L. Czern.
http://w3.gre.ac.uk/cost859/WG1/WG1-Santiago-2006_Abstracts.pdf#page=48 (april,
2014)

Baudolin A., Mc Donald S. F., Wolf T. K. 2006. Factors affecting reductions in
photosynthesis caused by applying horticultural oil to grapevine leaves. *HortScience*,
41, 2: 346–351

Bhatti M. A., Felsot A. S., Parker R., Mink G. 1998. Leaf photosynthesis, stomatal
resistance, and growth of wine grapes (*Vitis vinifera* L.) after exposure to simulated
chlorsulfuron drift. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 33, 1: 67–81

Bock C. H., Brenneman T. B., Hotchkiss M. W., Wood B. W. 2012. Evaluation of a
phosphite fungicide to control pecan scab in the southeastern USA. *Crop*, 36: 58–64

Borkow, G. in Gabbay J. 2007. Copper as a biocidal tool.
www.clearwater-tec.com/de/BCopper%20as%20a%20biocide.pdf (marec, 2014)

Cambrollé J., García J. L., Ocete R., Figueroa M. E., Cantos M., 2013. Growth and
photosynthetic responses to copper in wild grapevine. *Chemosphere*, 93, 2: 294–301

César Bachiega Zambrosi F., Mattos Jr. D., Syversten J. P. 2011. Plant growth, leaf
photosynthesis, and nutrient-use efficiency of citrus rootstocks decrease with phosphite
supply. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 174, 3: 487–495

Coll P, Le Cadre E., Blanchart E., Hinsinger P., Villenave C. 2011. Organic viticulture and
soil quality: A long-term study in Southern France. *Applied Soil Ecology*, 50: 37–44

- Dagostin S., Schärer H. J., Pertot I., Tamm L. 2011. Are there alternatives to copper for controlling grapevine downy mildew in organic viticulture? *Crop protection*, 30, 7: 776–788
- Denaxa N. K., Roussos P. A. Damvakaris T., Stournaras V. 2012. Comparative effects of exogenous glycine betaine, kaolin clay particles and Ambiol on photosynthesis, leaf sclerophylly indexes and heat load of olive cv. Chondrolia Chalkidikis under drought. *Scientia Horticulturae*, 137: 87–94
- Dias M. C., 2012 Phytotoxicity: An overview of the physiological responses of plants exposed to fungicides. *Journal of Botany*, doi: 10.1155/2012/135479: 4 str.
- Dorn B., Musa T., Krebs H., Fried P. M., Forrer H. R. 2007. Control of late blight in organic potato production: evaluation of copper-free preparations under field, growth chamber and laboratory conditions. *European Journal of Plant Pathology*, 119, 2: 217–240
- Drofenik J. 2014. Zakonodajni vidik področja fitofarmacevtskih sredstev v povezavi z ekološkim kmetijstvom; sredstva za krepitev rastlin.
<http://www.fk.uni-mb.si/fkbv/files/ekolosko-kmetijstvo/Aktualno%202014/13%20predstavitev%20maribor%20Drodelnik.pdf> (april, 2014)
- Dučič T., Polle A. 2005. Transport and detoxification of manganese and copper in plants. *Brazil Journal of Plant Physiology*, 17, 1: 103–112
- Eshraghi L., Anderson J., Aryamanesh N., Shearer B., McComb J., Hardy G. E., O'Brien P. A. 2011. Phosphite primed defence responses and enhanced expression of defence genes in *Arabidopsis thaliana* infected with *Phytophthora cinnamomi*. *Plant Pathology*, 60, 6: 1086–1095
- Fernández V. Brown P. H. 2013. From plant surface to plant metabolism: the uncertain fate of foliar-applied nutrients. *Frontiers in Plant Science*, 4: 289, doi: 10.3389/fpls.2013.00289: 5 str.
- Ferrari D., Bassignana E., Pensabene G. 2000. Efficacy evaluation of different low-rate copper formulations and acupric compound against grapevine Downy Mildew (*Plasmopara viticola*) in Piedmont (North-western Italy) during the period 1994–1999 V: 6th International Congress on Organic Viticulture: 163
<http://orgprints.org/548/1/willer-meier-2000-winecongress.pdf> (april, 2015)
- Finger S. A., Wolf T. K., Baudooin A. B. 2002. Effects of horticultural oils on the photosynthesis, fruit maturity, and crop yield of winegrapes. *American Journal of Enology and Viticulture*, 53, 2: 116–124

- Fischer-Trimborn B., Weltzien H. C., Schruft G. 2000. Contributions to environmentally safe plant protection systems in grapevine cultivation V: 6th International Congress on Organic Viticulture: 166
<http://orgprints.org/548/1/willer-meier-2000-winecongress.pdf> (april, 2015)
- FITO-INFO: Slovenski informacijski sistem za varstvo rastlin. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Fitosanitarna uprava RS.
<http://www.fito-info.bf.uni-lj.si/> (29. 1. 2015)
- García-Esparza M. A., Capri E., Pirzadeh P, Trevisan M. 2006. Copper content of grape and wine from Italian farms. Food Additives and Contaminants, 23, 3: 274–280
- Glenn D. M., Puterka G. J., Vanderzwet T., Byers R. E., Feldhake C. 1999. Hydrophobic particle films: A new paradigm for suppression of arthropod pests and plant diseases. Journal of Economic Entomology, 92, 4: 759–771
- Gruber B. R., Davies L. R. R., Kruer E. L., McManus P. S. 2009. Effects of copper-based fungicides on foliar gas exchange in Tart cherry. Plant disease, 93, 5: 512–518
- Heibertshausen D., Baus-Reichel O., Hofmann U., Kogel K. H., Berkemann-Löhnertz B. 2007. Using copper in organic viticulture: Doing it best with less?
http://orgprints.org/view/projects/int_conf_qlif2007.html (april, 2014)
- Heuer B., Portis A. R. 1987. Inhibition of the photosynthetic activities of isolated spinach chloroplasts by phosphonatec. Plant Physiology, 84, 3: 649–653
- Hofmann U. 2000. Plant protection strategies against Downy Mildew in organic viticulture copper reduction and copper replacement-results and experiences of 10 years on farm research V: 6th International Congress on Organic Viticulture: 173
<http://orgprints.org/548/1/willer-meier-2000-winecongress.pdf> (april, 2015)
- Hofmann U. Heibertshausen D., Baus-Reichel O. Berkemann-Loehnertz B. 2008. Optimisation of downy mildew (*Plasmopara viticola*) control in organic viticulture with low copper doses and new formulations, results of four years of on farm research.
<http://orgprints.org/12483/1/Copper-reduction%2CU.Hofmann.pdf> (april, 2014)
- Hrček L., Korošec-Koruza Z. 1996. Sorte in podlage vinske trte. Ptuj, Slovenska vinska akademija Veritas: 191 str.
- Jermini M., Blaise P., Gessler C. 2010. Influence of plasmopara viticola on gas exchange parameters on field-grown *Vitis vinifera* 'Merlot'. Vitis –Journal of Grapevine Research, 49, 2: 87–93
- Jifon J. L., Syvertsen J. P. 2003. Kaolin particle film applications can increase photosynthesis and water use efficiency of 'Ruby Red' grapefruit leaves. Journal of the American Society for Horticultural Science, 128, 1: 107–112

- Juang K. W., Lee Y., Lai H. Y., Chen B. C. 2014. Influence of magnesium on copper phytotoxicity to add accumulation and translocation in grapevines. *Ekotoxicology and Environmental Safety*, 104: 36–42
- Ke S. S. 2007. Effects of copper on the photosynthesis and oxidative metabolism of *Amaranthus tricolor* seedlings. *Agricultural Sciences in China*, 6, 10: 1182–1192
- Khan A. S., Ahmas B., Jaskani M. J., Ahmad R., Malik A. U. 2012. Foliar application of mixture of amino acids and seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract improve growth and physico-chemical properties of grapes. *International Journal of Agriculture and Biology*, 14, 3: 383–388
- Knoll M., Achleitner D., Redl H. 2006. Response of Zweigelt grapevine to foliar application of potassium fertilizer: Effects on gas exchange, leaf potassium content, and incidence of Traubenwelke. *Journal of Plant Nutrition*, 29, 10: 1805–1817
- Körner C. 2015. Paradigm shift in plant growth control. *Current Opinion in Plant Biology*, 25: 107–144
- Kriedemann P. E. 1968. Photosynthesis in vine leaves as a function of light intensity, temperature, and leaf age. *Vitis*, 7: 213–220
- Krofta K., Pokorný J., Kudrna T., Ježek J., Pulkrábek J., Křivánek J., Bečka D. 2012. The effect of application of copper fungicides on photosynthesis parameters and level of elementary copper in hops. *Plant, Soil and Environment*, 58, 2: 91–97
- Lešnik M., Gaberšek V., Kurnik V. 2009. Perspektive uporabe fungicidov na podlagi bakra. V: Maček J. (ur.) *Zbornik predavanj in referatov 9. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo*, Nova Gorica: 47–58
- Llorens N., Arola L., Bladé C., Mas A. 2000. Effects of copper exposure upon nitrogen matabolism in tissue cultured *Vitis vinifera*. *Plant Science*, 160, 1: 159–163
- Machinandiarena M. F., Lobato M. C., Feldman M. L., Daleo G. R., Andreu A. B. 2012. Potassium phosphite primes defense responses in potato against *Phytophthora infestans*. *Journal of Plant Physiology*, 169, 14: 1417–1424
- Mackie K. A., Müller T., Zikeli S., Kandeler E. 2013. Long-term copper application in an organic vineyard modifies spatial distribution of soil micro-organisms. *Soil Biology and Biochemistry*, 65: 245–253
- Magarey P. A., Wachtel M. F., Newton M. R. 1991. Evaluation of phosphonate, fosetyl-Al and several phenylamide fungicides for post-infection control of grapevine downy mildew caused by *Plasmopara viticola*. *Australian Plant Pathology*, 20, 2: 34–40

- Mancuso S., Azzarello E., Mugnai S., Briand X. 2006. Marine bioactive substances (IPA extract) improve foliar ion uptake and water stress tolerance in potted *Vitis vinifera* plants. *Advances in Horticultural Science*, 20, 2: 156–161
- McArtney S., Palmer J., Davies S., Seymour S. 2006. Effects of lime sulfur and fish oil on pollen tube growth, leaf photosynthesis and fruit set in apple. *HortScience*, 41, 2: 357–360
- Menon K. K. G., Srivastava H. C. 1984. Increasing plant productivity through improved photosynthesis. *Proceedings of the Indian Academy of Sciences-Plant Sciences*, 93, 3: 359–378
- Michelate D., Haine D. 2004. Evaluation of products for potato protection against late blight in order to replace copper based fungicides in organic farming.
<http://documents.plant.wur.nl/ppo/agv/2004%20-%20proceedings%208th%20workshop%20eunet%20potato%20late%20blight%20.pdf#page=303> (junij, 2015)
- Mittersteiner R., Kelderer M. 2002. Influence of fungicides used in organic orchards on the net-photosynthesis of apple trees.
<http://orgprints.org/14626/> (7. 4. 2014)
- Moriondo M., Orlandini S., Giuntoli A., Bindi M. 2005. The effect of Downy and Powery Mildew on grapevine (*Vitis vinifera* L.) leaf gas exchange. *Journal od Phytopathology*, 153, 6: 350–357
- Moutinho-Pereira J., Gonçalves B., Bacelar E., Cunha J. B., Coutinho J., Correia C.M. 2009. Effects of elevated CO₂ on grapevine (*Vitis vinifera* L.): Physiological and yield attributes. *Vitis-Journal of Grapevine Research*, 48, 4: 159–165
- Nacionalni akcijski program za doseganje trajnostne rabe fitofarmacevtskih sredstev za obdobje 2012-2022. 2012. Vlada Republike Slovenije. Številka 34300-2/2012/3
http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/zakonodaja/fitofarmacevtska_sredstva/nap_fitofarmacevtska_sredstva_2012_2022.pdf (28. 3. 2014)
- Olivieri F. P., Feldman M. L., Machinandiarena M. F., Lobato M. C., Caldiz D. O., Daleo G. R., Andreu A. B. 2012. Phosphite applications induce molecular modifications in potato tuber, periderm and cortex that enhance resistance to pathogens. *Crop Protection*, 32: 1–6
- Pádua M., Cavaco A. M., Aubert S., Bligny R., Casimiro A. 2010. Effects of copper on the photosynthesis of intact chloroplasts: interaction with manganese. *Physiologia Plantarum*, 138, 3: 301–311
- Palmer J. W., Davies S. B., Shaw P. W., Wünsche J. N. 2003. Growth and fruit quality of 'Braeburn' apple (*Malus domestica*) trees as influenced by fungicide programmes suitable for organic production. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 31, 2: 169–177

- Pandey R., Krishnapriya V., Bindraban P. S. 2013. Biochemical nutrient pathways in plants applied as foliar spray: Phosphorus and iron. VFRC Report 2013/1. Virtual Fertilizer Research Center, Washington, D.C.
http://www.researchgate.net/publication/260286638_Biochemical_Nutrient_Pathways_in_Plants_Applied_as_Foliar_Spray_Phosphorus_and_Iron (maj, 2015)
- Petit A. N., Fontaine F., Vatsa P., Clément C., Vaillant Gaveau N. 2012. Fungicide impacts on photosynthesis in crop plants. *Photosynthesis Research*, 111, 3: 315–326
- Petit A. N., Wojnarowicz G., Panon M. L., Baillieul F., Clément C., Fontaine F. Vaillant-Gaveau N. 2009. Botryticides affect grapevine leaf photosynthesis without inducing defense mechanisms. *Planta*, 229, 3: 497–506
- Petrie P. R., Trought M. C. T., Howel G. S. 2000. Influence of leaf ageing, leaf area and crop load on photosynthesis, stomatal conductance and senescence of grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir) leaves. *Vitis*, 39, 1: 31–36
- Phosphites and phosphates: when distributors and growers alike could get confused! New AC International.
http://www.spectруmanalytic.com/support/library/pdf/Phosphites_and_Phosphates_When_distributors_and_growers_alike_could_get_confused.pdf (25. 1. 2015)
- Pravilnik o seznamu geografskih označb za vina in trsnem izboru. 2007 Ur. l. RS št. 49/07
- Pravilnik o trženju materiala za vegetativno razmnoževanje trte. 2005 Ur. l. RS št. 93/05
- Privé J. P., Russell L., Braun G., LeBlanc A. 2007. 'Bordeaux'/'Kumulus' regimes and 'surround' in organic apple production in New Brunswick: Impacts on apple scab, fruit russetting and leaf gas exchange. *Acta Horticulturae (ISHS)*, 737: 95–104
- Provenzano M. R., El Bilali H., Simeone V., Baser N., Mondelli D., Cesari G. 2010. Copper contents in grapes and wines from a Mediterranean organic vineyard. *Food Chemistry*, 122, 4: 1338–1343
- Rebollar-Alviter A., Wilson L. L., Madden L. V., Ellis M. A. 2010. A comparative evaluation of post-infection efficacy of mefenoxam and potassium phosphite with protectant efficacy of azoxystrobin and potassium phosphite for controlling leather rot of strawberry caused by *Phytophthora cactorum*. *Crop Protection*, 29, 4: 349–353
- Repič P., Bavec M., Štabuc Starčević D., Vučko I. 2005. Dovoljena sredstva za ekološko kmetijstvo 2005. Fakulteta za kmetijstvo, Inštitut za kontrolu in certifikacijo v kmetijstvu, Univerza v Mariboru: 119 str.
- Romeu-Moreno A., Mas A., 1999. Effects of copper exposure in tissue cultured *Vitis vinifera*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 7: 2519–2522

- Rossi G., Beni C., Socciaelli S. 2006. The copper accumulation in soil and plant: comparison between traditional and organic vineyard management
http://w3.gre.ac.uk/cost859/WG1/WG1-Santiago-2006_Abstracts.pdf#page=48
(september, 2014)
- Rusjan D., Strlič M, Pucko D., Korošec-Koruza Z. 2007. Copper accumulation regarding the soil characteristics in Sub-Mediterranean vineyards of Slovenia. *Geoderma*, 141, 1: 111–118
- Schmitt A., Kunz S., Nandi S., Seddon B., Ernst A. 2002. Use of *Reynoutria sachalinensis* plant extracts; clay preparations and *Brevibacillus brevis* against fungal diseases of grape berries.
<http://orgprints.org/14617/> (marec, 2014)
- Schultz H.R. 2003. Differences in hydraulic architecture account for near-isohydric and anisohydric behaviour of two field-grown *Vitis vinifera* L. cultivars during drought. *Plant, Cell and Environment*, 26, 8: 1393–1405
- Shellie K., Glenn M. 2008. Wine grape response to foliar particle film under different levels of prevaraison water stress. *HortScience*, 43, 5: 1392–1397
- Silva O. C., Santos H. A. A., Dalla Pria M., May-De Mio L. L. 2011. Potassium phosphite for control of downy mildew of soybean. *Crop Protection*, 30, 6: 598–604
- Simončič A. 2011. Poraba sredstev za varstvo rastlin. Kazalci okolja v Sloveniji. Agencija Republike Slovenije za okolje.
http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=436 (marec 2014)
- Simončič A. 2014. Poraba sredstev za varstvo rastlin. Kazalci okolja v Sloveniji. Agencija Republike Slovenije za okolje.
http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=615 (avgust, 2015)
- Smillie R., Grant B. R., Guest D. 1989. The mode of action of phosphite: Evidence for both direct and indirect modes of action on three *Phytophthora* spp. in plants. *Phytopathology*, 79, 9: 921–926
- Speiser B., Berner A., Häseli A., Tamm L. 2000. Control of Downy Mildew of grapevine with potassium phosphonate: Effectivity and phosphonate residues in wine. *Biological Agriculture and Horticulture*, 17, 4: 305–312
- Sušin J. 2011. Poraba mineralnih gnojil. Kazalci okolja v Sloveniji. Agencija Republike Slovenije za okolje.
http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=435 (marec, 2014)
- Thao H. T. B., Yamakawa T. 2009. Phosphite (phosphorus acid): Fungicide, fertilizer or bio-stimulator? *Soil Science and Plant Nutrition*, 55, 2: 228–234

- Toselli M., Baldi E., Marcolini G., Malaguti D., Quartieri M., Sorrenti G., Marangoni B. 2009b. Response of potted grapevines to increasing soil copper concentration. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 15, 1: 85–92
- Toselli M., Schiatti P., Ara D., Bertacchini A., Quartieri M. 2009a. The accumulation of copper in soils of the Italian region Emilia-Romagna. *Plant Soil Environment*, 55, 2: 74–79
- Trafos K. Madrid (ES), Tradecorp (distributer Jurana d.o.o., navodila za uporabo na embalaži pripravka, junij, 2013)
- Ulmasud B. Ljubečna, Metrob (navodila za uporabo na embalaži pripravka, junij, 2013)
- Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh. 1996. Ur. l. RS št. 68/96
- Uredba Sveta (ES) št. 834/2007 z dne 28. 6. 2007 o ekološki pridelavi in označevanju ekoloških proizvodov. 2007. Uradni list Evropske unije, L 189: 1–23
- Urek G., Knapič M., Zemljič Urbanič M., Škerlavaj V., Simončič A., Persolja J., Rak Cizej M., Radišek S., Lešnik M. 2012. Raba fitofarmacevtskih sredstev in preučitev možnosti za njihovo racionalnejšo uporabo v Sloveniji. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 163 str.
- Van Zwieten M., Stovold, G., Van Zwieten, L. 2004. Literature review and inventory of alternatives to copper for disease control in the Australian organic Industry. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Project DAN-208A.
<https://rirdc.infoservices.com.au/downloads/07-110.pdf> (april, 2014)
- Veberič R., Vodnik D., Štampar F. 2005. Influence of foliar-applied phosphorus and potassium on photosynthesis and transpiration of 'Golden Delicious' apple leaves (*Malus domestica* Borkh.). *Acta Agriculturae Slovenica*, 85, 1: 143–155
- Vodnik D. 2012. Osnove fiziologije rastlin. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 141str.
- Volpe M. G., La Cara F. Volpe F., De Mattia A., Serino V., Petitto F., Zavalloni C., Limone F., Pellecchia R., De Prisco P. P., Di Statio M. 2009. Heavy metal uptake in the enological food chain. *Food chemistry*, 117, 3: 553–560
- Vršič S., Lešnik M. 2010. Vinogradništvo. Ljubljana, Kmečki glas: 403 str.
- Wei T., Qingliang L., Lian T., Zhai H. 2013. A comparison of the effects of acetochlor and fluoroglycofen on photosynthesis in grape leaves. *Australian Journal of Crop Science*, 7, 7: 984–988

Wodala B., Eitel G., Gyula T. N., Ördög A., Horváth F. 2012. Monitoring moderate Cu and Cd toxicity by chlorophyll fluorescence and P700 absorbances in pea leaves. *Photosynthetica*, 50, 3: 380–386

Zemmer F., Marschall K., Kelderer M., Zelger R. 2002. Inhibition of the germination of conidia from *Venturia inaequalis* using lime sulfur, sulfur, copper and Ulmasud in comparison to dithianon.

<http://orgprints.org/14606/> (marec, 2014)

ZAHVALA

Najlepše se zahvaljujem mentorju prof. dr. Dominiku Vodniku in somentorici dr. Tjaši Jug za pomoč, napotke, potrpežljivost, ideje in usmeritve pri pisanju magistrske naloge. Tudi STS Vrhpolje in njihovi vodji Andreji Škvarč gre zahvala za vso ustrežljivost, material, rastlinjak, praktično pomoč pri poskusu in skrb za cepljenke v času poskusa.

Hvala staršem in Mitji za podporo.

Da zaključujem študij, so zaslužni tudi sošolci, predvsem Nina in Mihaela, ki so me spodbujali, podpirali in polepšali spomine na študijska leta.

Hvala vsem!