

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Andreja PELJHAN

**SEZONSKE SPREMEMBE RASTI IN MIKORIZNE KOLONIZACIJE
TRSTIČNE PISANKE (*Phalaris arundinacea*) NA CERKNIŠKEM
JEZERU**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**SEASONAL CHANGE OF GROWTH AND MYCORRHIZAL
COLONIZATION OF REED CANARYGRASS (*Phalaris arundinacea*)
ON THE CERKNICA LAKE**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2010

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija biologije. Opravljeno je bilo v Skupini za ekologijo rastlin na Katedri za ekologijo in varstvo okolja Oddelka za biologijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Študijska komisija je potrdila temo in naslov diplomskega dela ter za mentorico imenovala prof. dr. Alenko Gaberščik.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednica: doc. dr. Mateja GERM

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Članica: prof. dr. Alenka GABERŠČIK

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Članica: doc. dr. Katarina VOGEL MIKUŠ

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Datum zagovora: 24.11.2010

Podpisana se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddala v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Andreja PELJHAN

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn
DK 581.11:581.5(497.4 Cerknško jezero)(043.2)=163.6
KG mikoriza/*Phalaris arundinacea*/rast/Cerknško jezero
AV PELJHAN, Andreja
SA GABERŠČIK, Alenka (mentor)
KZ SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
LI 2010
IN SEZONSKE SPREMEMBE RASTI IN MIKORIZNE KOLONIZACIJE
TRSTIČNE PISANKE (*Phalaris arundinacea*) NA CERKNŠKEM JEZERU
TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP XI, 59 str., 5 pregl., 32 sl., 9 pril., 66 vir.
IJ sl
JI sl/en

AI Namen naloge je bil ugotoviti, kolikšna je stopnja kolonizacije koreninskega sistema trstične pisanke (*Phalaris arundinacea*) z arbuskularno mikoriznimi (AM) glivami ter temno septiranimi endofiti (DSE). Ugotavljali smo tudi ali in kako je mikorizna kolonizacija povezana z rastno dinamiko rastlin in njihovim fiziološkim odzivom. V rastni sezoni 2009 smo v času od maja do avgusta v presledkih enega meseca opravili 4 vzorčenja. Vsakič smo na izbrani ploskvi Cerknškega jezera (predel Rešeta) naključno izbrali 10 primerkov trstične pisanke in izmerili transpiracijo ter dejansko in potencialno fotokemično učinkovitost fotosistema II. Rastline smo skupaj z rizosfernimi tlemi prenesli v laboratorij, kjer smo izmerili še rastne parametre in s pomočjo mikroskopa ocenili mikorizno kolonizacijo. Ugotovili smo prisotnost tako AM gliv kot DSE. Povezave med prisotnostjo AM gliv ter DSE in rastno dinamiko rastlin nismo ugotovili, razen v primeru števila listov. Večji je bil vpliv fenološke faze v kateri so bile rastline v času vzorčenja. Prav tako nismo ugotovili povezave AM gliv ter DSE s fiziološkim odzivom rastline na okoljske dejavnike. V rastnem obdobju se je stopnja mikorizne kolonizacije spreminjala, vendar rezultati kažejo, da bolj kot sezona na mikorizno kolonizacijo vpliva življenjski cikel rastlin ter saturacija tal z vodo. Ta, z izjemo veziklov, vpliv tudi na razvoj AM struktur, katerih zastopanost se je tekom sezone prav tako spreminjala.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Dn

DC 581.11:581.5(497.4 Cerkniško jezero)(043.2)=163.6

CX mycorrhiza/*Phalaris arundinacea*/growth/Cerknica Lake

AU PELJHAN, Andreja

AA GABERŠČIK, Alenka (supervisor)

PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Biology

PY 2010

TI SEASONAL CHANGE OF GROWTH AND MYCORRHIZAL COLONIZATION
OF REED CANARYGRASS (*Phalaris arundinacea*) ON THE CERKNICA LAKE

DT Graduation Thesis (University studies)

NO XI, 59 p., 5 tab., 32 fig., 8 ann., 66 ref.

LA sl

AL sl/en

AB The aim of the present thesis was to find out the degree of colonization of the root system of reed canarygrass (*Phalaris arundinacea*) with arbuscular mycorrhizal (AM) fungi and dark septate endophytes (DSE). We also examined if and how mycorrhizal colonization affected the growth dynamics of plants and their physiological response to environmental factors. In the growth season 2009 we carried out 4 samplings from May to August in intervals of one month. Every time we randomly chose 10 specimens of reed canarygrass (*Phalaris arundinacea*) on a selected plot in Cerknica Lake (region Rešeto) and measured their transpiration rate as well as the potential and actual photochemical efficiency of photosystem II. We transferred the plants together with the rhizosphere soil to laboratory where we measured growth parameters and evaluated mycorrhizal colonization with microscope. We established the presence of AM fungi and also DSE. Statistical analysis did not reveal the relation between the presence of AM fungi and DSE and growth dynamics, with the exception of the number of leaves. The phenological phase of the plants in the time of sampling seems to have higher influence. A connection between AM fungi and DSE and the physiological response of plants was not established. The degree of mycorrhizal colonization was changing during the growth period, but the results revealed that the life cycle of plants and saturation of soil with water exerted stronger influence on mycorrhizal colonization than the season. Saturation of soil also evidently affected the development of AM structures, the presence of which was changing over the season as well, with the exception of vesicles.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PRILOG	X
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XI
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	1
1.2 CILJ RAZISKOVANJA	2
1.3 DELOVNE HIPOTEZE	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 PRESIHAJOČA VODNA TELESA	3
2.2 PRILAGODITVE RASTLIN NA ŽIVLJENJE V PRESIHAJOČIH EKOSISTEMIH	4
2.3 ARBUSKULARNA MIKORIZA	5
2.4 TEMNO SEPTIRANI ENDOFITI	12
3 MATERIAL IN METODE	14
3.1 PROUČEVANE RASTLINE	14
3.2 OPIS MESTA RAZISKAV	15
3.3 DELO NA TERENU	17
3.4 LABORATORIJSKO DELO	18
3.4.1 Merjenje rastnih parametrov ter priprava vzorcev za shranjevanje.....	18
3.4.2 Barvanje vzorcev ter priprava preparatov	18
3.4.3 Ocenjevanje mikorizne kolonizacije	19
3.4.4 Statistična obdelava podatkov	22
4 REZULTATI.....	23
4.1 RASTNA DINAMIKA IN FIZIOLOŠKI ODZIV RASTLINE	23
4.1.1 Opis vlažnostnih razmer in fenoloških faz rastlin ob vzorčenju	23
4.1.2 Transpiracija	24

4.1.3 Soodvisnost med transpiracijo in temperaturo ter vlažnostjo zraka	25
4.1.4 Potencialna fotokemična učinkovitost.....	26
4.1.5 Dejanska fotokemična učinkovitost	27
4.1.6 Višina stebila	28
4.1.7 Bazalni premer stebila	29
4.1.8 Število internodijev	29
4.1.9 Število listov	30
4.1.10 Površina listov	31
4.1.11 Suha masa listov	32
4.1.12 Suha masa stebila.....	32
4.2 MIKORIZNA KOLONIZACIJA	34
4.2.1 Frekvenca glivne kolonizacije (F%).....	34
4.2.2 Splošna intenziteta glivne kolonizacije (M %).....	35
4.2.3 Intenziteta glivne kolonizacije v koloniziranih odsekih (m%).....	36
4.2.4 Gostota arbuskulov v koreninskem sistemu (A%)	37
4.2.5 Gostota arbuskulov v delu koreninske skorje z glivno kolonizacijo (a%)	38
4.2.6 Gostota svitkov v koreninskem sistemu (S%).....	39
4.2.7 Gostota svitkov v delu koreninske skorje z glivno kolonizacijo (s%)	40
4.2.8 Gostota veziklov v koreninskem sistemu (V%)	41
4.2.9 Gostota veziklov v delu koreninske skorje z glivno kolonizacijo (v%)	42
4.2.10 Gostota mikrosklerocijev v koreninskem sistemu (MS%).....	43
4.2.11 Gostota mikrosklerocijev v delu koreninske skorje z glivno kolonizacijo (ms%)	44
4.3 Soodvisnost merjenih parametrov	45
5 RAZPRAVA.....	47
5.1 RASTNA DINAMIKA IN FIZIOLOŠKI ODZIV RASTLINE	47
5.2 GLIVNA KOLONIZACIJA.....	49
5.3 POVEZAVA MED GLIVNO KOLONIZACIJO IN RASTJO	51
6 SKLEPI	52
7. POVZETEK.....	53
8 VIRI	55

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Mikorizni parametri in njihova razlaga	20
Preglednica 2: Opis stanja jezera in njegove okolice v predelu Rešeta ob posameznih vzorčenjih v rastni sezoni 2009	23
Preglednica 3: Opis fenološke faze trstične pisanke (<i>Phalaris arundinacea</i>) ob posameznem vzorčenju v rastni sezoni 2009	24
Preglednica 4: Korelacije med transpiracijo in temperaturo ter vlažnostjo zraka.....	25
Preglednica 5: Korelacije med vrednostmi merjenih parametrov vseh štirih vzorčenj skupaj	46

KAZALO SLIK

Slika 1: Hife v korenini trstične pisanke (<i>Phalaris arundinacea</i>).....	9
Slika 3: Arbuskul v koreninski celici trstične pisanke (<i>Phalaris arundinacea</i>).....	10
Slika 4: Začetek nastanka arbuskula v koreninski celici trstične pisanke (<i>Phalaris arundinacea</i>).....	11
Slika 5: Vezikel v korenini trstične pisanke (<i>Phalaris arundinacea</i>)	11
Slika 6: Mikrosklerociji v korenini trstične pisanke (<i>Phalaris arundinacea</i>)	13
Slika 7: Združba trstične pisanke (<i>Phalaris arundinacea</i>) na Cerknškem jezeru	14
Slika 8: Mesto vzorčenja (Rešeto na Cerknškem polju)	15
Slika 9: Območje Cerknškega jezera kjer se nahaja požiralnik Rešeto (povzeto po Potapljaški atlas Slovenije).....	15
Slika 10: Umetni nasip na Cerknškem jezeru (povzeto po Potapljaški atlas Slovenije)....	16
Slika 11: Shematski prikaz ocenjevanja mikorizne kolonizacije po metodi Trouvelot et al. (1986)	20
Slika 12: Sezonski potek transpiracije pri vrsti <i>Phalaris arundinacea</i>	24
Slika 13: Odvisnost transpiracije od temperature pri vrsti <i>Phalaris arundinacea</i>	25
Slika 14: Odvisnost transpiracije od zračne vlažnosti pri vrsti <i>Phalaris arundinacea</i>	26
Slika 15: Sezonski potek potencialne fotokemične učinkovitosti pri vrsti <i>Phalaris arundinacea</i>	27
Slika 16: Sezonski potek dejanske fotokemične učinkovitosti pri vrsti <i>Phalaris arundinacea</i>	28
Slika 17: Sezonske spremembe višine stebela pri vrsti <i>Phalaris arundinacea</i>	29
Slika 18: Sezonske spremembe števila internodijev pri vrsti <i>Phalaris arundinacea</i>	30
Slika 19: Sezonske spremembe števila listov pri vrsti <i>Phalaris arundinacea</i>	31
Slika 20: Sezonske spremembe površine listov pri vrsti <i>Phalaris arundinacea</i>	32
Slika 21: Sezonske spremembe suhe mase stebela pri vrsti <i>Phalaris arundinacea</i>	33
Slika 22: Sezonski potek frekvence glivne kolonizacije pri vrsti <i>Phalaris arundinacea</i>	34
Slika 23: Sezonski potek splošne intenzitete glivne kolonizacije pri vrsti <i>Phalaris arundinacea</i>	35

Slika 24: Sezonski potek intenzitete glivne kolonizacije v koloniziranih odsekih pri vrsti <i>Phalaris arundinacea</i>	36
Slika 25: Sezonske spremembe gostote arbuskulov v koreninskem sistemu pri vrsti <i>Phalaris arundinacea</i>	37
Slika 26: Sezonske spremembe gostote arbuskulov v delu koreninske skorje z glivno kolonizacijo pri vrsti <i>Phalaris arundinacea</i>	38
Slika 27: Sezonske spremembe gostote svitkov v koreninskem sistemu pri vrsti <i>Phalaris arundinacea</i>	39
Slika 28: Sezonske spremembe gostote svitkov v delu koreninske skorje z glivno kolonizacijo pri vrsti <i>Phalaris arundinacea</i>	40
Slika 29: Sezonske spremembe gostote veziklov v koreninskem sistemu pri vrsti <i>Phalaris arundinacea</i>	41
Slika 30: Sezonske spremembe gostote veziklov v delu koreninske skorje z glivno kolonizacijo pri vrsti <i>Phalaris arundinacea</i>	42
Slika 31: Sezonske spremembe gostote mikrosklerocijev v koreninskem sistemu pri vrsti <i>Phalaris arundinacea</i>	43
Slika 32: Sezonske spremembe gostote mirosklerocijev v delu koreninske skorje z glivno kolonizacijo pri vrsti <i>Phalaris arundinacea</i>	44

KAZALO PRILOG

Priloga A: Ocenjevalna tabela za mikorizno kolonizacijo in gostoto glivnih struktur.....	2
Priloga B: Količina padavin v obdobju našega vzorčenja (od maja do avgusta 2009)	3
Priloga C: Abiotski dejavniki ob meritvah transpiracije rastlin	4
Priloga D: Sezonske spremembe bazalnega premera stebela pri vrsti <i>Phalaris arundinacea</i> .5	
Priloga F: Sezonske spremembe suhe mase listov pri vrsti <i>Phalaris arundinacea</i>	7
Priloga H: Korelacije med vrednostmi merjenih parametrov pri drugem vzorčenju (15.6.2009)	9
Priloga I: Korelacije med vrednostmi merjenih parametrov pri tretjem vzorčenju (27.7.2009)	10
Priloga J: Korelacije med vrednostmi merjenih parametrov pri četrtem vzorčenju (17.8.2009)	11

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

VAM	vezikularno-arbuskularna mikoriza
AM glive	arbuskularno-mikorizne glive
DSE	dark septate endophytes (temno septirani endofiti)

1 UVOD

Cerkniško jezero je že zelo dolgo poznano kot poseben ekosistem tako v slovenskem kot tudi v svetovnem merilu. Že od Valvasorja naprej privlači stokovnjake, ki raziskujejo njegove pojave. Jezero nima niti značilnosti pravih jezer niti običajnih močvirij. Spada med presihajoča jezera. Polnjenje in praznjenje jezera omogočajo posebne klimatske, hidrološke in geomorfološke značilnosti tega območja (Gaberščik in Urbanc-Berčič, 2002).

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Zaradi spremenljivih razmer se je na jezeru oblikovala posebna življenjska združba. Spremembe vodne gladine ter izmenjevanje mokrih in suhih obdobjev pa uravnava tudi pretok energije in kroženje snovi v jezeru (Gaberščik in Urbanc-Berčič, 2002). Vodni režim v presihajočih vodnih telesih pomembno vpliva na rastline, ki so izmenično izpostavljene dvema povsem različnima okoljema. Ker so s koreninskim sistemom pritrjene v tla, se spremembam ne morejo izogniti, zato mnoge zaradi prevelikega stresa tu ne morejo uspevati. Najdemo pa na Cerknškem jezeru številne rastlinske vrste, ki so se zelo dobro prilagodile. Takim rastlinam pravimo amfibijske rastline (Martinčič, 2002). Zaradi številnih prilagoditev so sposobne preživeti tako v vodi kot tudi na kopnem. Na rastišču redno prihaja do izmenjave terestrične in akvatične faze.

Ena takih rastlin je tudi naša proučevana rastlina, trstična pisanka (*Phalaris arundinacea* L.). Je močvirska vrsta, ki za uspevanje potrebuje vlažna tla, najdemo pa jo lahko tudi kot potopljeno rastlino v vodotokih.

Rastlina se, poleg tvorbe vodnih in kopenskih poganjkov ter tvorbe zračnega tkiva, na spremenljive razmere odzove tudi s povezovanjem s simbiotskimi glivami. Ena takih povezav je arbuskularno mikorizna (AM) kolonizacija. Ta je pri močvirskih rastlinah slabše raziskana (Bohrer et al., 2004). AM je v obratnem sorazmerju z globino vode ali trajanjem poplav. Potencial za kolonizacijo lahko naraste zaradi obsežnega zračnega tkiva v koreninah, ki omogoča oskrbo rizosfere s kisikom in občasnega prezračevanja tal zaradi presahnitve.

Druga od povezav, ki smo jo prav tako raziskovali v nalogi, je povezava s temno septiranimi endofiti (DSE- dark septate endophytes).

1.2 CILJ RAZISKOVANJA

Zanimalo nas je, kolikšna je stopnja kolonizacije koreninskega sistema trstične pisanke (*Phalaris arundinacea*) z arbuskularno mikoriznimi glivami ter temno septiranimi endofiti. Ugotavljali smo tudi ali in kako mikorizna kolonizacija vpliva na rastno dinamiko in fiziološki odziv na okoljske dejavnike.

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

Na podlagi podatkov iz dosedanjih raziskav smo postavili naslednje hipoteze, ki smo jih v nalogi testirali:

- v primeru normalnega ritma presihanja bo rastna dinamika trstične pisanke (*Phalaris arundinacea*) nemotena
- v koreninskem sistemu trstične pisanke (*Phalaris arundinacea*) so prisotne AM glive ter DSE
- prisotnost AM gliv ter DSE bo povezana z rastno dinamiko rastlin
- AM glive ter DSE bodo vplivale tudi na fiziološki odziv rastlin
- v rastnem obdobju se bo stopnja mikorizne kolonizacije spreminjala
- ravno tako se bo tekom rastnega obdobja spreminjala tudi prisotnost glivnih struktur

2 PREGLED OBJAV

2.1 PRESIHAJOČA VODNA TELESA

Presihajoča vodna telesa so edinstveni ekosistemi, ki so rezultat geografske lege in geologije. Poseben značaj jim daje izmenjava mokrih in suhih obdobij. Osnovni procesi so podobni kot pri občasnih močvirjih in ekosistemih z nihanji vode. Spreminjanje vodnega režima na Cerknškem jezeru je za ekosistem vitalnega pomena, saj vzdržuje življenjske združbe in poganja procese, ki tam potekajo. Presihanje in polnjenje jezera omogočajo posebne klimatske, hidrološke in geomorfološke značilnosti območja, kot so kraški značaj, velika količina padavin, obsežno povodje in topnost kamninske podlage. Na prehodih med apnencem in dolomitom so nastali številni bruhalniki, ponikve in ponori, ki so povezani z obsežnim jamskim sistemom (Gaberščik in Urbanc- Berčič, 2002).

Cerknško jezero nima nobenega površinskega odtoka, zato je kljub temu, da ima tudi površinski dotok- Cerknščico, tipično kraško presihajoče jezero. Ima številne požiralnike in estavele na dnu jezera. To so luknje, ki so ob nalivih izviri, v sušnem obdobju pa požirajo vodo (Gospodarič in Habič, 1979).

Voda se najdlje zadržuje na območju Zadnjega kraja. Tu se jezero tudi najprej napolni. Presihanje jezera ni več popolnoma »naravno«, saj je vodni režim nekoliko spremenjen. V pedesetih letih 20. stoletja so načrtovali celo izgradnjo akumulacijskega bazena, ki bi zmanjšal in skrajšal poplave, tako da bi lahko kmetje obdelovali večje površine. Poleg tega pa bi bazen služil tudi za elektrarno. Vendar bi bil tak poseg zelo zahteven in tudi drag (Breznik, 1961). Današnje presihanje je tako neke vrste odraz kombinacije naravnega stanja in vpliva človekovih posegov, predvsem regulacij pritokov.

Jezero se navadno v običajnem obsegu (gladina na koti 550 m) pojavi dvakrat letno- spomladi in pozno jeseni oz. pozimi (najpogosteje v aprilu in maju ter decembru in januarju). Jezero ima vodo povprečno dobrih devet mesecev, dobra dva meseca pa je dno suho - običajno med avgustom in oktobrom. Od 4 do 5 mesecev je voda na običajnem

nivoju. Ob močnejšem deževju se jezero napolni v dveh do treh dneh, nato pa počasi upada 5- 8 cm na dan, kar pomeni, da odteka tri do štiri tedne (Kranjc, 2003).

Človek je te velike ravne površine skušal izkoristiti v svoj prid. Že v prvi polovici 19. stoletja so sestavljali načrte za preprečevanje poplav, vendar so bili v večini primerov na srečo neuspešni, tako da jezero še vedno ohranja svoj značaj (Kranjc, 2002).

Posebnost presihajočih jezer je tudi ta, da so sukcesijski procesi zaradi ponavljajočih, nenadnih motenj v primerjavi z drugimi jezери močno upočasnjeni. Hidrološke spremembe vzdržujejo ekosistem na določeni stopnji razvoja (Gaberščik et al., 2003).

2.2 PRILAGODITVE RASTLIN NA ŽIVLJENJE V PRESIHAJOČIH EKOSISTEMIH

Flora Cerkniškega jezera je zaradi vodnega režima, pa tudi zelo raznolike sestave tal izredno pestra. Tla se zelo razlikujejo po globini, po količini organskih snovi ter pH. (Martinčič, 2002). Predvsem zaradi skrajnih razmer kot je izmenjevanje mokrih in sušnih obdobj, do nedavnega ni bilo tujerodnih rastlin in drugih rastlin, ki jih sem занесе človek, saj takim razmeram niso prilagojene. Globoka voda omejuje preskrbo koreninskega sistema s kisikom, pomanjkanje kisika pa upočasni razvojne procese (Gaberščik in Urbanc-Berčič, 2002).

Primarni producenti so se na hidrološke spremembe prilagodili z veliko morfološko in fiziološko plastičnostjo ter s prožnostjo reproduktivnih procesov (Braendle in Crawford, 1999; Gaberščik in Urbanc-Berčič, 2002). Uspešnost vrst omogočajo tudi kratki življenjski cikli, kozmopolitski značaj (npr. trst) ali pa prilagoditve s katerimi premostijo spremembe v okolju. Če je energijska bilanca rastline negativna, se ta ne more prilagoditi, temveč propade (Gaberščik in Urbanc-Berčič, 2002).

Na Cerkniškem jezeru so se na tako spremenljive okoliščine najboljše prilagodile amfibijske rastline, ki se na nihanje vode prilagodijo tako, da spremenijo rastno obliko,

lahko pa jo tudi ohranijo, kar jim prihrani energijo. Velika fenotipska plastičnost omogoča spremembe na biokemijskem, fiziološkem in morfološkem nivoju (Braendle in Crawford, 1999; Gaberščik in Urbanc-Berčič, 2002). Najbolj vidna sprememba rastne oblike je spreminjanje oblike listov. Ko so rastline potopljene, razvijejo vodne liste, na kopnem pa kopenske. Tako se izmenjujeta akvatična in kopenska faza razvoja, ki se lahko med seboj morfološko ne razlikujeta (Martinčič, 2002). Pri rastlinah lahko kot odziv na anoksijo nastane tudi aerenhim, ki omogoča transport plinov do korenin (Cronk in Fennessy, 2001).

Na življenje v jezeru so dobro prilagojene tudi vodne rastline, vendar so z raziskavami ugotovili, da je na Cerkniškem jezeru število vrst z amfibijskim značajem večje od števila pravih vodnih in kopenskih vrst (Urbanc- Berčič et al., 2005).

2.3 ARBUSKULARNA MIKORIZA

V naravi obstaja več tipov mikorize, ki se med seboj razlikujejo po glivnih partnerjih, gostiteljskih rastlinah in morfoloških vzorcih. Poznamo ektomikorizo, endomikorizo, arbuskularno mikorizo, ektendomikorizo in arbutoidno, monotropoidno, erikoidno ter orhidejsko mikorizo (Smith in Read, 1997).

Mikoriza ima na rastline večinoma pozitiven učinek. Poveča dostopnost nutrientov in vode, lahko jih ščiti pred paraziti. Mikorizne rastline imajo tako večji pridelek in so reprodukcijsko uspešnejše (Smith in Read, 1997). Vpliva pa tudi na celoten ekosistem. Mikorizne glive namreč lahko spreminjajo sestavo rastlinske združbe in s tem tudi stopnjo primarne produkcije in dekompozicije. AM glive in ektomikorizne glive povečajo količino organske snovi v tleh in s tem vplivajo na količino ogljika v celotnem ekosistemu (Rillig, 2004).

Arbuskularna mikoriza je že zelo stara in najpogostejša oblika mikorize, poleg tega predstavlja tudi eno najbolj razširjenih simbioz na kopnem sploh, vendar kljub temu še vedno ni znano vse o biologiji AM gliv ter o njihovi vlogi v okolju (Wang in Qiu, 2006).

AM spada med obvezujoče mikorize. Gliva namreč ne more zaključiti življenjskega cikla brez gostitelja, ki ji daje edini vir ogljika (Harrison, 1997). Ugotovili so namreč, da se kar 4 do 20 % neto fotosinteznih produktov iz rastline pretransportira v glivna tkiva (Smith in Read, 1997).

AM glive spadajo v deblo Glomeromycota. Te se delijo v štiri skupine. Archaeosporales, Diversisporales, Glomerales in Paraglomerales, znotraj katerih je 10 družin. Opisanih je bilo že več kot 200 vrst. Imajo neseptiran micelij in podobne spore kot Zygomycetes. Spolna generacija ni poznana (Brundrett, 2008).

Prve vezikularno- arbuskularne (VAM) glive so bile prisotne že pri prvih kopenskih rastlinah in izgleda, da so se od takrat zelo počasi razvijale (Brundrett, 2008) v koevoluciji s kopenskimi rastlinami (Wang in Qiu, 2006). Prve kopenske rastline namreč še niso imele korenin, zato so verjetno glive s svojim micelijem pomagale pri preskrbi rastlin s hranili, predvsem s fosforjem (Brundrett, 2002). AM glive so našli v 400 milijonov let starih fosilih iz devona.

Mikorizne povezave AM gliv z rastlinami so zelo nespecifične. Povezujejo se skoraj z vsemi rastlinami. Danes lahko več kot 80 % kritosemenk tvori arbuskularno mikorizo, ki je v naravnih ekosistemih večinoma v obliki simbioze (Harrison, 1998). Korenino ene rastline lahko kolonizira več različnih vrst gliv (Maček, 2009).

Obe partnerki v simbiozi imata dobiček. Rastlina oskrbuje glivo z ogljikovimi hidrati, ki jih sama ne more proizvajati in iz katerih pridobi ogljik, od katerega je popolnoma odvisna. Gliva pa pomaga rastlini pridobiti fosfat in druge mineralne snovi iz tal (Harrison, 1998). Predvsem fosfatni ioni namreč v tleh pogosto tvorijo netopne spojine s kationi (Al^{3+} , Fe^{3+} , Ca^{2+}) in tako postanejo za rastline težko dostopni. Fosfor je zaradi slabe mobilnosti pogosto omejujoč dejavnik rasti rastlin. Poleg tega ima rastlina tudi druge koristi. Izboljšana je preskrba rastline z vodo, glive jo varujejo pred boleznimi ter pred škodljivimi snovmi, kot so kovine v onesnaženih tleh (Regvar et al. 2006, Maček, 2009). Že v devetdesetih letih 20. stol. so s poskusi ugotovili, da AM glive povečajo odpornost rastlin na patogene glive. Rastlino ščitijo pred škodljivimi vplivi patogenov ter omogočajo večjo

produkcijo biomase (Andersen in Andersen, 2006) in daljše korenine. Ugotovili so tudi, da pri travah povečuje rodovitnost. O mehanizmih s katerimi AM glive omogočajo zaščito, pa je malo znanega (Varma in Hock, 1998). Predvidevajo, da bi AM glive lahko uporabili kot biognojilo, izboljšale pa naj bi tudi preživetje rastlin v stresnih razmerah (Maček, 2009).

Dinamika arbuskularno mikoriznih gliv kopenskih ekosistemov je dobro opisana, zelo malo pa se ve o tem, kako je povezana z ekologijo mokrišč (močvirskih ekosistemov). Ker AM glive za uspevanje potrebujejo kisik in ker so za mnoge močvirske rastline ugotovili, da niso mikorizne so v 70 in 80 letih 20. stoletja zaključili, da imajo AM glive majhen pomen v močvirskih ekosistemih. Kasnejše študije so pokazale, da je AM prisotna tudi v močvirjih, v nekaterih je celo 50 do 90 % rastlin koloniziranih. Pozneje so odkrili, da je AM prisotna tudi v slanih močvirjih in tako globoko v tleh, kjer niso zaznali kisika. Nekaj raziskav je sicer pokazalo, da je AM kolonizacija navadno večja v bolj suhih predelih močvirja kot v bolj mokrih z manj kisika (Bohrer et al., 2004). Tudi Šraj-Kržič s sod. (2005, 2009) v svoji študiji opisujejo značilno večjo prisotnost AM gliv pri nepotopljenih vrstah amfibijskih rastlin kot pri potopljenih vrstah. Nekatere študije so še pokazale negativno korelacijo med globino vode in AM kolonizacijo pri dveh semi akvatičnih vrstah trave. Ponekod so dobili tudi rezultate, da je AM kolonizacija večja na območjih, kjer voda presiha in je tako omogočeno periodično prezračevanje tal, ki je ugodnejše (Bohrer et al., 2004).

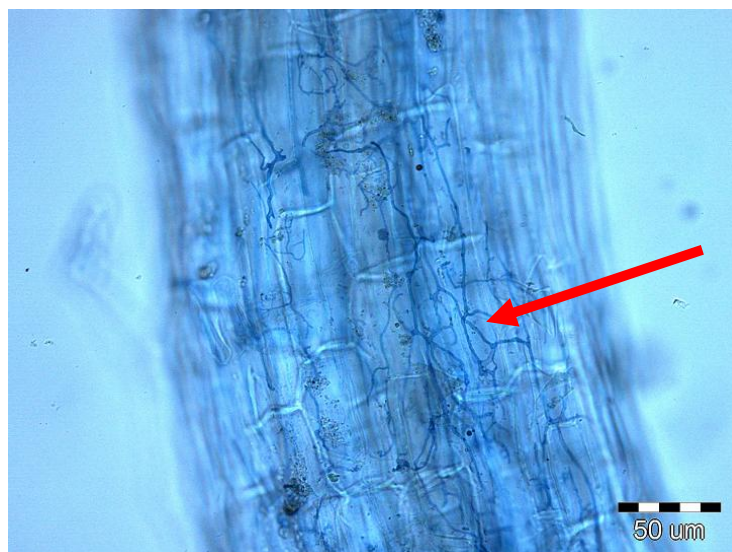
Bohrer et al. (2004) je v Ohiju napravil preizkus na 4 lokacijah. Raziskoval je od maja do septembra enkrat mesečno, in ugotovil, da je na vseh 4 mestih največja kolonizacija spomladi, ne glede na nivo vode, procent vlažnosti tal ali količino fosforja, ker naj bi imeli abiotiski dejavniki zelo majhen vpliv na variacijo AM kolonizacije. Zaključil je, da je dinamika AM kolonizacije povezana z rastlinsko fenologijo- z rastnim vzorcem. Največja kolonizacija je bila spomladi, med rastjo novih korenin in vegetativno rastjo, tudi pri rastlinah, ki so bile izpostavljene poplavljenemu območju (Bohrer et al., 2004).

Tudi Pongrac s sod. (2007) so ugotovili povezavo mikorize z razvojnim ciklom rastlin. Njihova raziskava je pokazala, da je stopnja mikorize največja v času cvetenja, ko rastlina potrebuje minerale tako za rast kot tudi za produkcijo semen.

Čeprav so nekateri pisali, da so AM v močvirjih neobičajne (Peat in Fitter, 1993), so tudi v poskusu, kjer so primerjali glivno kolonizacijo močvirskih enokaličnic in dvokaličnic, odkrili, da so dvokaličnice skoraj vedno kolonizirane z AM glivami. Izjema so le rastline, ki so običajno kolonizirane z ektomikoriznimi glivami. Saturacija z vodo lahko sicer ovira kolonizacijo, ker zmanjšuje razpoložljivost kisika. Korenine v saturiranih tleh so pogosto kolonizirane z drugimi glivami in ne z AM, naprimer z DSE (Weishampel in Bedford, 2005). Ugotovili so, da vlažnost zemlje negativno vpliva na prisotnost kolonizacije (Turner in Friese, 1998; Miller et al., 1999).

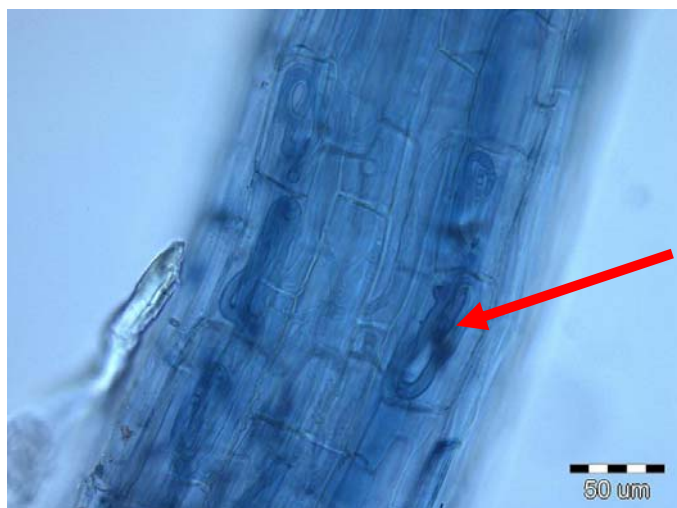
Tudi na Cerknškem jezeru so, predvsem v času suše nekatere vrste mikorizne. AM namreč pozitivno vpliva na vodno bilanco rastline, vendar je dokazov za to malo (Smith in Read, 1997). AM naj bi pri travah mokrišč vplivala tudi na večje število mladih poganjkov, višjo rast, lahko pa tudi večjo listno površino in skupno dolžino korenin (Miller in Scharitz, 2000). Ugotovili so tudi, da so rastline s preprostim koreninskim sistemom, brez koreninskih laskov običajno bolj odvisne od mikorizne kolonizacije kot rastline z gostim koreninskim sistemom, kot so naprimer trave (Cronk in Fennessy, 2001).

AM glive tvorijo različne strukture, ki so lahko prisotne tako v koreninah gostiteljske rastline kot tudi v prsti, v kateri rastlina raste. V prsti lahko najdemo hife in spore, v korenini pa poleg teh dobimo še neseptirane hife, vezikle in arbuskule. AM kolonizacija se prične z razvojem hif v prsti (Brundrett, 2008). Hife se razvijejo iz spore ali iz korenine, ki je že kolonizirana (Harrison, 1998). Te zunanje hife služijo za absorpcijo nutrientov, za razširjanje združbe, tvorbo spor,...



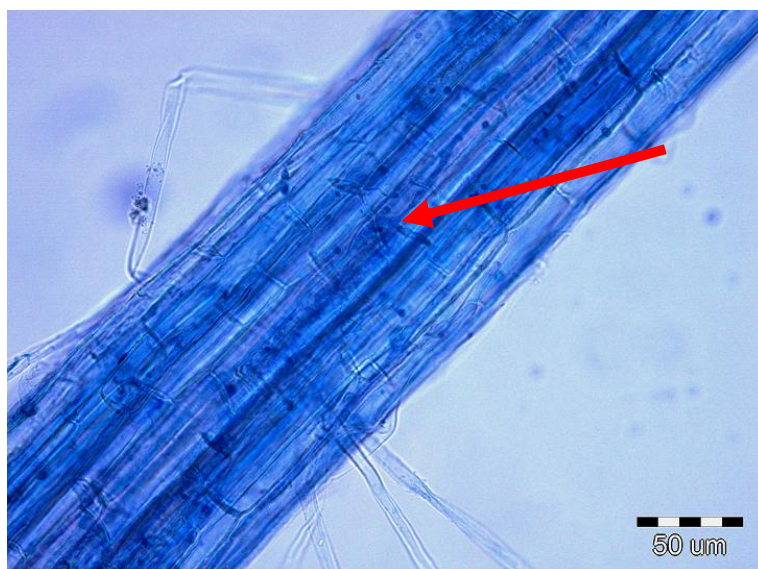
Slika 1: Hife v korenini trstične pisanke (*Phalaris arundinacea*)

Ko hifa pride v stik s korenino, se zadebeli in na mestu, kjer hifa vstopi v korenino, tvori apresorij, preko katerega lahko penetrira v korenino. Hife nato v korenini tvorijo dva različna morfološka tipa- linearnega, kjer hifa raste longitudinalno med celicami (slika 1), in svitkastega, kjer hifa tvori svitke znotraj celic (slika 2) (Brundrett, 2008; Smith in Smith, 1997). Nikoli pa ne vdre v prevajalna ali meristemska tkiva (Harrison, 1998).

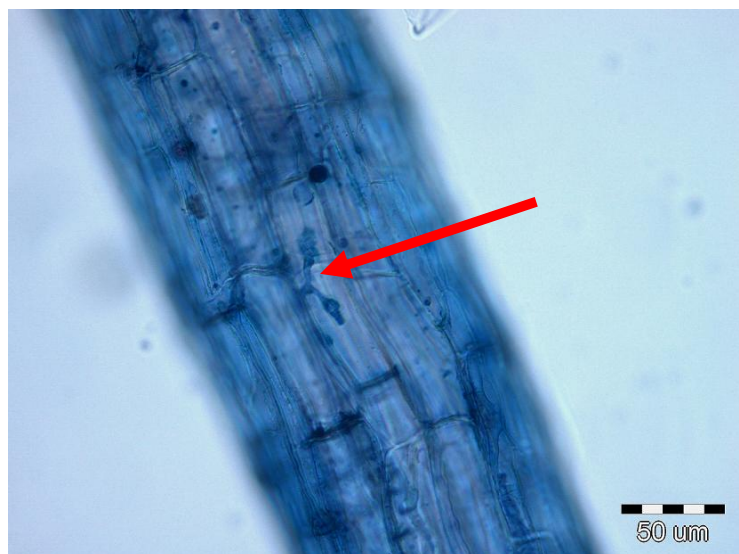


Slika 2: Svitki v korenini trstične pisanke (*Phalaris arundinacea*)

Približno dva dneva po penetraciji hife v celico se pričnejo tvoriti drevesasti havstorijski arbuskuli (Brundrett et al., 1985). To so prepleti znotraj celic korteksa (slika 3). Arbuskuli nastanejo s ponavljajočim dihotomnim razvejanjem in reduciranjem debeline hif (slika 4). K nastanku arbuskula prispevata oba partnerja v simbiozi. Hifa penetrira celično steno rastlinske celice, ne pa tudi plazemsko membrano, ki se po nastanku arbuskula tesno prilega razvejanim hifam v arbuskulu. Tako se ustvari velika membranska površina, preko katere poteka izmenjava snovi (Hause in Fester, 2005). Gliva tako ne pride v stik s citoplazmo rastlinske celice, kot navidez izgleda zaradi uvihanja membrane. Arbuskuli spominjajo na majhna drevesa, zato imajo tako ime. Zaradi velike površine arbuskulov, preko njih poteka največje izmenjevanje med glivo in gostiteljem, vendar se snovi lahko izmenjujejo tudi preko hifnih površin. Arbuskuli so zelo kratkožive strukture in po nekaj dnevih že propadejo (Brundrett, 2008). Ugotavljajo, da je odsotnost arbuskulov mogoče pogojena z vplivom sezone ali pa s stresom, kateremu so podvržene v okolju (Smith in Smith, 1997), na prisotnost pa lahko vpliva tudi razvojni cikel rastline (Pongrac et al., 2007).



Slika 3: Arbuskul v koreninski celici trstične pisanke (*Phalaris arundinacea*)



Slika 4: Začetek nastanka arbuskula v koreninski celici trstične pisanke (*Phalaris arundinacea*)

Kmalu po razvoju prvih arbuskulov se pojavijo vezikli, ki nadaljujejo razvoj, ko arbuskuli že propadajo. Vezikli so izrastki hif, založne strukture, ki vsebujejo citoplazmo, poleg tega pa akumulirajo še založne produkte- lipide (slika 5). Lahko so inter- ali intracelularni. Za razliko od arbuskulov so vezikli dolgožive strukture, ki lahko ostanejo v korenini mesec dni ali celo leto. Prav tako so dolgožive tudi hife (Brundrett, 2008).



Slika 5: Vezikel v korenini trstične pisanke (*Phalaris arundinacea*)

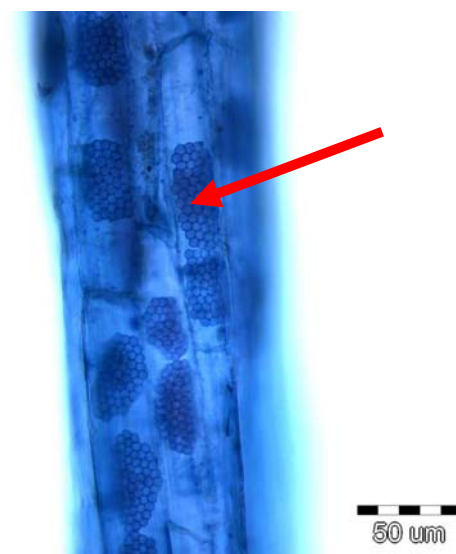
2.4 TEMNO SEPTIRANI ENDOFITI

Temno septirani endofiti (DSE) so skupina gliv, ki večinoma pripadajo razredu *Ascomycetes*. Zaradi pomanjkljivega znanja o spolnem načinu razmnoževanja jih uvrščamo v skupino nepopolnih gliv oziroma »fungi imperfecti« (*Deuteromycota*) (Schüßler et al., 2001). Spadajo med mikorizne glive, čeprav je v nekaterih primerih lahko njihova povezava z gostiteljsko rastlino nevtralna ali celo parazitske ali patogene narave (Jumpponen, 2001).

Prisotnost DSE so odkrili pri skoraj 600 rastlinskih vrstah, njihova afiniteta do specifične vrste pa je dokaj neraziskana. Pojavljajo se v vseh klimatskih pasovih, v zelo različnih habitatih- ob obalah, v tropih, zmernem pasu, v alpskem pasu,... (Jumpponen in Trappe, 1998). Kaže pa, da se DSE pojavljajo predvsem v ekosistemih, ki imajo omejene količine nutrientov (Peterson et al., 2004). Vendar je zelo malo študij ugotovilo kolonizacijo z DSE pri rastlinah močvirskih predelov (Thormann et al., 1999; Addy et al., 2000). Weishampel in Bedford (2005) sta v poskusu, kjer sta primerjala mikorizno kolonizacijo močvirskih enokaličnic in dvokaličnic, ugotovila, da so se DSE pojavljali v koreninah večine rastlin. Ugotovila sta tudi, da je en tip kolonizacije prevladal- ali AM ali DSE. Večja kolonizacija z AM je bila pri dvokaličnicah, z DSE pa pri enokaličnicah. DSE so se pogosto pojavili skupaj z AM in navadno pri rastlinah, ki so bile slabo kolonizirane z AM

Vplivi DSE na gostiteljsko rastlino so slabo raziskani. Poleg tega so si dosednji rezultati pogosto nasprotujoči. Patogeni učinki so odvisni od kombinacije glive in rastline, tako da so v nekaterih primerih glive popolnoma nepatogene, v drugih pa zelo patogene (Jumpponen in Trappe, 1998). Tudi vpliv DSE na rast rastline in njen privzem nutrientov je lahko pozitiven ali negativen, odvisno od rastlinske vrste in okolja (Jumpponen, 2001).

Posamezni sevi DSE se med seboj razlikujejo po morfologiji, ki je v nekaterih primerih odvisna tudi od gostiteljske rastline. Značilne so debele, temno septirane hife v in na koreninah. V koreninskih celicah pa tvorijo tudi značilne strukture- mikrosklerocije (slika 6) (Jumpponen in Trappe, 1998).



Slika 6: Mikrosklerociji v korenini trstične pisanke (*Phalaris arundinacea*)

3 MATERIAL IN METODE

3.1 PROUČEVANE RASTLINE



Slika 7: Združba trstične pisanke (*Phalaris arundinacea*) na Cerkniškem jezeru

Phalaris arundinacea ali trstična pisanka (slika 7) je zelnata trajnica, ki sodi v družino trav (Poaceae ali Gramineae). Uspeva v Evropi, zahodni, severni in vzhodni Aziji ter severni Ameriki. Ker je odporna na izsušitev in osnesnažene vode, prenese pa tudi znatno degradirana okolja, jo uporabljajo za prekrivanje nasipov, hudourniških strug in drugih erodiranih zemljišč. Predvsem selekcionirane vrste pa uporabljajo tudi za krmo (Petauer, 1993).

Na Cerkniškem jezeru se pojavlja kot ena izmed številnih močvirskih združb, ki dajejo vegetaciji Cerkniškega jezera prav poseben pečat. To so združbe trstičevja, bičkovja, šašja, močvirske site, presličja ter trstične pisanke. Te združbe uspevajo v predelih, kjer globina vode ne preseže dveh metrov globine in poplavljenost traja le mesec ali dva. Po presahnitvi površinske vode sicer ni več, so pa tla še vedno dovolj vlažna, da nadaljni razvoj ni moten,

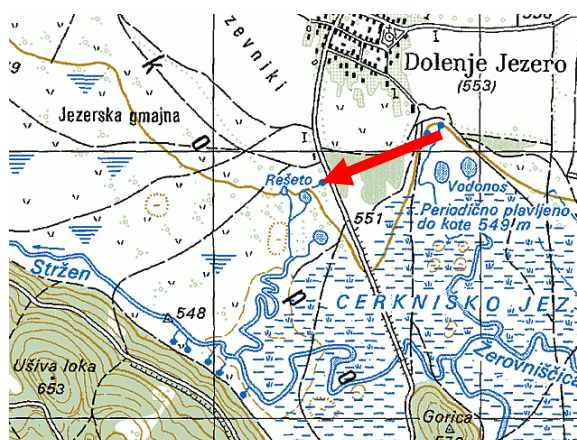
čeprav je za te rastline običajno, da uspevajo na območjih, kjer je voda prisotna velik del leta. Posledica tega je, da je tu akvatična faza razvoja bistveno krajša od terestrične faze (Martinčič in Leskovar, 2002).

3.2 OPIS MESTA RAZISKAV



Slika 8: Mesto vzorčenja (Rešeto na Cerkniškem polju)

Vzorčenja smo opravili na Cerkniškem polju, v bližini vasi Dolenje jezero, na delu imenovanem Rešeto (slika 8). Ta del leži na skrajnem robu Cerkniškega jezera (slika 9).



Slika 9: Območje Cerkniškega jezera kjer se nahaja požiralnik Rešeto (povzeto po Potapljaški atlas Slovenije)

Jezero je s 26 km² površine največje v Sloveniji. Že dolgo je znano po nenavadnem načinu polnjenja in praznjenja. Gladina jezera niha med 546 in 552 m nadmorske višine (Krajevni leksikon Slovenije, 1995).

Zaradi svoje posebnosti ima Cerkniško jezero tudi poseben varstveni status. Od leta 2002 je vključeno v Notranjski regijski park in je v okviru tega tudi zavarovano, od leta 2006 pa je kot mokrišče mednarodnega pomena vpisano na seznam Ramsarskih lokalitet (Božič, 2006 in Božič, 2007). Jezero ima tudi status območja Natura 2000 (identifikacijska številka: SI5000015). To je evropsko omrežje posebnih varstvenih območij, katere glavni cilj je ohraniti biotsko raznovrstnost (Biseri slovenske..., 2007). Poleg posebnega rastja, je Cerkniško jezero gnezdišče številnih ogroženih vrst ptic, kot so npr. kosec (*Crex crex*), grahasta tukalica (*Porzana porzana*), mala tukalica (*Porzana parva*),...

Območje Rešeta predstavljajo trije večji požiralniki. Ob visokem vodostaju je to območje poplavljeno, v sušnem obdobju pa izsušeno. K temu botruje predvsem to, da je predel Rešeta od ostalega dela jezera ločen z umetnim nasipom (slika 10). Ta je ob visokem vodostaju, predvsem spomladi, pod vodo in omogoča razlitje vode tudi na ta predel, poleti pa zadržuje vodo na manjšem, globljem predelu in s tem preprečuje, da bi se celotno jezero izsušilo, kar bi povzročilo pogin večine vodnih organizmov v jezeru.



Slika 10: Umetni nasip na Cerkniškem jezeru (povzeto po Potapljaški atlas Slovenije)

Ko je območje poplavljen, lahko globina vode ob dnu požiralnikov dosega 10 m, tok vode pa je komaj zaznaven. V odvisnosti od vremenskih razmer temperatura vode tu niha med 3 in 15°C.

Pobočja ponorov so poraščena z močvirskimi raslinami, globlje, kjer se voda več časa zadržuje, pa je dno golo, blatno ali skalnato s številnimi razpokami. Ponekod je pokrito z odmrlim trstičjem.

Ker poleti na tem območju voda popolnoma presahne, rib in drugih večjih vodnih organizmov v Rešetu ni (Vidmar, 2010).

3.3 DELO NA TERENU

V rastni sezoni 2009 smo v času od sredine maja do sredine avgusta v presledkih enega meseca opravili 4 vzorčenja. Vsakič smo na izbrani ploskvi Cerkniškega jezera (predel Rešeta) naključno izbrali 10 primerkov trstične pisanke (*Phalaris arundinacea*). Rastline smo označili s pomočjo samolepilnih lističev, na katere smo zapisali zaporedne številke raslin ter jim izmerili transpiracijo ter dejansko (Y) in potencialno fotokemično učinkovitost (Fv/Fm). Za merjenje transpiracije smo uporabili porometer (Leaf porometer, Decagon Devices), za merjenje dejanske in potencialne fotokemične učinkovitosti pa fluorometer (OS-500, Opti-Sciences). Zabeležili smo si tudi temperaturo in vlago zraka ter temperaturo in vlago tik ob listu, ki smo jih izmerili s porometrom, istočasno z merjenjem transpiracije.

Nato smo vseh 10 rastlin previdno izkopali, tako da se je koreninskega sistema držalo še približno 1 kg prsti ter jih shranili v polivinilaste vrečke. Rastline smo nato prenesli v laboratorij, kjer so sledile nadaljne analize.

3.4 LABORATORIJSKO DELO

3.4.1 Merjenje rastnih parametrov ter priprava vzorcev za shranjevanje

V laboratoriju smo rastlinam najprej odrezali nadzemni del od podzemnega pri stiku s tlemi. Nato smo previdno odstranili prst in jo en del zavili v označeno aluminijasto folijo ter posušili v sušilniku pri 105°C za morebitne nadaljnje raziskave. Korenine smo temeljito sprali v vodi, pri tem pa pazili, da ne bi poškodovali najtanjših koreninic, ki smo jih kasneje potrebovali za proučevanje mikorize. Na koncu smo korenine sprali še z destilirano vodo in jih shranili v kozarce z alkoholom.

Shranili smo tudi nadzemne dele rastline. Najprej smo izmerili višino stebela (od dela, kjer smo odrezali stran korenine, do končnega dela socvetja oz. do vrha zadnjega razvijajočega se lista). S kljunastim merilom smo izmerili še bazalni premer stebela in sicer tako, da merila nismo preveč stisnili, temveč se je še rahlo vrtelo okrog stebela. Prešteli smo tudi število internodijev in listov ter zabeležili, če je bil primerek cvetoč ali ne. Liste smo nato ločili od stebela in s pomočjo areametra izmerili njihovo površino. Nazadnje smo liste ter steblo vsako posebej zavili v označeno aluminijasto folijo ter jih posušili v sušilniku pri 105°C. Po enem dnevu sušenja smo stehali suho maso listov ter stebela.

3.4.2 Barvanje vzorcev ter priprava preparatov

Za opazovanje glivnih struktur pod svetlobnim mikroskopom, moramo koreninice najprej pobarvati. Uporabimo lahko različna barvila, ki nam selektivno obarvajo hitin, ki je sestavina celične stene simbiotske glive. Najpogosteje se uporablja tripan modro, lahko pa uporabimo tudi kisli fuksin, sudan ali navadno črnilo za nalivnike.

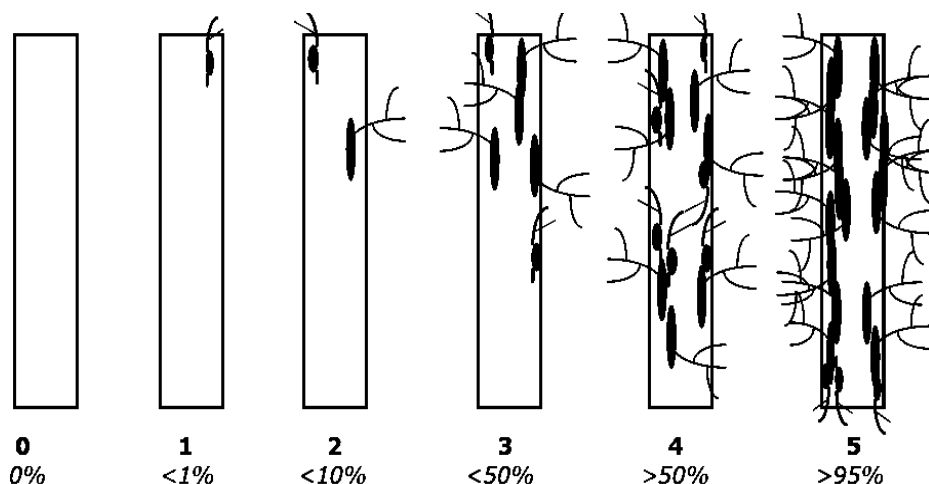
Mi smo uporabili metodo barvanja s tripan modrim, povzeto po Philipsu in Haymanu (1970), s tem da smo jo primerno optimizirali glede na strukturo našega koreninskega sistema. Najtanjše koreninice, ki smo jih shranili v alkohol, smo dali v široke, 16 cm visoke epruvete z ravnim dnom ter jih prelili z 10 % KOH, ki smo ga pripravili iz 100 g

KOH ter 900 ml destilirane vode. Epruvete smo pokrili z mrežastimi plastičnimi pokrovi. Vzorce smo v sušilniku segrevali 25 minut pri 90°C, nato smo KOH odlili in korenine večkrat sprali pod tekočo vodo. Dolili smo 0,05 % tripan modro, pripravljen iz 0,08 g tripan modrega, 40 g destilirane vode, 40 g mlečne kisline in 80 g glicerola ter fragmente še 20 minut segrevali v sušilniku pri 90°C. Nato smo barvilo odlili, koreninice večkrat sprali pod tekočo vodo ter jih v destilirani vodi shranili v hladilnik. Po enem dnevu smo obarvane korenine narezali na centimeterske fragmente in od vsakega vzorca naredili po dva preparata s po 15 fragmenti.

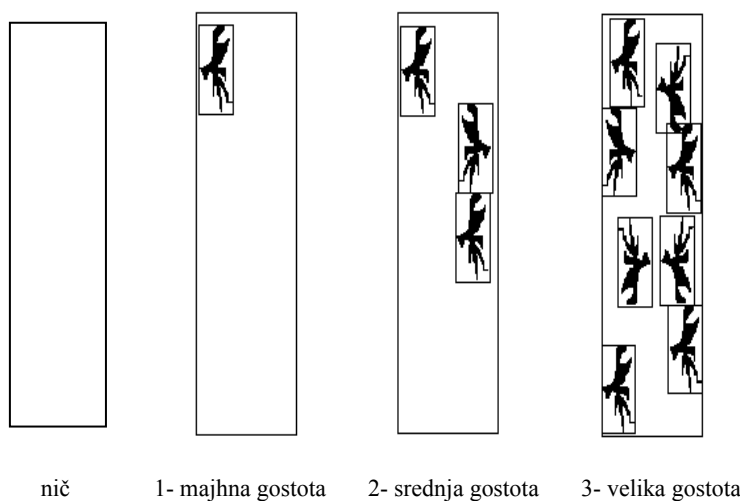
3.4.3 Ocenjevanje mikorizne kolonizacije

Preparate smo pregledali pod svetlobnim mikroskopom (Olimpus CX41) in na osnovi 6 stopenjske lestvice, povzete po Trouvelot et al. (1986), v vsakem fragmentu ocenili stopnjo mikorizne kolonizacije, gostoto arbuskulov, svitkov, veziklov ter mikrosklerocijev pa na osnovi 4 stopenjske lestvice (slika 11). Ocene smo si sproti zabeležili v ocenjevalno tabelo (priloga A). Vzorce smo tudi poslikali s pomočjo kamere Olympus XC 30 in programa CELL^A. Slike smo obdelali s programom OLYMPUS Master 2.

Stopnja mikorizne kolonizacije



Gostota arbuskulov, svitkov, veziklov in mikrosklerocijev



Slika 11: Shematski prikaz ocenjevanja mikorizne kolonizacije po metodi Trouvelot et al. (1986)

Iz dobljenih podatkov smo s formulami 1- 11 izračunali različne parametre mikorizne kolonizacije, katerih pomeni so razloženi v preglednici 1 (Trouvelot et al., 1986).

Preglednica 1: Mikorizni parametri in njihova razlaga

Mikorizni parameter	Razlaga
F%	mikorizna frekvenca - frekvenca z glivo koloniziranih fragmentov; povezana je s številom in homogenostjo razporeditve propagulov v zemlji
M%	splošna intenziteta mikorize - splošna ocena mikorizne kolonizacije koreninskega sistema
m%	intenziteta mikorize v koloniziranih koreninskih odsekih - koloniziranost koreninskega sistema, ko je glivnega inokuluma v zemlji malo (F% je nizek)
A%	gostota arbuskulov v koreninskem sistemu
a%	gostota arbuskulov v delu skorje z mikorizno kolonizacijo - delež arbuskulov v koloniziranih delih koreninskega sistema
S%	gostota svitkov v koreninskem sistemu
s%	gostota svitkov v delu skorje z mikorizno kolonizacijo - delež svitkov v koloniziranih delih koreninskega sistema
V%	gostota veziklov v koreninskem sistemu
v%	gostota veziklov v delu skorje z mikorizno kolonizacijo - delež veziklov v koloniziranih delih koreninskega sistema
MS%	gostota mikrosklerocijev v koreninskem sistemu
ms%	gostota mikrosklerocijev v delu skorje z mikorizno kolonizacijo - delež mikrosklerocijev v koloniziranih delih koreninskega sistema

Mikorizna frekvenca:

$$F\% = (\text{št. mikoriznih korenin} / \text{št. vseh korenin}) * 100 \quad \dots(1)$$

Splošna inteziteta mikorize:

$$M\% = (95n_5 + 70n_4 + 30n_3 + 5n_2 + n_1) / \text{št. vseh korenin} \quad \dots(2)$$

($n_1, n_2, \dots, n_5$ – št. odsekov z gostoto mikorizne kolonizacije v posameznih razredih)

Inteziteta mikorize v koloniziranih koreninskih odsekih (ko je $F\%$ nizek):

$$m\% = M * (\text{št. vseh korenin}) / (\text{št. mikoriznih korenin}) = M * 100 / F \quad \dots(3)$$

Gostota arbuskulov v koreninskem sistemu:

$$A\% = a * (M / 100) \quad \dots(4)$$

Gostota arbuskulov v delu skorje z mikorizno kolonizacijo:

$$a\% = (100mA_3 + 50mA_2 + 10mA_1) / 100 \quad \dots(5)$$

Gostota svitkov v koreninskem sistemu:

$$S\% = s * (M / 100) \quad \dots(6)$$

Gostota svitkov v delu skorje z mikorizno kolonizacijo:

$$s\% = (100mS_3 + 50mS_2 + 10mS) / 100 \quad \dots(7)$$

Gostota veziklov v koreninskem sistemu:

$$V\% = v * (M / 100) \quad \dots(8)$$

Gostota veziklov v delu skorje z mikorizno kolonizacijo:

$$v\% = (100mV_3 + 50mV_2 + 10mV) / 100 \quad \dots(9)$$

Gostota mikrosklerocijev v koreninskem sistemu:

$$MS\% = ms * (M / 100) \quad \dots(10)$$

Gostota mikrosklerocijev v delu skorje z mikorizno kolonizacijo:

$$ms\% = (100mMS_3 + 50MS_2 + 10MS) / 100 \quad \dots(11)$$

3.4.4 Statistična obdelava podatkov

Za statistično obdelavo podatkov smo uporabili program R for Windows 2.11.1 (<http://cran.ms.unimelb.edu.au/bin/windows/base/R-2.11.1-win32.exe>), s pomočjo katerega smo izračunali korelacijo med dobljenimi podatki. Za računanje statistično značilne razlike pa smo uporabili ANOVA test.

4 REZULTATI

4.1 RASTNA DINAMIKA IN FIZIOLOŠKI ODZIV RASTLINE

4.1.1 Opis vlažnostnih razmer in fenoloških faz rastlin ob vzorčenju

Gladina vode na območju Rešeta se je med posameznimi vzorčenji drastično spreminjala. Na višino vode vpliva predvsem količina padavin, ki se je tekom sezone precej spreminjala. Na gladino vode je v času našega vzorčenja vplivala predvsem količina padavin v mesecu maju, juniju, juliju in avgustu. Maja je bilo v povprečju precej manj padavin kot v prejšnjem delu leta, junija in julija pa je bilo spet več padavin (priloga B). Opis stanja jezera in njegove okolice v predelu Rešeta ob posameznem vzorčenju je v preglednici 2.

Preglednica 2: Opis stanja jezera in njegove okolice v predelu Rešeta ob posameznih vzorčenjih v rastni sezoni 2009

Datum vzorčenja	Stanje jezera in okolice
20.5.2009	Jezero je bilo v fazi presihanja. Rastline, ki smo jih vzorčili, so bile zakoreninjene izven vode, v z vodo nasičenih tleh.
15.6.2009	Jezero je presahnilo. Prst na dnu jezera je bila še vlažna, na mestu vzorčenja pa je bila suha.
27.7.2009	Voda je bila ponovno prisotna. Rastline, ki smo jih vzorčili, so bile zakoreninjene izven vode, v z vodo nasičenih tleh.
17.8.2009	Jezero je ponovno presahnilo. Širše območje je bilo popolnoma presušeno. Prst na mestu vzorčenja je bila popolnoma suha.

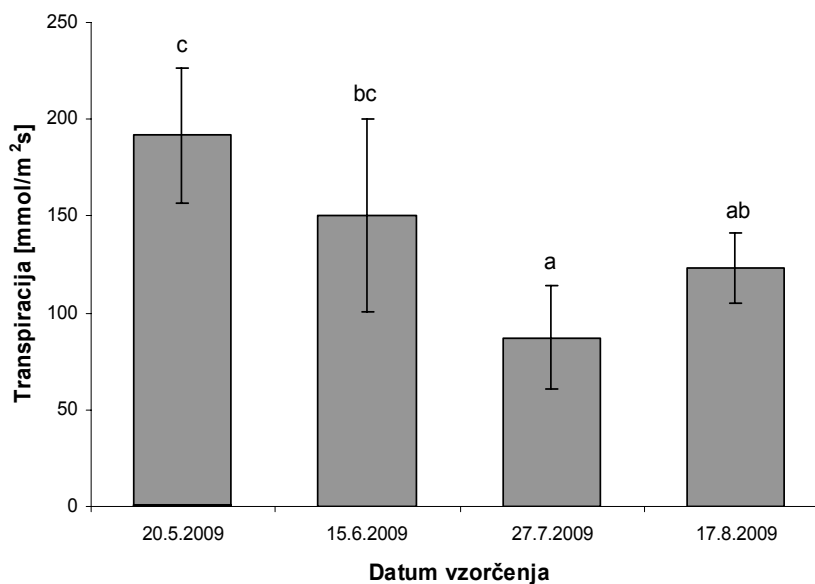
Rastline so bile ob posameznih vzorčenjih v različnih fazah razvoja. Fenološke faze, v katerih so bile rastline ob posameznem vzorčenju, so predstavljene v preglednici 3.

Preglednica 3: Opis fenološke faze trstične pisanke (*Phalaris arundinacea*) ob posameznem vzorčenju v rastni sezoni 2009

Datum vzorčenja	Fenološka faza
20.5.2009	zgodnja vegetacijska faza- rastline imajo razvita le stebila in liste, cvetnih zasnov še ni
15.6.2009	faza cvetenja- vse rastline cvetijo
27.7.2009	faza plodenja- vse rastline imajo razvite plodove
17.8.2009	pozna vegetacijska faza- rastline zaključujejo rast, prisotnih je že kar nekaj suhih listov, pojavljajo pa se tudi mladi poganjki

4.1.2 Transpiracija

Transpiracija se je skozi rastno sezono spreminjala. Najvišja je bila ob prvem vzorčenju (20.5.2009), najnižja pa ob tretjem vzorčenju (27.7.2009). Statistična analiza je pokazala, da so podatki značilno različni. Okoljski parametri ob meritvah so predstavljeni v prilogi C.



Slika 12: Sezonski potek transpiracije pri vrsti *Phalaris arundinacea*.

Črke označujejo statistično značilno razliko med posameznimi vzorčenji (ANOVA test, $p < 0.05$).

4.1.3 Soodvisnost med transpiracijo in temperaturo ter vlažnostjo zraka

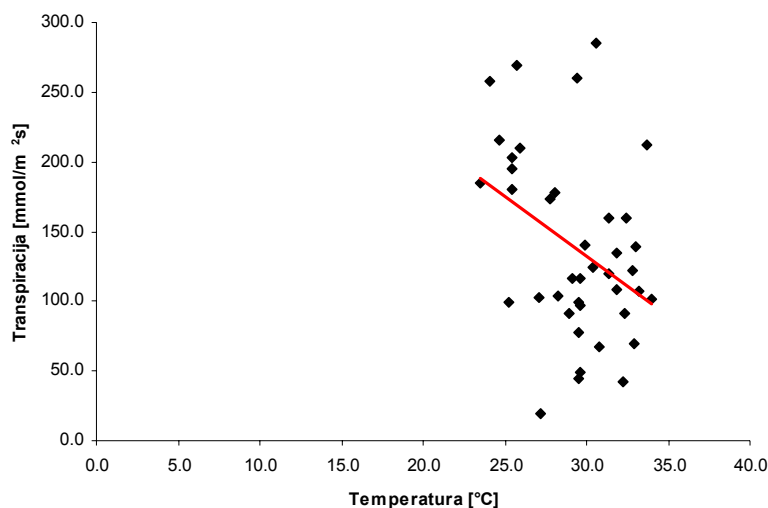
Med transpiracijo in temperaturo se je pričakovano pokazala korelacija, ki pa ni statistično značilna in je negativna. Prav tako transpiracija korelira z vlažnostjo zraka, vendar je ta korelacija pozitivna, kar v normalnih okoliščinah ni značilno.

Preglednica 4: Korelacije med transpiracijo in temperaturo ter vlažnostjo zraka

(Program R, n= 40, **povdarpjeno- $p \leq 0.01$** ; nepovdarpjeno- $p \leq 0.05$; n.s.- neznačilne povezave)

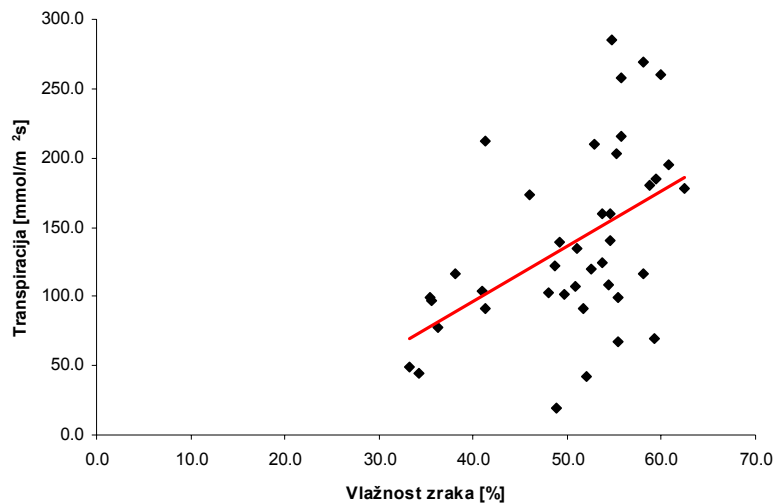
	Temperatura zraka [°C]	Vlažnost zraka [%]	Transpiracija
Temperatura zraka [°C]	1.00	n.s.	-0.38
Vlažnost zraka [%]	n.s.	1.00	0.49
Transpiracija	-0.38	0.49	1.00

Z večanjem temperature se je transpiracija zmanjševala (slika 13).



Slika 13: Odvisnost transpiracije od temperature pri vrsti *Phalaris arundinacea*

Z večanjem zračne vlažnosti se je povečevala tudi transpiracija (slika 14).

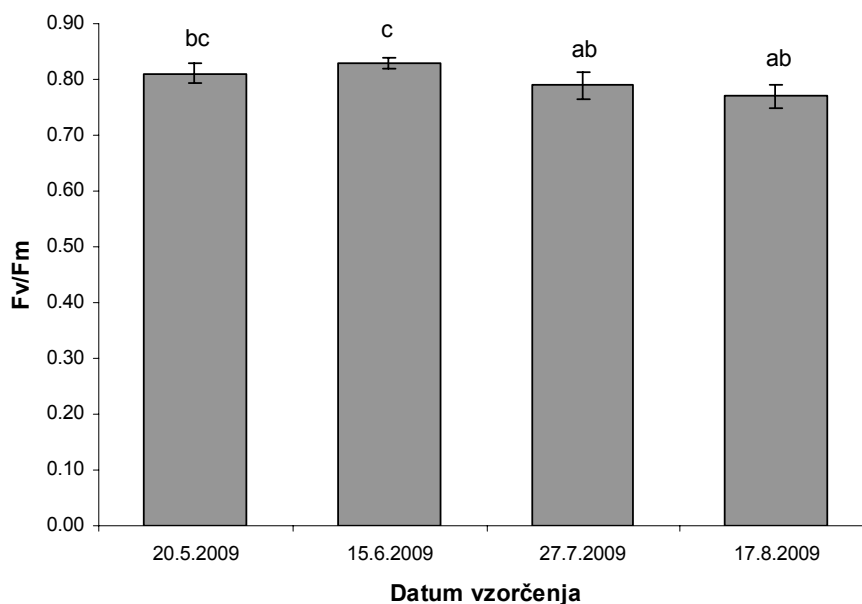


Slika 14: Odvisnost transpiracije od zračne vlažnosti pri vrsti *Phalaris arundinacea*

4.1.4 Potencialna fotokemična učinkovitost

Potencialna fotokemična učinkovitost se preko rastne sezone ni bistveno spreminjala.

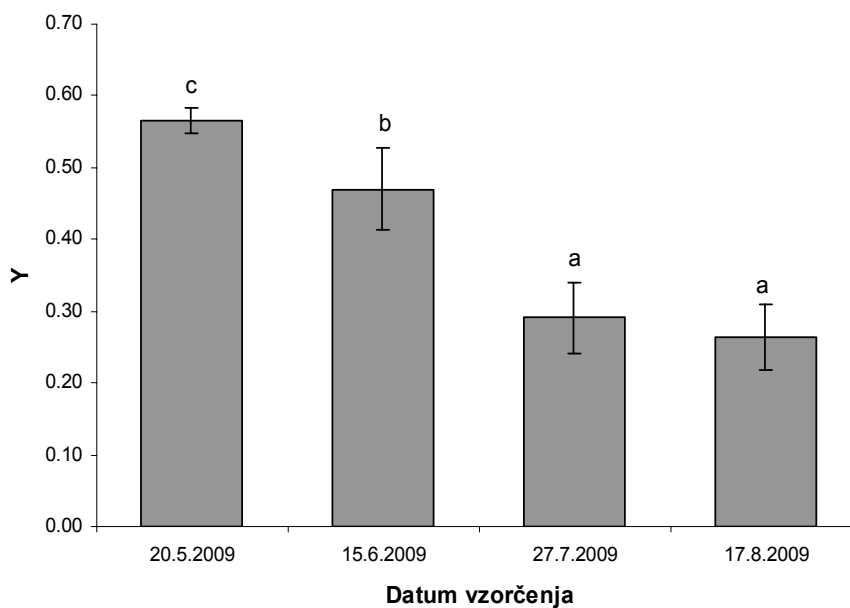
Vrednosti so se ves čas gibale okrog vrednosti 0.8, čeprav je statistična analiza pokazala nekaj značilnih razlik.



Slika 15: Sezonski potek potencialne fotokemične učinkovitosti pri vrsti *Phalaris arundinacea*. Črke označujejo statistično značilno razliko med posameznimi vzorčenji (ANOVA test, $p < 0.05$).

4.1.5 Dejanska fotokemična učinkovitost

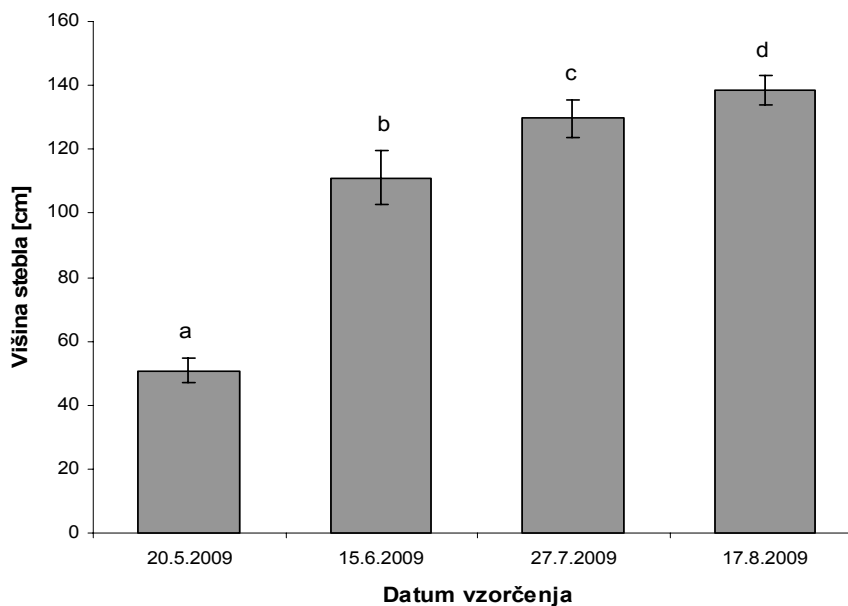
Za razliko od potencialne fotokemične učinkovitosti, se je dejanska fotokemična učinkovitost preko sezone precej spreminjala. Največja je bila pri prvem vzorčenju (20.5.2009), najmanjša pa pri zadnjem vzorčenju (17.8.2009). Ni dokazano, možna pa je povezava z razvojem rastlin. Lahko pa je to posledica sprememb na rastišču. Statistična analiza kaže, da so podatki med posameznimi vzorčenji značilno različni, razen podatki zadnjih dveh vzorčenj (27.7.2009 in 17.8.2009).



Slika 16: Sezonski potek dejanske fotokemične učinkovitosti pri vrsti *Phalaris arundinacea*. Črke označujejo statistično značilno razliko med posameznimi vzorčenji (ANOVA test, $p < 0.05$).

4.1.6 Višina stebela

Pričakovano je višina stebela preko rastne sezone naraščala. Najmanjša višina je bila tako izmerjena ob prvem vzorčenju (20.5.2009), največja pa ob zadnjem vzorčenju (17.8.2009). Višine so se najbolj razlikovale med prvima dvema vzorčenjema (20.5.2009 in 15.6.2009). Tudi statistična analiza kaže značilne razlike pri vseh vzorčenjih.



Slika 17: Sezonske spremembe višine stebela pri vrsti *Phalaris arundinacea*.

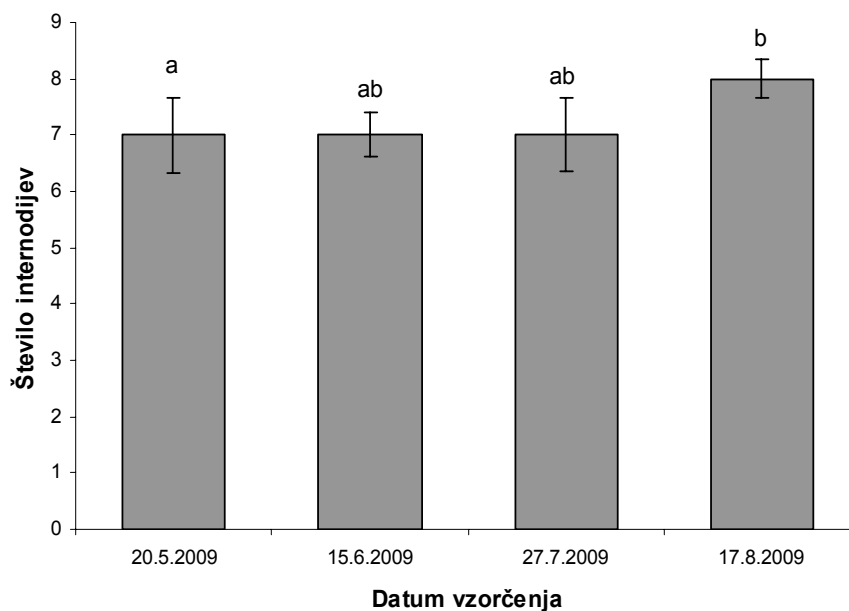
Črke označujejo statistično značilno razliko med posameznimi vzorčenji (ANOVA test, $p < 0.05$).

4.1.7 Bazalni premer stebela

Rezultati kažejo, da se bazalni premer stebela ni bistveno spreminjal. Povprečne vrednosti so se tekom cele sezone gibale okrog 3.5 mm. Tudi statistična analiza kaže, da med primeri ni statističnih razlik (glej prilogo D).

4.1.8 Število internodijev

Število internodijev se je skozi rastno sezono le malo spreminjalo, čeprav statistična analiza kaže nekaj značilnih razlik. V povprečju je bilo največje število internodijev pri zadnjem vzorčenju (17.8.2009).

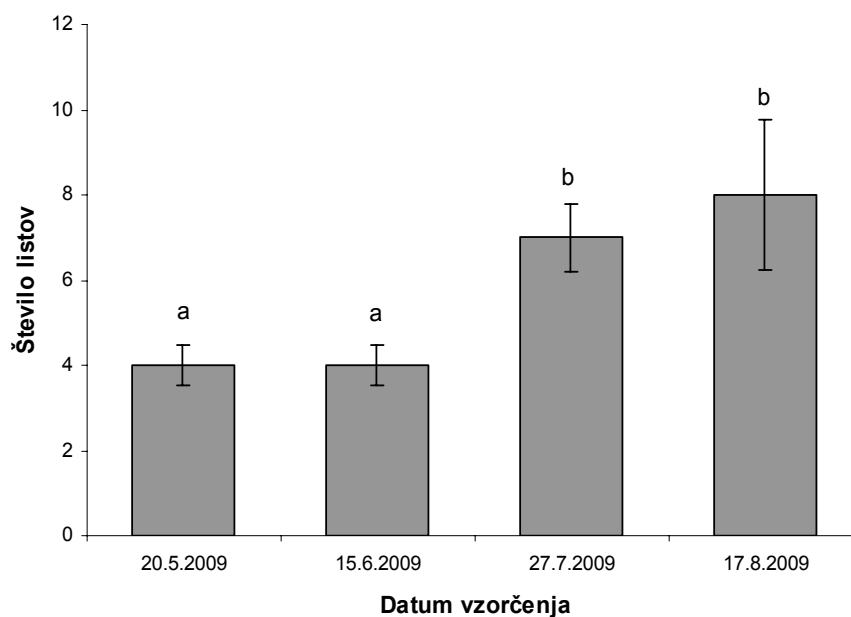


Slika 18: Sezonske spremembe števila internodijev pri vrsti *Phalaris arundinacea*.

Črke označujejo statistično značilno razliko med posameznimi vzorčenji (ANOVA test, $p < 0.05$).

4.1.9 Število listov

Povprečno število vseh listov je bilo tako pri prvih (20.5.2009 in 15.5.2009) kot tudi pri drugih (27.7.2009 in 17.8.2009) dveh vzorčenjih enako, kar kaže tudi statistična analiza. Prvi dve in drugi dve vzorčenji pa se med seboj statistično značilno razlikujejo. Razlike so predvsem zaradi mladih poganjkov, ki so se takrat pojavili na steblih. Razvili so se kot stranski poganjki iz nodijev, kar je za trave, ki običajno razvijajo mlade poganjke iz bazalnega meristema, malce nenavadno. Prisotni so bili tudi suhi, neasimilacijski listi, ki smo jih tu upoštevali. Število suhih, neasimilacijskih listov in število mladih poganjkov je predstavljeno v prilogi E.

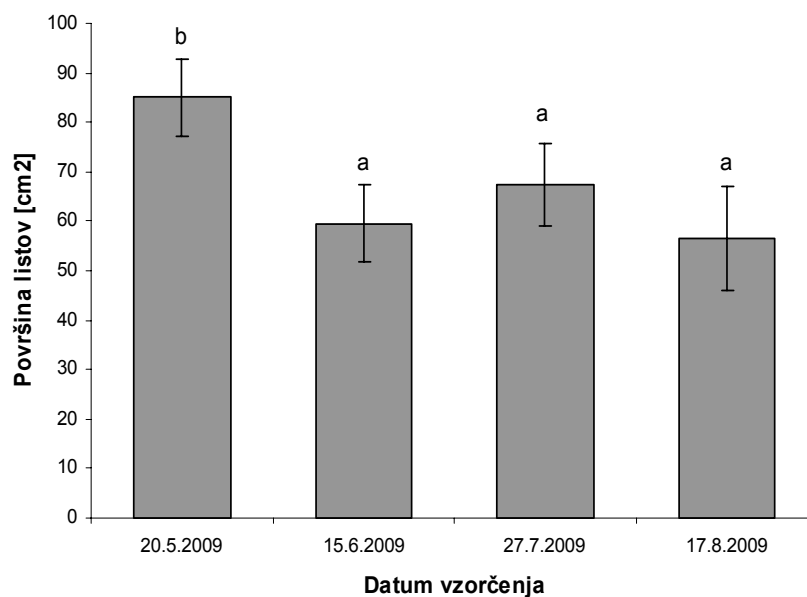


Slika 19: Sezonske spremembe števila listov pri vrsti *Phalaris arundinacea*.

Črke označujejo statistično značilno razliko med posameznimi vzorčenji (ANOVA test, $p < 0.05$).

4.1.10 Površina listov

Površina listov se je tekom sezone spreminjala. Največjo površino smo izmerili ob prvem vzorčenju (20.5.2009), čeprav takrat mladi poganjki, ki smo jih prav tako upoštevali, še niso bili prisotni. V nadaljevanju sezone pa se je površina zmanjšala, kljub prisotnosti mladih poganjkov in ostala približno enaka tekom nadaljnjih treh vzorčenj. To nam kaže tudi statistična analiza. Listna površina, ki jo predstavljajo suhi, neasimilirajoči listi in mladi poganjki je predstavljena v prilogi E.



Slika 20: Sezonske spremembe površine listov pri vrsti *Phalaris arundinacea*.

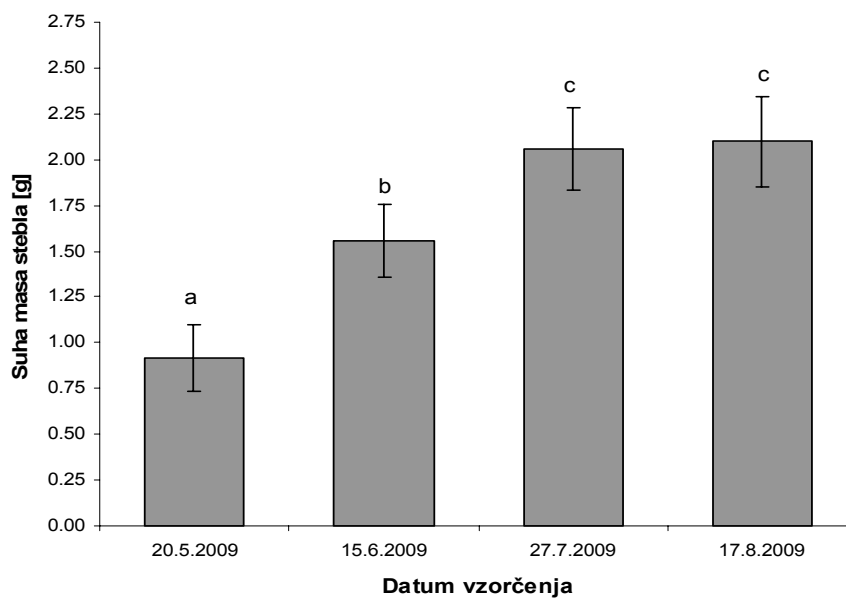
Črke označujejo statistično značilno razliko med posameznimi vzorčenji (ANOVA test, $p < 0.05$).

4.1.11 Suha masa listov

Suha masa listov je bila skozi celo rastno sezono približno enaka. Gibala se je okrog vrednosti 0.4 g. Tudi statistična analiza ne kaže značilnih razlik med podatki (glej prilogo F). Odstotek suhe mase neasimilirajočih listov je predstavljen v prilogi E.

4.1.12 Suha masa stebila

Suha masa stebila je tekom rastne sezone naraščala. Najmanjša je bila ob prvem vzorčenju (20.5.2009), največjo vrednost pa je dosegla pri zadnjih dveh vzorčenjih (27.7.2009 in 17.8.2009). Statistična analiza kaže, da se podatki med seboj značilno razlikujejo, z izjemo zadnjih dveh vzorčenj, kjer so razlike v suhi masi neznailne.



Slika 21: Sezonske spremembe suhe mase stebila pri vrsti *Phalaris arundinacea*.

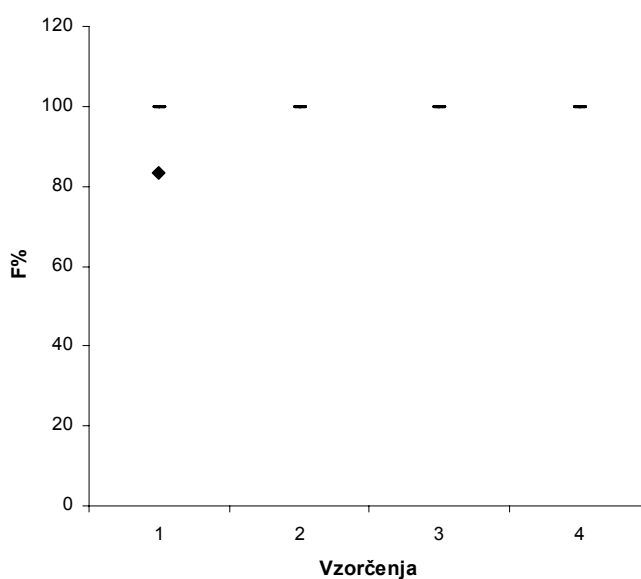
Črke označujejo statistično značilno razliko med posameznimi vzorčenji (ANOVA test, $p < 0.05$).

4.2 MIKORIZNA KOLONIZACIJA

V hipotezah smo predvideli, da so naše rastline kolonizirane z AM glivami, zato smo do tu na splošno govorili o mikorizi. Ker pa smo ugotovili, da je gostota arbuskulov v koreninskem sistemu zelo majhna, bi morali z dodatnimi analizami preveriti, če so to res AM glive. Zato v nadaljevanju namesto izraza mikorizna kolonizacija uporabljamo izraz glivna kolonizacija.

4.2.1 Frekvenca glivne kolonizacije (F%)

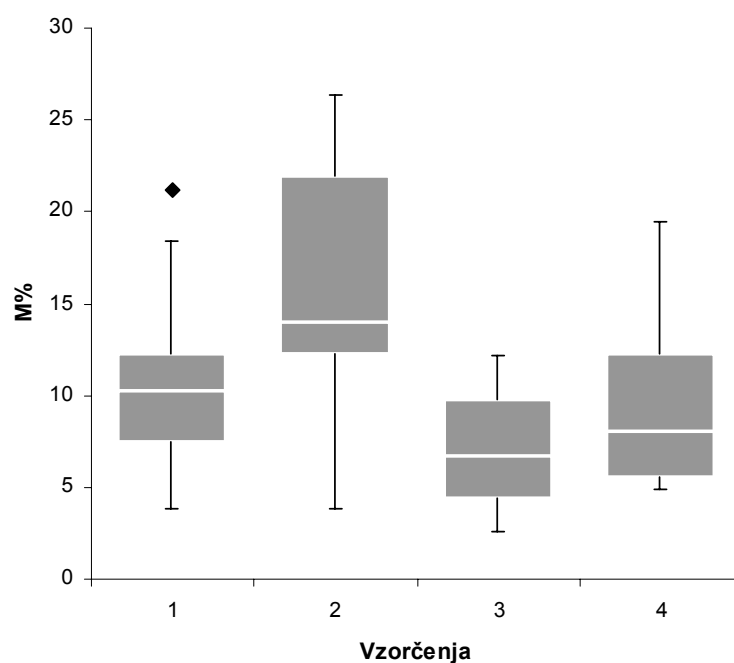
Frekvenca glivne kolonizacije je bila tekom cele sezone 100 %, z eno izjemo pri prvem vzorčenju (20.5.2009), kjer je frekvenca glivne kolonizacije pri prvem vzorcu znašala 83.3 %. To pomeni, da je bila glivna kolonizacija prisotna v vseh fragmentih vseh vzorcev, razen pri petih fragmentih 1. vzorca pri prvem vzorčenju. V nekaterih fragmentih sicer niso bile prisotne nobene strukture, razen hif, vendar smo take fragmente tudi upoštevali kot mikorizne.



Slika 22: Sezonski potek frekvenca glivne kolonizacije pri vrsti *Phalaris arundinacea*. Vzorčenja 1, 2, 3, 4 pomenijo: 1. vzorčenje 20.5.2009, 2. vzorčenje 15.6.2009, 3. vzorčenje 27.7.2009 ter 4. vzorčenje 17.8.2009. ♦ predstavlja izstopajoči podatek

4.2.2 Splošna intenziteta glivne kolonizacije (M %)

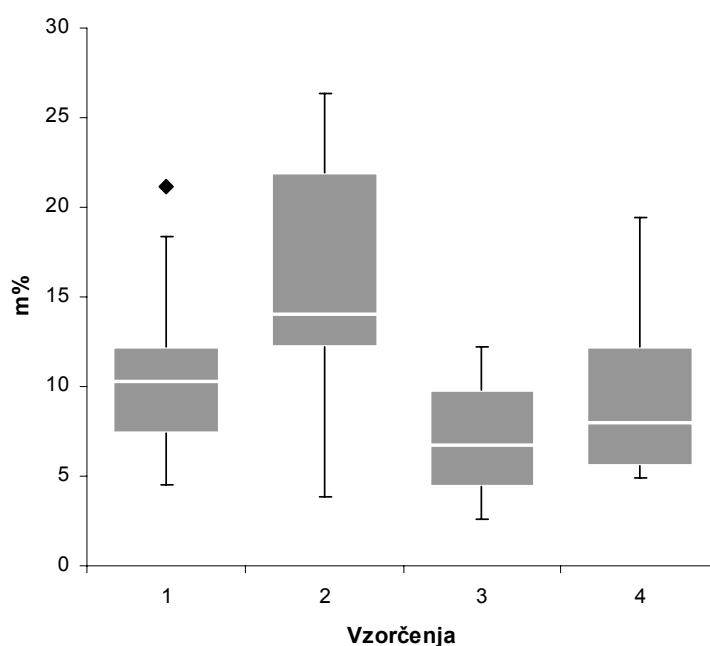
Splošna intenziteta glivne kolonizacije se tekom sezone ni drastično spreminjala. Ob prvem vzorčenju je mediana znašala 10.3 %, ob drugem vzorčenju, ko so rastline cvetele, je bila intenziteta glivne kolonizacije nekoliko večja. Mediana je znašala 14 %, ob tretjem vzorčenju pa se je intenziteta spet znižala. Mediana je tam znašala 6.8 %, ob četrtem vzorčenju pa 8 %.



Slika 23: Sezonski potek splošne intenzitete glivne kolonizacije pri vrsti *Phalaris arundinacea*. Vzorčenja 1, 2, 3, 4 pomenijo: 1. vzorčenje 20.5.2009, 2. vzorčenje 15.6.2009, 3. vzorčenje 27.7.2009 ter 4. vzorčenje 17.8.2009. Bela črta predstavlja mediano, sivo polje 1. in 3. kvartil, ročaje določata pogojni minimum in pogojni maksimum, ♦ pa predstavlja izstopajoči podatek.

4.2.3 Intenziteta glivne kolonizacije v koloniziranih odsekih (m%)

Intenziteta glivne kolonizacije v koloniziranih odsekih je podobna splošni intenziteti mikorize, ker je bila frekvenca glivne kolonizacije tako visoka. Mediane pri vseh štirih vzorčenjih so popolnoma enake medianam splošne intenzitete glivne kolonizacije.

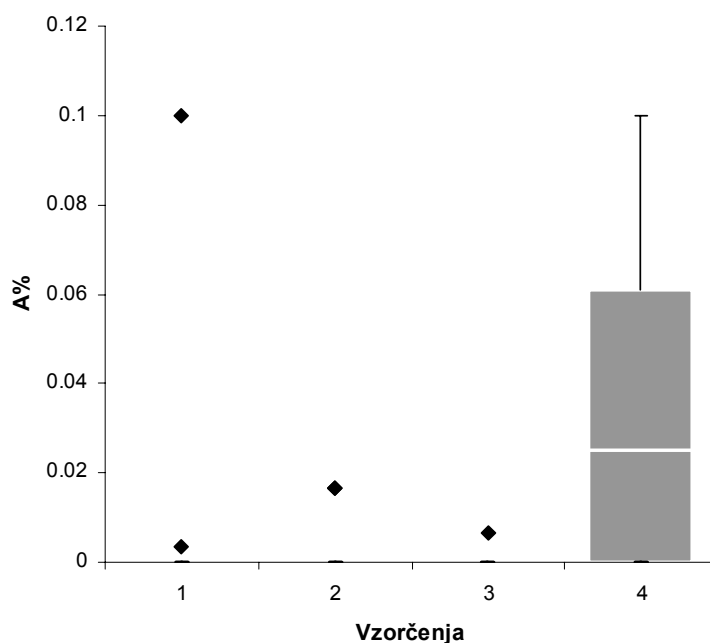


Slika 24: Sezonski potek intenzitete glivne kolonizacije v koloniziranih odsekih pri vrsti *Phalaris arundinacea*.

Vzorčenja 1, 2, 3, 4 pomenijo: 1. vzorčenje 20.5.2009, 2. vzorčenje 15.6.2009, 3. vzorčenje 27.7.2009 ter 4. vzorčenje 17.8.2009. Bela črta predstavlja mediano, sivo polje 1. in 3. kvartil, ročaje določata pogojni minimum in pogojni maksimum, ♦ pa predstavlja izstopajoči podatek.

4.2.4 Gostota arbuskulov v koreninskem sistemu (A%)

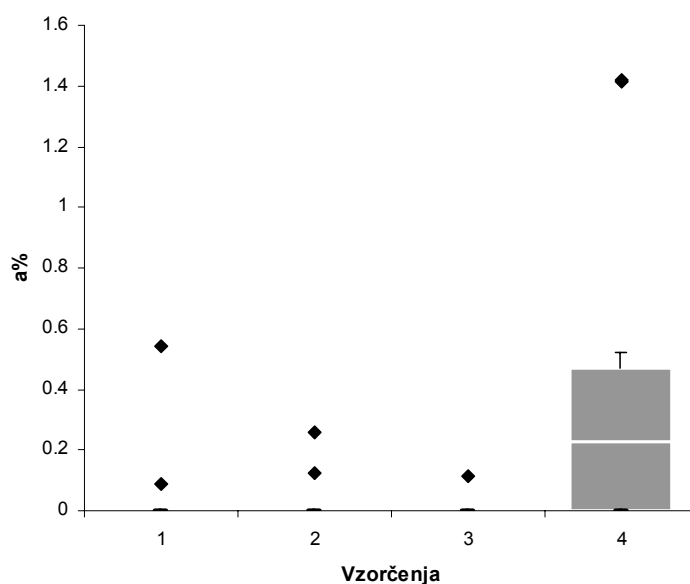
Gostota arbuskulov je bila tekom celotne sezone zelo nizka. Pri prvih treh vzorčenjih so se arbuskuli pojavljali posamično. Bilo je le par izstopajočih podatkov, ki pa tudi niso presegli vrednosti 0.1 %. Ob zadnjem vzorčenju (17.8.2009) je bila gostota neznatno večja – mediana je znašala 0.025 %.



Slika 25: Sezonske spremembe gostote arbuskulov v koreninskem sistemu pri vrsti *Phalaris arundinacea*. Vzorčenja 1, 2, 3, 4 pomenijo: 1. vzorčenje 20.5.2009, 2. vzorčenje 15.6.2009, 3. vzorčenje 27.7.2009 ter 4. vzorčenje 17.8.2009. Bela črta predstavlja mediano, sivo polje 1. in 3. kvartil, ročaje določata pogojni minimum in pogojni maksimum, ♦ pa predstavlja izstopajoči podatek.

4.2.5 Gostota arbuskulov v delu koreninske skorje z glivno kolonizacijo (a%)

Tudi gostota arbuskulov v delu koreninske skorje z glivno kolonizacijo je bila zelo nizka in se bistveno ne razlikuje od gostote arbuskulov v celotnem koreninskem sistemu. Mediana pri prvih treh vzorčenjih prav tako znaša 0 % in izstopajoči podatki ne presegajo vrednosti 0.54 %. Mediana četrtega vzorčenja pa doseže vrednost 0.23 %. Izstopajoči podatek tu doseže vrednost 1.42 %.

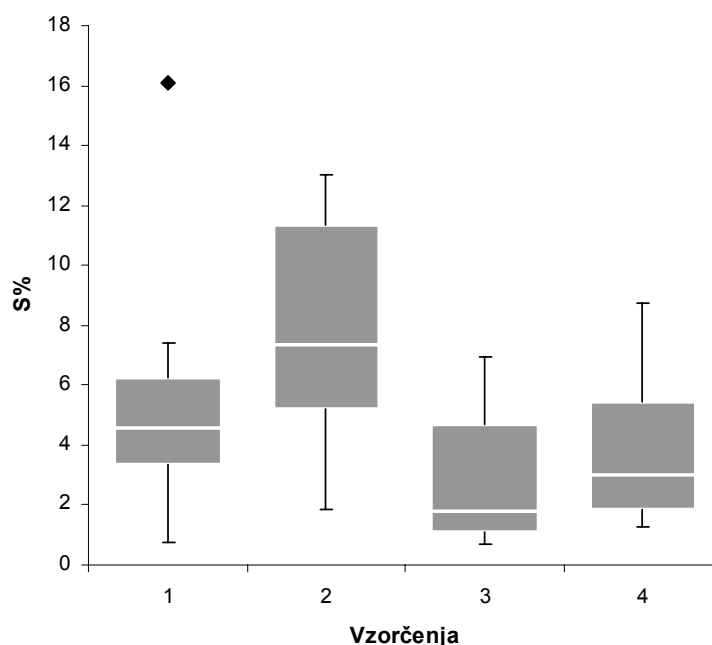


Slika 26: Sezonske spremembe gostote arbuskulov v delu koreninske skorje z glivno kolonizacijo pri vrsti *Phalaris arundinacea*.

Vzorčenja 1, 2, 3, 4 pomenijo: 1. vzorčenje 20.5.2009, 2. vzorčenje 15.6.2009, 3. vzorčenje 27.7.2009 ter 4. vzorčenje 17.8.2009. Bela črta predstavlja mediano, sivo polje 1. in 3. kvartil, ročaje določata pogojni minimum in pogojni maksimum, ♦ pa predstavlja izstopajoči podatek.

4.2.6 Gostota svitkov v koreninskem sistemu (S%)

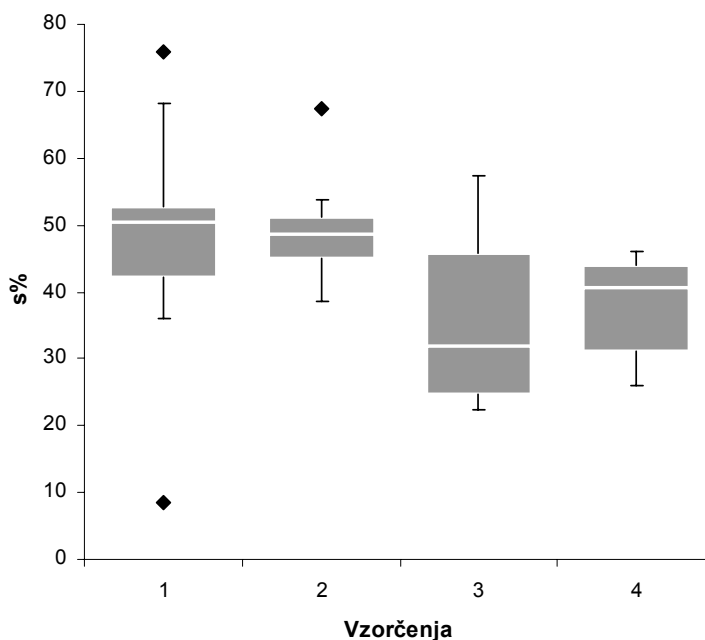
Gostota svitkov v koreninskem sistemu je v primerjavi z gostoto ostalih struktur največja. Vrednosti so se tekom sezone nekoliko spreminjale. Ob prvem vzorčenju je mediana znašala 4.6 %. Ob drugem je narasla na 7.3 %, nato pa je gostota nazaj upadla in sicer na 1.8 %. Ob četrtem vzorčenju je mediana dosegla vrednost 3 %. Le pri prvem vzorčenju se je pojavil izstopajoč podatek, ki je znašal 16 %.



Slika 27: Sezonske spremembe gostote svitkov v koreninskem sistemu pri vrsti *Phalaris arundinacea*. Vzorčenja 1, 2, 3, 4 pomenijo: 1. vzorčenje 20.5.2009, 2. vzorčenje 15.6.2009, 3. vzorčenje 27.7.2009 ter 4. vzorčenje 17.8.2009. Bela črta predstavlja mediano, sivo polje 1. in 3. kvartil, ročaje določata pogojni minimum in pogojni maksimum, ♦ pa predstavlja izstopajoči podatek.

4.2.7 Gostota svitkov v delu koreninske skorje z glivno kolonizacijo (s%)

Gostote svitkov v delu koreninske skorje z mikorizno kolonizacijo so bile tekom celotne sezone dokaj velike. Ob prvem vzorčenju je bila gostota največja. Mediana je znašala 50.5%, ob drugem vzorčenju pa 48.7 %. Kasneje je gostota upadla, tako da ob tretjem vzorčenju mediana znaša 31.9 %, ob četrtem pa je zopet narasla na 40.7 %. Največja izstopanaj se pojavijo pri prvem vzorčenju, kjer sta dva izstopajoča podatka in sicer 8.5 % ter 75.9 %.

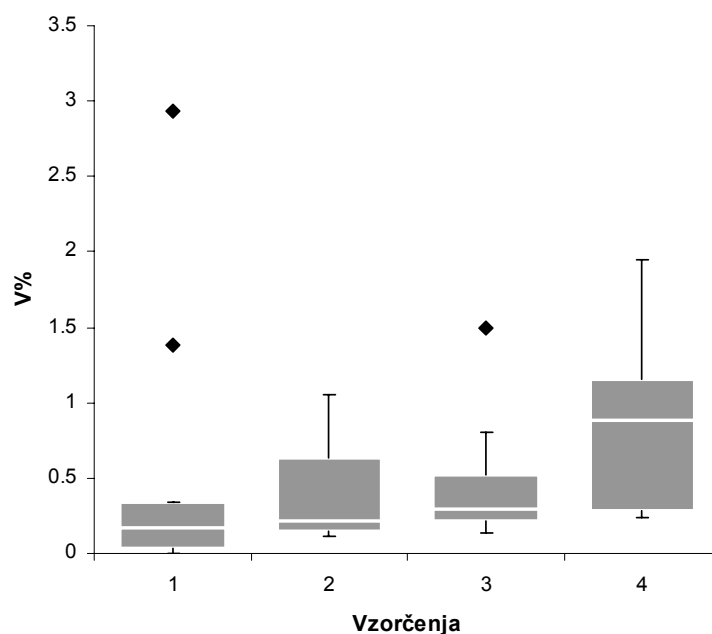


Slika 28: Sezonske spremembe gostote svitkov v delu koreninske skorje z glivno kolonizacijo pri vrsti *Phalaris arundinacea*.

Vzorčenja 1, 2, 3, 4 pomenijo: 1. vzorčenje 20.5.2009, 2. vzorčenje 15.6.2009, 3. vzorčenje 27.7.2009 ter 4. vzorčenje 17.8.2009. Bela črta predstavlja mediano, sivo polje 1. in 3. kvartil, ročaje določata pogojni minimum in pogojni maksimum, ♦ pa predstavlja izstopajoči podatek.

4.2.8 Gostota veziklov v koreninskem sistemu (V%)

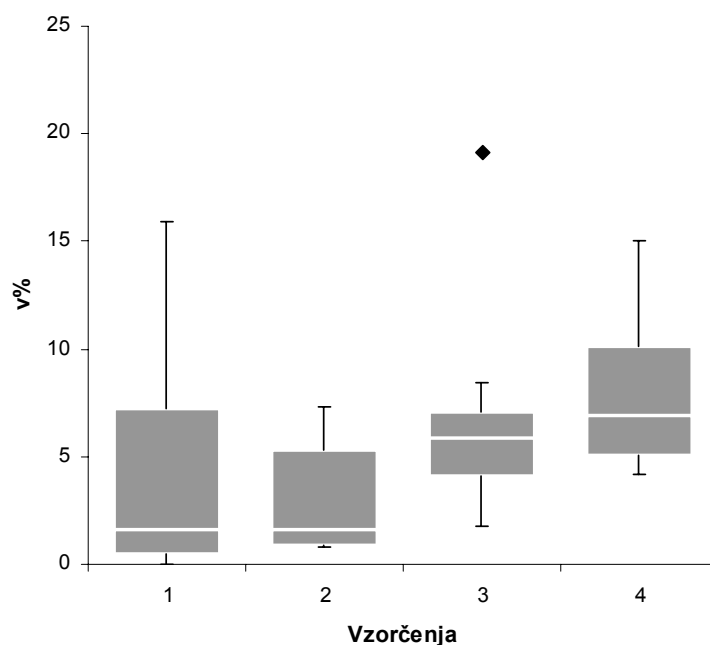
Gostota veziklov v koreninskem sistemu je bila preko cele sezone nizka. Pri prvih treh vzorčenjih mediane znašajo 0.17 %, 0.22 % ter 0.30 %. Bilo je nekaj izstopajočih podatkov, ki pa ne presežejo vrednosti 2.9 %. Največja gostota se je pojavila pri četrtem vzorčenju in sicer 0.88 %. Gostota rahlo narašča s starostjo.



Slika 29: Sezonske spremembe gostote veziklov v koreninskem sistemu pri vrsti *Phalaris arundinacea*. Vzorčenja 1, 2, 3, 4 pomenijo: 1. vzorčenje 20.5.2009, 2. vzorčenje 15.6.2009, 3. vzorčenje 27.7.2009 ter 4. vzorčenje 17.8.2009. Bela črta predstavlja mediano, sivo polje 1. in 3. kvartil, ročaje določata pogojni minimum in pogojni maksimum, ♦ pa predstavlja izstopajoči podatek.

4.2.9 Gostota veziklov v delu koreninske skorje z glivno kolonizacijo (v%)

Malce večje razlike so se pojavile pri gostoti veziklov v delu koreninske skorje z mikorizno kolonizacijo. Vrednosti kažejo tekmoma k povečevanju. Mediana znaša ob prvem in drugem vzorčenju 1.6 %, ob tretjem pa 5.9 %. V četrtem vzorčenju se je povečala še za 1 %.

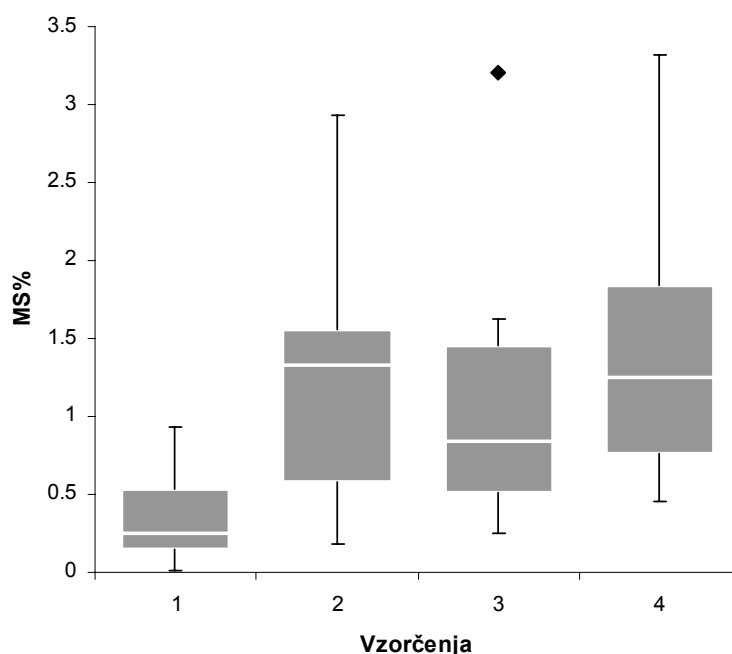


Slika 30: Sezonske spremembe gostote veziklov v delu koreninske skorje z glivno kolonizacijo pri vrsti *Phalaris arundinacea*.

Vzorčenja 1, 2, 3, 4 pomenijo: 1. vzorčenje 20.5.2009, 2. vzorčenje 15.6.2009, 3. vzorčenje 27.7.2009 ter 4. vzorčenje 17.8.2009. Bela črta predstavlja mediano, sivo polje 1. in 3. kvartil, ročaje določata pogojni minimum in pogojni maksimum, ♦ pa predstavlja izstopajoči podatek.

4.2.10 Gostota mikrosklerocijev v koreninskem sistemu (MS%)

Gostota mikrosklerocijev v koreninskem sistemu je tekom sezone nihala med 0.2 in 1.3 %. Najmanjša gostota je bila pri prvem vzorčenju (0.2 %), največja pa pri drugem (1.3 %), ko je rastlina cvetela. Pri tretjem vzorčenju je mediana znašala 0.8 %, pri četrtem pa je zopet narasla in je znašala 1.3 %. Pri tretjem vzorčenju se je pojavil tudi en izstopajoč podatek, ki je znašal 3.2 %.

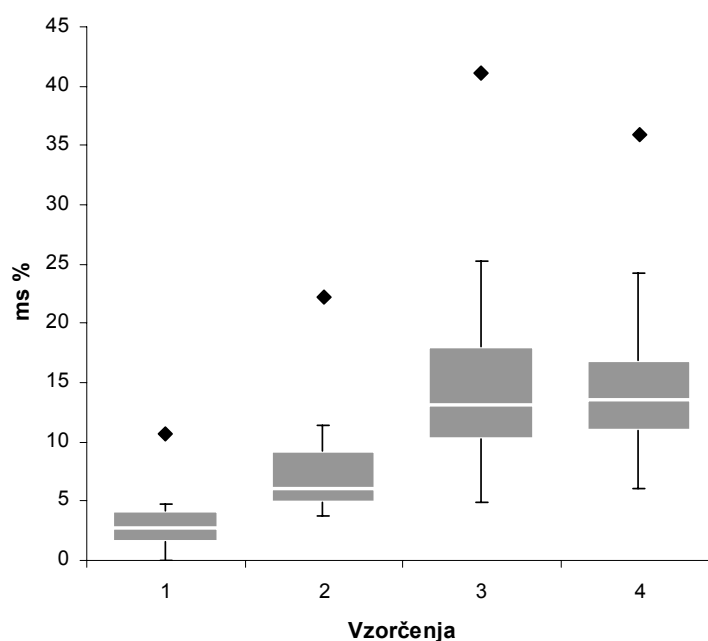


Slika 31: Sezonske spremembe gostote mikrosklerocijev v koreninskem sistemu pri vrsti *Phalaris arundinacea*.

Vzorčenja 1, 2, 3, 4 pomenijo: 1. vzorčenje 20.5.2009, 2. vzorčenje 15.6.2009, 3. vzorčenje 27.7.2009 ter 4. vzorčenje 17.8.2009. Bela črta predstavlja mediano, sivo polje 1. in 3. kvartil, ročaje določata pogojni minimum in pogojni maksimum, ♦ pa predstavlja izstopajoči podatek.

4.2.11 Gostota mikrosklerocijev v delu koreninske skorje z glivno kolonizacijo (ms%)

Gostota mikrosklerocijev v delu koreninske skorje z glivno kolonizacijo je bila nekoliko večja kot gostota mikrosklerocijev v celotnem koreninskem sistemu. Mediane so bile med 2.7 in 13.6 %. Najnižje vrednosti so bile ob prvem vzorčenju, nato pa je gostota postopoma naraščala. Ob drugem vzorčenju je mediana znašala 6 %, ob tretjem 13.1 %, z izstopajočim podatkom 41.2 %. Ob četrtem vzorčenju pa je bila gostota največja (13.6 %).



Slika 32: Sezonske spremembe gostote mikrosklerocijev v delu koreninske skorje z glivno kolonizacijo pri vrsti *Phalaris arundinacea*.

Vzorčenja 1, 2, 3, 4 pomenijo: 1. vzorčenje 20.5.2009, 2. vzorčenje 15.6.2009, 3. vzorčenje 27.7.2009 ter 4. vzorčenje 17.8.2009. Bela črta predstavlja mediano, sivo polje 1. in 3. kvartil, ročaje določata pogojni minimum in pogojni maksimum, ♦ pa predstavlja izstopajoči podatek.

4.3 SOODVISNOST MERJENIH PARAMETROV

Med vrednostmi merjenih rastnih parametrov pri prvem vzorčenju smo dobili nekaj značilnih povezav (priloga G). Splošna intenziteta glivne kolonizacije pa ni bila v korelaciji z nobenim merjenim parametrom.

Korelacij med podatki drugega vzorčenja je malo (priloga H). Statistična analiza je pokazala, da so v korelaciji pri $\alpha = 0.01$ le površina listov in njihova suha masa ter višina stebela in suha masa stebela. Pri $\alpha = 0.05$ pa so si v korelaciji bazalni premer stebela in potencialna fotokemična učinkovitost, število listov in njihova suha masa, površina listov in suha masa stebela ter suha masa stebela in suha masa listov. Splošna intenziteta glivne kolonizacije pa ni v korelaciji z nobenim parametrom.

Med podatki tretjega vzorčenja je statistična analiza pokazala nekaj več korelacij kot pri prejšnjih vzorčenjih (priloga I). Pri $\alpha = 0.01$ so v korelaciji višina stebela in dejanska fotokemična učinkovitost, višina stebela ter njegova suha masa, višina stebela in število internodijev, število listov in število internodijev ter površina in suha masa listov. Pri $\alpha = 0.05$ pa so v korelaciji suha masa listov in potencialna fotokemična učinkovitost, suha masa stebela in dejanska fotokemična učinkovitost ter število internodijev in dejanska fotokemična učinkovitost, število listov in višina stebela ter suha masa stebela in suha masa listov. Splošna intenziteta glivne kolonizacije tudi pri tem vzorčenju ni v korelaciji z nobenim parametrom.

Med podatki četrtega vzorčenja (priloga J) je statistična analiza pri $\alpha = 0.01$ pokazala korelacijo med višino in bazalnim premerom stebela, med številom in površino listov, med suho maso in številom listov ter med površino in suho maso listov. Pri $\alpha = 0.05$ pa so v korelaciji višina in suha masa stebela, bazalni premer in suha masa stebela ter suha masa stebela in suha masa listov. Splošna intenziteta glivne kolonizacije ni v korelaciji z nobenim parametrom.

Statistična analiza je med merjenimi parametri vseh vzorčenj skupaj pokazala precej več povezanosti (preglednica 5). V korelaciji so tako rastni parametri kot fiziološki odzivi rastlin. Največja je korelacija med suho maso in višino stebela. Analiza je pokazala le negativno povezavo med splošno intenziteto glivne kolonizacije in številom listov. Z ostalimi parametri pa splošna intenziteta glivne kolonizacije ni v korelaciji.

Preglednica 5: Korelacije med vrednostmi merjenih parametrov vseh štirih vzorčenj skupaj
(Program R, n = 40; **povdarneno- $p \leq 0.01$** ; nepovdarnjeno- $p \leq 0.05$; n.s.- neznačilne povezave)

	M %	transpiracija [mmol/m ² s]	Fv/Fm	Y	višina stebela [cm]	bazalni premer stebela [mm]	število internodijev	število listov	površina listov [cm ²]	suha masa listov [g]	suha masa stebela [g]
M %	1.00	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-0.40	n.s.	n.s.	n.s.
transpiracija [mmol/m ² s]	n.s.	1.00	0.39	0.40	-0.54	n.s.	n.s.	-0.33	n.s.	n.s.	-0.50
Fv/Fm	n.s.	0.39	1.00	0.37	n.s.	n.s.	n.s.	-0.35	n.s.	n.s.	n.s.
Y	n.s.	0.40	0.37	1.00	-0.70	n.s.	n.s.	-0.50	0.52	n.s.	-0.61
višina stebela [cm]	n.s.	-0.54	n.s.	-0.70	1.00	n.s.	0.54	0.60	-0.47	n.s.	0.90
bazalni premer stebela [mm]	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1.00	n.s.	n.s.	n.s.	0.31	0.35
število internodijev	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0.54	n.s.	1.00	0.45	n.s.	n.s.	0.55
število listov	-0.40	-0.33	-0.35	-0.50	0.60	n.s.	0.45	1.00	n.s.	0.32	0.67
površina listov [cm ²]	n.s.	n.s.	n.s.	0.52	-0.47	n.s.	n.s.	n.s.	1.00	0.77	n.s.
suha masa listov [g]	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0.31	n.s.	0.32	0.77	1.00	n.s.
suha masa stebela [g]	n.s.	-0.50	n.s.	-0.61	0.90	0.35	0.55	0.67	n.s.	n.s.	1.00

5 RAZPRAVA

5.1 RASTNA DINAMIKA IN FIZIOLOŠKI ODZIV RASTLINE

Cerkniško jezero je presihajoč vodni sistem, kjer so tekom sezone prisotne skrajne razmere, kot je izmenjevanje mokrih in sušnih obdobj. Globoka voda omejuje preskrbo koreninskega sistema s kisikom, kar upočasni razvojne procese (Gaberšček in Urbanc-Berčič, 2002).

Ugotovili smo, da je na rastno dinamiko in fiziološki odziv rastlin najbolj vplivala fenološka faza rastlin ob vzorčenju. Bistveno vlogo imajo tudi abiotiki dejavniki, kot sta temperatura in vlažnost ter nasičenost tal z vodo. Rastlina namreč potrebuje za optimalno rast tudi optimalne razmere na rastišču, v nasprotnem primeru mora razviti različne strategije, ki ji pomagajo preživeti. Optimalna temperatura za vitalne procese v rastlini je med 5 in 25°C. Če je temperatura višja ali nižja, to pomeni zmanjšanje neto fotosintezne aktivnosti organizma (Larcher, 2003).

Ob prvem vzorčenju so bili abiotiki dejavniki za rastline najbolj optimalni. Tla so bila rahlo vlažna, temperatura pa je bila okrog 25°C. Temu primerno je bila transpiracija pri prvem vzorčenju najvišja, saj rastlini ni bilo potrebno varčevati z vodo. Transpiracija je odvisna od klimatskih faktorjev, predvsem T in zračne vlažnosti (Schulze et al., 2005). V skladu s temperaturo in zračno vlažnostjo, se je transpiracija tekom sezone spreminjala. Višja kot je bila temperatura, manjša je bila transpiracija, kar je značilno za normalne okoliščine, saj rastlina tako varčuje z vodo. Z večanjem vlažnosti pa se je povečevala tudi transpiracija, kar je v normalnih pogojih neobičajno. Verjetno je pri nas zaradi visokih temperatur in zelo nizke vlažnosti že prišlo do zapiranja listnih rež, da je rastlina tako varčevala z vodo. Tako je bila transpiracija v nasprotju s pričakovanji najmanjša ob tretjem vzorčenju, ko je bila tudi zračna vlažnost najnižja.

Potencialna fotokemična učinkovitost je pri vseh štirih vzorčenjih dosegala normalne vrednosti, kar kaže na to, da rastline niso bile izpostavljene stresu. Njena vrednost namreč v povprečju dosega od 0.77 do 0.83 ± 0.02 . Za vitalne rastline, ki rastejo v ugodnih

razmerah, je normalna vrednost do 0.83. Če so vrednosti nižje, to pomeni, da je rastlina izpostavljena stresu (Trošt Sedej, 2005).

Dejanska fotokemična učinkovitost pa je bila precej manjša. Vrednosti so nihale od 0.26 do 0.56 ± 0.06 . Odvisna je namreč od razmer na rastišču (Trošt Sedej, 2005). Najmanjša je bila pri četrtem vzorčenju, največja pa pri prvem vzorčenju.

Rastline so bile ob prvem vzorčenju v zgodnji vegetacijski fazi. Imele so razvite le liste in stebila, cvetne zasnove pa še niso bile vidne. Temu primerne so tudi vrednosti rastnih parametrov. Višina rastlin je bila ob prvem vzorčenju najmanjša. V povprečju so bile rastline visoke 51 ± 4 cm. Ob drugem vzorčenju so bile rastline v fazi cvetenja. Pričakovano so bile višje kot pri prvem vzorčenju in to v povprečju kar za 60 cm. Tudi ob tretjem vzorčenju, ko so bile rastline v fazi plodenja, se je višina stebila še nekoliko povečala (za 20 cm), kar kaže, da rast rastlin še ni bila zaključena. Ob četrtem vzorčenju se je višina sicer še nekoliko povečala, vendar so bile rastline že v pozni vegetacijski fazi. Prisotnih je bilo kar nekaj suhih listov, iz stebelnih nodijev pa so se pojavljali tudi mladi poganjki. Prav tako se je tekom sezone postopoma povečevala tudi suha masa stebila.

Bazalni premer stebila pa se tekom sezone ni bistveno spreminjal. Pri vseh vzorčenjih je premer znašal okrog $3.5 \text{ mm} \pm 0.03$, le pri zadnjem vzorčenju se je neznatno povečal. Podatki kažejo, da se tudi število internodijev tekom sezone ni bistveno spreminjalo, temveč so se podaljševali internodiji. V povprečju je bilo prisotnih 7 ± 1 internodijev, le pri zadnjem vzorčenju se je število neznatno povečalo.

Pričakovano je bilo pri prvem vzorčenju prisotno najmanjše število listov (4 ± 0.5), ki se je po pričakovanjih kasneje povečevalo, vendar predvsem na račun mladih poganjkov, ki so bili prisotni na rastlinah. Največje število je bilo tako ob zadnjem vzorčenju (8 ± 1.8).

Površina listov pa ni bila v sorazmerju s številom listov. Pri prvem vzorčenju je bila površina namreč največja, nato pa je nihala neodvisno od števila listov in dosegla najmanjšo vrednost pri četrtem vzorčenju. V skladu s površino listov je nihala tudi njihova suha masa.

5.2 GLIVNA KOLONIZACIJA

Za močvirske predele so bili nekaj časa prepričani, da je mikoriza tam neobičajna in nima velikega pomena (Peat in Fitter, 1993). Kot poroča že nekaj avtorjev pred nami (Bohrer et al., 2004; Šraj-Kržič et al., 2006; Šraj-Kržič et al., 2009; Dolinar in Gaberščik, 2010), smo tudi mi pri močvirski vrsti, trstični pisanke (*Phalaris arundinacea*) odkrili tako AM glive kot DSE. Splošna frekvenca glivne kolonizacije je bila pri vseh štirih vzorčenjih, ki smo jih opravili tekom rastle sezone 2009, 100 %. To pomeni, da so bili vsi pregledani segmenti kolonizirani z AM glivami oz. z DSE. Splošna intenziteta glivne kolonizacije, pa se je med vzorčenji razlikovala. Ravno tako različni avtorji poročajo, da se tekom sezone spreminja intenziteta glivne kolonizacije, tako pri AM kot pri DSE (Miller, 2000; Bohrer et al., 2004; Mandyam in Jumpponen, 2008; Likar et al., 2009; Dolinar in Gaberščik, 2010). Vendar se med avtorji pojavljajo razlike, kdaj v sezoni je intenziteta glivne kolonizacije najvišja. Pri nas smo zaznali najvišjo splošno intenziteto glivne kolonizacije pri drugem vzorčenju, kar pomeni v sredini junija, ko je rastlina cvetela. Mediana je znašala približno 14 %. Ob tem vzorčenju je bila prst na mestu vzorčenja, za razliko od prvega in tretjega vzorčenja, popolnoma suha, kar potrjuje že nekatere dosedanje raziskave, da je kolonizacija z AM glivami večja v bolj suhih predelih (Turner in Friesse, 1998; Miller et al., 1999). Splošna intenziteta glivne kolonizacije je bila najnižja ob tretjem vzorčenju, ko je ta del jezera ponovno zalila voda in je bila prst na mestu vzorčenja ponovno vlažna. To lahko potrjuje ugotavljanja Dolinar in Gaberščik (2010), da bi sprememba vodostaja tekom sezone lahko vplivala na glivno kolonizacijo. Intenziteta glivne kolonizacije v koloniziranih odsekih korenine se popolnoma ujema s splošno intenziteto glivne kolonizacije, saj je bila frekvenca glivne kolonizacije zelo visoka.

Dokaj nizka intenziteta glivne kolonizacije bi lahko bila posledica tega, kateri družini pripada proučevana rastlinska vrst. Trstična pisanka (*Phalaris arundinacea*) spada namreč v družino trav. Ugotovili so namreč, da so rastline s preprostim koreninskim sistemom, brez koreninskih laskov običajno bolj odvisne od mikorizne kolonizacije kot rastline z gostim, šopastim koreninskim sistemom s številnimi koreninskimi laski, kot so na primer trave (Cronk in Fennessy, 2001).

Gostota arbuskulov v koreninskem sistemu je bila pri vseh vzorčenjih zelo nizka. Kar je verjetno posledica zelo spremenljivih razmer na rastišču, nivo vode je namreč zelo nihal, saturacija tal z vodo pa vpliva na prisotnost AM in DSE (Turner in Friesse, 1998; Miller et al., 1999), ali pa so v času vzorčenja arbuskuli že propadli oziroma še niso nastali, kajti to so zelo kratkožive strukture, ki so prisotne le nekaj dni (Brundrett, 2008). Prisotni so bili le pri neznatnem številu koreninskih fragmentov. Kljub zelo nizkim vrednostim, pa je bilo, podobno kot pri trstu (*Phragmites australis*) na Cerkniškem jezeru (Dolinar in Gaberšček, 2010), tudi v naši študiji največje število arbuskulov ob koncu sezone, pri zadnjem vzorčenju v sredini avgusta.

Gostota svitkov v koreninskem sistemu je bila večja kot gostota arbuskulov. Najvišji procent gostote je bil ob drugem vzorčenju (mediana je znašala približno 7 %), ko so bile rastline v fazi cvetenja. Gostota niha skladno z gostoto splošne intenzitete mikorize. Gostota svitkov v delu skorje z mikorizno kolonizacijo pa je bila precej višja. Mediane vseh vzorčenj znašajo od 32 % do 50 %. Najvišji odstotek opaženih svitkov v fazi cvetenja je lahko povezan s povečano potrebo rastline po mineralnih hranilih v tej fazi razvoja (Pongrac et al., 2007). Izmenjava snovi namreč lahko poteka tudi preko svitkov (Smith in Read, 1997), ki so v neposrednem stiku s celično membrano.

Gostota veziklov v koreninskem sistemu je bila nizka. Najnižja je bila ob prvem vzorčenju, potem pa se je počasi povečevala do zadnjega, četrtega vzorčenja, kjer je mediana dosegla vrednost 0.9 %, kar je v skladu s poročanji nekaterih avtorjev, da se vezikli pojavijo po razvoju prvih arbuskulov in nadaljujejo razvoj tudi po propadu arbuskulov. Poleg tega so to tudi zelo dolgožive strukture, ki lahko ostanejo v korenini mesec dni ali celo leto (Brundrett, 2008). Enak vzorec najdemo pri gostoti veziklov v delu skorje z mikorizno kolonizacijo, le da so vrednosti nekoliko višje- mediane znašajo od 1.6 % do 6.9 %.

Tudi gostota mikrosklerocijev, ki jih tvorijo DSE, je bila nizka. Kaže se podoben vzorec kot pri splošni intenziteti glivne kolonizacije. V nasprotju z nekaterimi avtorji, ki so pri travah v prerijah odkrili največjo prisotnost DSE v začetku rastne sezone (Mandyam in Jumpponen, 2008) oziroma pri trstu ob začetku in koncu rastne sezone (Dolinar in

Gaberščik, 2010), so se pri nas najvišje vrednosti DSE pojavile ob drugem vzorčenju, v sredini junija, ko so bile rastline v fazi cvetenja.

5.3 POVEZAVA MED GLIVNO KOLONIZACIJO IN RASTJO

V nasprotju z več avtorji, ki poročajo, da ima mikoriza pozitiven vpliv na rastline in njihovo rast ter produkcijo biomase (Smith in Read, 1997; Varma in Hock, 1998; Andersen in Andersen, 2006), mi nismo neposredne povezave med splošno intenziteto mikorize in rastnimi parametri. Tudi Dolinar in Gaberščik (2010) v raziskavi poročata o neznatnih pozitivnih korelacijah med mikorizo in rastnimi parametri, za kar predvidevata, da bi lahko bila posledica večjega vpliva spremembe vodostaja na mikorizno kolonizacijo kot na rastne parametre. Tudi v našem primeru je stopnja kolonizacije verjetno posledica razmer na naravnem rastišču, saj so bili dokazani primeri povezav ugotovljeni v kontroliranih razmerah (Miller in Sharitz, 2000; Jayachandran in Shetty, 2003; Andersen in Andersen, 2006). Redke raziskave v naravnem okolju pa prav tako kot naša niso pokazale vpliva kolonizacije na rast (Sanders in Fitter, 1992; Dolinar in Gaberščik, 2010).

Pongrac s sod. (2007) pa so ugotovili najvišjo stopnjo glivne kolonizacije v času cvetenja, ko rastlina potrebuje minerale za tvorbo semen. To bi lahko bil razlog, da nismo ugotovili povezave med glivno kolonizacijo in biomaso rastlin, čeprav je bila glivna kolonizacija ob drugem vzorčenju, ko je rastlina cvetela, največja.

6 SKLEPI

- Rastline so tekom sezone rastle v višino, skladno s tem se je povečevala tudi suha masa stebela. Število listov se je povečevalo, vendar na račun mladih poganjkov, njihova površina pa se je manjšala. Tudi suha masa listov se ni povečevala. Prav tako ne število internodijev, kar lahko pripišemo ponovnemu poplavljenju med rastno sezono.
- Ugotovili smo, da so bile v koreninskem sistemu trstične pisanke (*Phalaris arundinacea*) prisotne tako arbuskularno mikorizne glive kot temno septirani endofiti.
- V nasprotju s postavljeno hipotezo pa nismo ugotovili povezave med prisotnostjo AM gliv ter DSE in ravnimi parametri rastlin. Na rastno dinamiko so bolj vplivale razmere na rastišču oziroma vegetativna faza v kateri so bile rastline v času vzorčenja.
- Prav tako nismo ugotovili povezave AM gliv ter DSE s fiziološkim odzivom rastline.
- Potrdili smo hipotezo, da se preko ravnega obdobja stopnja glivne kolonizacije spreminja, vendar rezultati kažejo, da bolj kot sezona na glivno kolonizacijo vplivata saturacija tal z vodo in življenjski cikel rastline.
- Ravno tako drži, da se preko ravnega obdobja spreminja tudi zastopanost glivnih struktur, vendar tudi te, z izjemo veziklov, kažejo povezavo s saturacijo tal, bolj kot z rastno sezono.

7. POVZETEK

Sprva so bili raziskovalci prepričani, da je v močvirskih predelih mikorizna kolonizacija manj prisotna kot v kopenskih ekosistemih in tam nima posebnega pomena (Peat in Fitter, 1993), vendar so kmalu pričeli ugotavljati, da je mikoriza prisotna tudi pri številnih močvirskih vrstah (Bohrer et al., 2004; Šraj-Kržič et al., 2006; Šraj-Kržič et al., 2009; Dolinar in Gaberščik, 2010). Tudi Cerkniško jezero, na katerem smo opravljali raziskave, je mokrišče, vendar, ker je to presihajoče jezero, se v času, ko jezero presahne, ustvarijo pogoji, ki so za mikorizo ugodnejši (Bohrer et al., 2004).

Namen naše naloge je bil ugotoviti ali je glivna kolonizacija z VAM in DSE prisotna tudi pri vrsti trstična pisanka (*Phalaris arundinacea*) na Cerkniškem polju ter kolikšna je kolonizacija koreninskega sistema z mikoriznimi glivami. Ugotavljali smo tudi ali in kako glivna kolonizacija vpliva na rastno dinamiko rastlin ter njihov fiziološki odziv na okoljske dejavnike.

V rastni sezoni 2009 smo v času od sredine maja do sredine avgusta v presledkih enega meseca opravili 4 vzorčenja. Vsakič smo na izbrani ploskvi Cerkniškega jezera (predel Rešeta) naključno izbrali 10 primerkov trstične pisanke (*Phalaris arundinacea*) in jim na rastišču izmerili transpiracijo ter dejansko in potencialno fotokemično učinkovitost fotosistema II. Nato smo rastline skupaj z rizosfernimi tlemi prenesli v laboratorij, kjer smo izmerili še rastne parametre (višino in bazalni premer stebela, število internodijev in listov, površino listov ter suho maso stebela in listov). S pomočjo barvanja s tripan modrim, mikroskopa in metode po Trouvelot et al. (1986) smo ocenili stopnjo glivne kolonizacije. Rezultate smo statistično obdelali s pomočjo programa R, s katerim smo izračunali korelacijo med dobljenimi podatki. Za računanje statistično značilne razlike pa smo uporabili ANOVA test.

Ugotovili smo prisotnost tako AM gliv kot DSE. Vpliva prisotnosti AM gliv ter DSE na rastno dinamiko rastlin pa, razen korelacije s številom listov, kot že nekaj avtorjev pred nami (Sanders in Fitter, 1992; Dolinar in Gaberščik, 2010), nismo ugotovili, čeprav

nekateri poročajo o pozitivnem vplivu na rast in biomaso rastlin v kontroliranih pogojih (Smith in Read, 1997; Varma in Hock, 1998; Andersen in Andersen, 2006). Večji je bil vpliv vegetativne faze v kateri so bile rastline v času vzorčenja. Prav tako nismo ugotovili povezave AM gliv ter DSE s fiziološkim odzivom rastline na okoljske dejavnike. Preko rastnega obdobja se je stopnja glivne kolonizacije spreminjala, prav tako kot pri raziskavah, ki so jih opravili pred nami (Miller, 2000; Bohrer et al., 2004; Mandyam in Jumpponen, 2008; Likar et al., 2009; Dolinar in Gaberščik, 2010), vendar rezultati kažejo, da bolj kot sezona na glivno kolonizacijo vpliva saturacija tal z vodo. Ravno tako ima ta, z izjemo veziklov, vpliv tudi na razvoj AM struktur, katerih zastopanost se je tekom sezone prav tako spreminjala.

8 VIRI

- Andresen F. Ø. , Andersen T. 2006. Effects of arbuscular mycorrhizae on biomass and nutrients in the aquatic plant *Littorella uniflora*. *Freshwater Biology*, 51, 9: 1623-1633
- Bauer C.R., Kellogg C.H., Bridgham S.D., Lamberti G.A. 2003. Mycorrhizal Colonisation across hydrologic gradients in restored and reference freshwater wetlands. *Wetlands*, 23: 961-968.
- Beck-Nielsen D., Madsen T. V. 2001. Occurrence of vezikular arbuscular mycorrhiza in aquatic macrophytes from lakes and streams. *Aquatic Botany*, 71: 141-148
- Biseri slovenske narave. O Naturi 2000. 2007. Ministrstvo za okolje in prostor (18.8.2010). <http://www.natura2000.gov.si/index.php?id=18> (21.8.2010)
- Bohrer K.E., Friese C.F., Amon J.P. 2004. Seasonal dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi in differing wetland habitats. *Mycorrhiza*, 14: 329-337
- Božič L. et al. 2006. Življenje med nebom in zemljo: naše ptice na 25 posebnih območjih varstva. Ljubljana, Društvo za opazovanje in proučevanje ptic Slovenije
- Božič L. et al. 2007. Kosec, varuh vlažnih travnikov. Ljubljana, Društvo za opazovanje in proučevanje ptic Slovenije: 38
- Braendle R., Crawford R. M. M. 1999. Plants as amphibians. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 2, 1: 56-78
- Breznik M. 1961. Akumulacija na Cerkniškem in Planinskem polju. *Geologija* 7: 119-149
- Brundrett M.C. 2002. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. *New Phytologist*, 154, 2: 275-304.
- Brundrett M. Mycorrhizal associations: The web resource. 2008. <http://mycorrhizas.info/vam.html> (1.9.2010)
- Christie P., Li X., Chen B. 2004. Arbuscular mycorrhiza can depress translocation of zinc to shoots of host plants in soils moderately polluted with zinc. *Plant Soil* 261: 209-217
- Cronk J.K., Fennessy M.S. 2001. *Wetland plants- biology and ecology*. London. Lewis publisher: 462
- Dolinar N., Gaberščik A. 2010. Mycorrhizal colonization and growth of *Phragmites australis* in an intermittent wetland. *Aquatic Botany*, 93, 2: 93-98
- Fuchs B., Haselwandter K. 2004. Red list plants: colonization by arbuscular mycorrhizal fungi and dark septate endophytes. *Mycorrhiza*, 14, 4: 277-281

- Gaberščik A., Urbanc-Berčič O. 2002. Ekosistem, ki ga ustvarja igra vode. V: Jezero, ki izginja. Monografija o Cerknškem jezeru. Gaberščik A. (ur.). Ljubljana, Društvo ekologov Slovenije: 50-57
- Gaberščik A., Urbanc-Berčič O., Kržič N., Kosi G., Brancelj A. 2003. The intermittent lake Cerknica-Various faces of the same ecosystem. *Lakes & Reservoirs: Research and management*, 8: 159-168.
- Harrison M. J. 1997. The arbuscular mycorrhizal symbiosis: an underground association. *Trends in Plant Science*, 2: 54-60
- Harrison M. J. 1998. Development of the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Current Opinion in Plant Biology*, 1, 4: 360-365
- Hildebrandt U., Regvar M., Bothe H. 2007. Arbuscular mycorrhiza and heavy metal Tolerance. *Phytochemistry*, 68, 1: 139-146
- INVAM (International culture collection of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi) <http://invam.caf.wvu.edu/fungi/fungindex.htm> (23.8.2010)
- Jayachandran K., Shetty K. G. 2003. Growth response and phosphorus uptake by arbuscular mycorrhizae of wet prairie sawgrass. *Aquatic Botany*, 76: 281-290
- Jumpponen A. 2001. Dark septate endophytes- are they mycorrhizal? *Mycorrhiza*, 11: 207-211
- Jumpponen A., Trappe J. M. 1998. Dark septate endophytes: a review of facultative biotrophic root-colonizing fungi. *New Phytol*, 140: 295-310
- Kai W., Zhiwei Z. W. 2006. Occurrence of arbuscular mycorrhizas and dark septate endophytes in hydrophytes from lakes and streams in Southwest China. *International Review of Hydrobiology*, 91, 1: 29-37
- Košmelj K. 2007. Uporabna statistika. 2. dopolnjena izdaja. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 48- 53, 161- 171
- Krajevni leksikon Slovenije. 1995. 1. izdaja. Ljubljana, DZS: 100
- Kranjc A. 2002. Hidrološke značilnosti. V: Jezero, ki izginja. Monografija o Cerknškem jezeru. Gaberščik A. (ur.). Ljubljana, Društvo ekologov Slovenije: 26-37
- Larcher W. 2003. *Physiological Plant Ecology*. 4. izdaja. Berlin, Springer Verlag
- Likar M., Regvar M., Mandic-Mulec I., Stres B., Bothe H. 2009. Diversity and seasonal variations of mycorrhiza and rhizosphere bacteria in three common plant species at the Slovenian Ljubljana Marsh. *Biology and Fertility of Soils*, 45, 6: 573-583

- Lingfei L., Anna Y., Zhiwei Z. 2005. Seasonality of arbuscular mycorrhizal symbiosis and dark septate endophytes in a grassland site in southwest China. *FEMS Microbiology Ecology*, 54, 3: 367-373
- Maček I. 2009. Molekulski pristopi pri raziskavah arbuskularne mikorize. *Acta agriculturae Slovenica*, 93: 77- 85
- Mandyam K., Jumpponen A. 2008. Seasonal and temporal dynamics of arbuscular mycorrhizal and dark septate endophytic fungi in a tallgrass prairie ecosystem are minimally affected by nitrogen enrichment. *Mycorrhiza*, 18, 3: 145-155
- Martinčič A. 2002. Praprotnice in semenke. V: Jezero, ki izginja. Monografija o Cerkniškem jezeru. Gabersčik A. (ur.). Ljubljana, Društvo ekologov Slovenije: 72-79
- Martinčič A., Leskovar I. 2002. Vegetacija. V: Jezero, ki izginja. Monografija o Cerkniškem jezeru. Gabersčik A. (ur.). Ljubljana, Društvo ekologov Slovenije: 80-95
- Mehrotra V. S. 2005. *Mycorrhiza: Role and applications*. Allied publishers private limited
- Miller S. P. 2000. Arbuscular mycorrhizal colonisation of semi-aquatic grasses along a wide hydrologic gradient. *New Phytologist*, 145: 145-155.
- Miller S. P., Sharitz R. R. 2000. Manipulation of flooding and arbuscular mycorrhiza formation influences growth and nutrition of two semiaquatic grass species. *Functional Ecology*, 14, 6: 738-748
- Parniske M. 2004. Molecular genetics of the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Current Opinion in Plant Biology*, 7, 4: 414-421
- Peat H.J., Fitter A.H. 1993. The distribution of arbuscular mycorrhizae in the British flora. *New Phytol*, 125: 845-854
- Petauer T. 1993 *Leksikon rastlinskih bogastev*. 1.izdaja. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 593
- Peterson R. L., Massicotte H. B., Melville L. H. 2004. *Mycorrhizas: anatomy and cell biology*. NRC Research Press, National Research Council of Canada Ottawa
- Philips J. M., Haymann D. S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 55: 158-160
- Pongrac P., Vogel-Mikuš K., Kump P., Nečemer M., Tolrà R., Poschenrieder C., Barceló J., Regvar M. 2007. Changes in elemental uptake and arbuscular mycorrhizal colonisation during the life cycle of *Thlaspi Praecox* Wulfen. *Chemosphere*, 69, 10: 1602-1609

- Quilambo O.A. 2003. The vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *African Journal of Biotechnology*, 2 (12): 539-546
- Radhika K. P., Rodrigues B. F. 2007. Arbuscular mycorrhizae in association with aquatic and marshy plant species in Goa, India. *Aquatic Botany*, 86: 291-294.
- Ray A. M., Inouye R. S. 2006. Effects of water-level fluctuations on the arbuscular mycorrhizal colonization of *Typha latifolia* L. *Aquatic Botany*, 84, 3: 210-216
- Regvar M., Vogel-Mikuš K., Kugonič N., Turk B., Batič F. 2006. Vegetational and mycorrhizal successions at a metal polluted site: Indications for the direction of phytostabilisation?. *Environmental Pollution*, 144, 3: 976-984
- Reinhardt D. 2007. Programming good relations development of the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Current Opinion in Plant Biology*, 10, 1: 98-105
- Rillig M. C. 2004. Arbuscular mycorrhizae and terrestrial ecosystem processes. *Ecology Letters*, 7: 740-754
- Sanders I. R., Fitter A. H. 1992. The ecology and functioning of vesicular-arbuscular mycorrhizas in co-existing grassland species. II. Nutrient uptake and growth of vesicular-arbuscular mycorrhizal plants in a semi-natural grassland. *New Phytologist*, 120, 4: 525-533
- Sanders I. R. 2003. Preference, specificity and cheating in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Trends in Plant Science*, 8, 4: 143-145
- Schulze E. D., Beck E., Müller-Hohenstein K. 2005. *Plant ecology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York
- Schüßler A., Schwarzott D., Walker C. 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycological Research* 105(12): 1413-1421
- Smith S. E., Read D. J. 1997. *Mycorrhizal symbiosis*. 2.izdaja. London, Academic Press, San Diego: 605 str.
- Smith F. A., Smith S. E. 1997. Structural diversity in (vesicular)- arbuscular mycorrhizal symbioses. *New Phytologist*, 137, 3: 373-388
- Stevens K. J., Wellner M. R., Acevedo M. F. 2010. Dark septate endophyte and arbuscular mycorrhizal status of vegetation colonizing a bottomland hardwood forest after a 100 year flood. *Aquatic Botany*, 92, 2: 105-111
- Šraj-Kržič, N., Gabersčik, A. 2005. Photochemical efficiency of amphibious plants in an intermittent lake. *Aquatic Botany*, 83: 281-288.

- Šraj-Kržič N., Pongrac P., Klemenc M., Kladnik A., Regvar M., Gaberščik A. 2006. Mycorrhizal colonisation in plants from intermittent aquatic habitats. *Aquatic Botany*, 85, 4: 331-336
- Šraj- Kržič N., Pongrac P., Regvar M., Gaberščik A. 2009. Photon-harvesting efficiency and arbuscular mycorrhiza in amphibious plants. *Photosynthetica*, 47, 1: 61- 67
- Trošt Sedej T. 2005. *Ekologija rastlin: priročnik za vaje*. Ljubljana. Študentska založba
- Trouvelot A., Kough J.L., Gianinazzi-Pearson V. 1986. Mesure de taux de mycorhization VA dun systeme racinaire. Recherche de methodes destination ayant une signification fonctionnelle. *Mycorrhizae:physiology and genetic*: 216-222
- Uredba o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000). Ur.l. RS št.49-2277/2004
- Varma A., Hock B. 1998. *Mycorrhiza: structure, function, molecular biology and biotechnology*. 2. izdaja. Verlag Berlin Heidelberg New York, Springer
- Vidmar M. Podvodni atlas Slovenije. Popisni list št. 17: Požiralniki v Rešetu, Cerkniško jezero. Potapljaška zveza Slovenije (16. avg. 2010).
http://www.spz.si/portal/stran.asp?id_tema=239&id_strani_var=409&asp_datoteka
(19. avg. 2010)
- Weishampel P. A., Bedford B. L. 2005. Wetland dicots and monocots differ in colonization by arbuscular mycorrhizal fungi and dark septate endophytes. *Mycorrhiza*, 16, 7: 495-502

ZAHVALA

Iskrena hvala mentorici prof. dr. Alenki Gaberščik za vso strokovno pomoč, nasvete in vzpodbude ter veliko prilagodljivost in potrpežljivost. Hvala za hiter pregled diplomske naloge in pomoč pri terenskem delu.

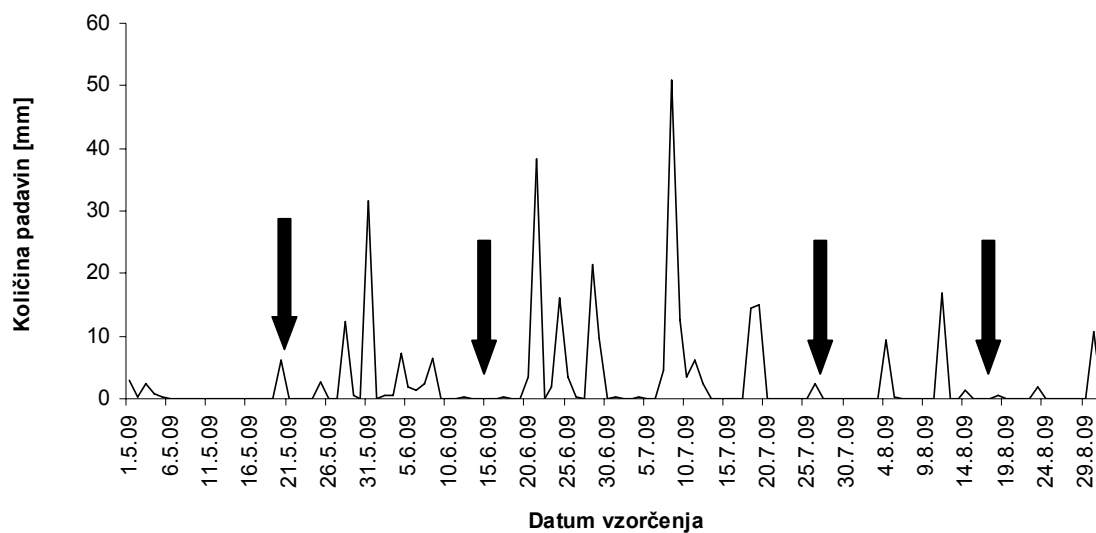
Hvala tudi recenzentki doc. dr. Katarini Vogel- Mikuš za hiter in natančen pregled diplomske naloge, za prilagodljivost in vse strokovne nasvete.

Nataši hvala za pomoč pri pregledovanju vzorcev, Draganu in Romanu pa za pomoč pri statistični obdelavi podatkov.

Iskrena hvala tudi staršem, ki so mi omogočili študij in mi stali ob strani.

Nenazadnje pa hvala tudi vam dragi prijatelji in sošolci, ki ste me tekom študija podpirali, mi pomagali in me spodbujali ter lepšali študijske dneve, da sem vztrajala do konca. Armin, Lara, Andreja, Danica, Darka, Špela, Monika, Katja K., Katja J. hvala vam!

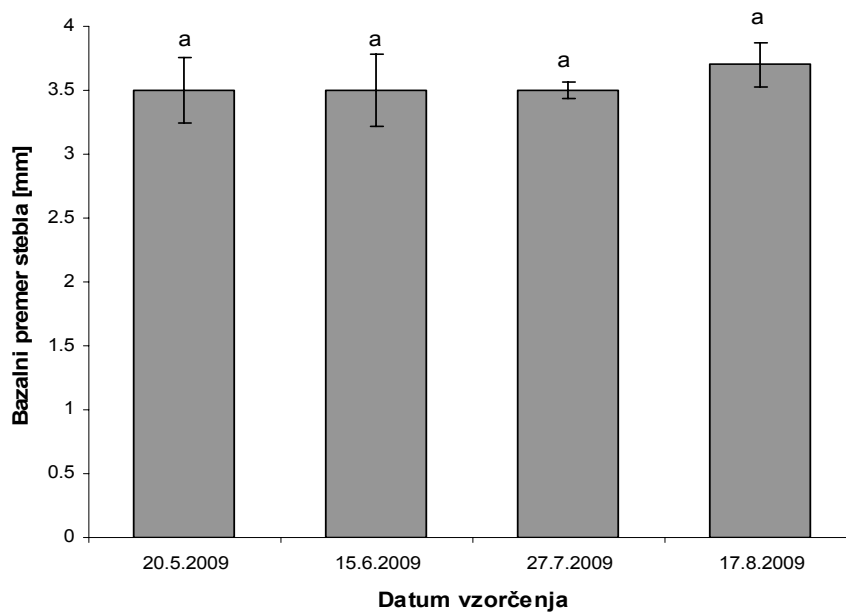
Priloga B: Količina padavin v obdobju našega vzorčenja (od maja do avgusta 2009) (vir: ARSO)



Priloga C: Abiotski dejavniki ob meritvah transpiracije rastlin

	številka vzorca	temperatura lista [°C]	temperatura zraka [°C]	vlažnost tik ob listu [%]	vlažnost zraka [%]
20.5.2009	1	27.3	27.1	58.0	48.0
	2	26.1	25.9	65.7	52.8
	3	26.0	25.7	70.3	58.0
	4	25.7	25.4	69.0	58.8
	5	25.5	25.2	62.9	55.4
	6	25.7	25.4	70.1	60.7
	7	25.6	25.4	67.1	55.3
	8	24.9	24.7	67.5	55.7
	9	24.3	24.1	68.3	55.8
	10	23.7	23.5	68.8	59.5
15.6.2009	1	29.7	29.4	72.6	59.9
	2	30.8	30.6	70.3	54.7
	3	31.2	31.4	67.4	54.6
	4	32.0	31.8	65.6	54.4
	5	32.6	32.4	67.8	53.8
	6	33.1	32.9	67.4	59.2
	7	33.4	32.2	59.5	52.1
	8	33.4	33.2	63.7	50.9
	9	34.2	34.0	63.1	49.7
	10	33.8	33.7	62.8	41.3
27.7.2009	1	27.3	27.2	51.7	48.8
	2	28.0	27.8	60.9	46.0
	3	28.5	28.3	54.0	40.9
	4	29.0	28.9	53.4	41.3
	5	29.8	29.6	53.2	38.1
	6	29.6	29.5	43.3	34.2
	7	29.6	29.5	48.9	36.2
	8	29.7	29.6	43.1	33.2
	9	29.7	29.6	50.4	35.6
	10	29.7	29.5	50.6	35.5
17.8.2009	1	28.2	28.1	71.1	62.5
	2	29.3	29.1	66.5	58.1
	3	30.1	29.9	65.5	54.6
	4	30.5	30.4	64.7	53.8
	5	31.6	31.4	64.1	52.5
	6	31.9	31.8	64.1	51.1
	7	32.5	32.3	62.2	51.7
	8	33.0	32.8	62.2	48.7
	9	33.2	33.0	63.7	49.2
	10	30.9	30.8	62.7	55.4

Priloga D: Sezonske spremembe bazalnega premera stebla pri vrsti *Phalaris arundinacea*.
Črke označujejo statistično značilno razliko med posameznimi vzorčenji (ANOVA test, $p < 0.05$).

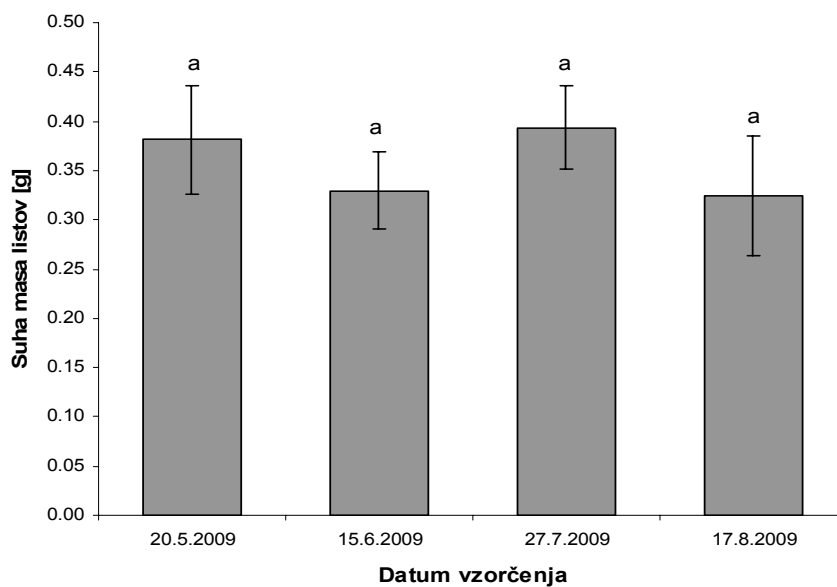


Priloga E: Suhi, neasimilirajoči listi in mladi poganjki

	Številka vzorca	Število neasimilirajočih listov	Površina neasimilirajočih listov [cm ²]	Suha masa neasimilirajočih listov [g]	Odstotek suhe mase neasimilirajoče površine [%]	Število mladih poganjkov
27.7.2009	1	4	36	0.24	76.6	0
	2	4	46	0.25	67.6	0
	3	3	46	0.29	59.7	2
	4	3	42	0.21	59.1	1
	5	3	36	0.21	63.2	2
	6	3	25	0.14	43.1	3
	7	5	61	0.33	63.5	1
	8	3	33	0.18	54.1	0
	9	3	27	0.17	41.5	0
	10	3	41	0.25	56.2	0
17.8.2009	1	4	26	0.16	54.2	1
	2	4	34	0.21	39.1	2
	3	4	33	0.18	71.7	1
	4	5	39	0.21	76.5	1
	5	5	50	0.28	89.3	0
	6	3	27	0.16	56.3	0
	7	4	31	0.19	58.5	1
	8	2	18	0.11	56.3	2
	9	6	49	0.26	57.6	2
	10	4	39	0.22	66.1	0

Priloga F: Sezonske spremembe suhe mase listov pri vrsti *Phalaris arundinacea*.

Črke označujejo statistično značilno razliko med posameznimi vzorčenji (ANOVA test, $p < 0.05$).



Priloga G: Korelacije med vrednostmi merjenih parametrov pri prvem vzorčenju (20.5.2009)

(Program R, n = 10; **povdarpjeno**- $p \leq 0.01$; nepovdarpjeno- $p \leq 0.05$; n.s.- neznačilne povezave)

	M %	transpiracija [mmol/m ² s]	Fv/Fm	Y	višina stebila [cm]	bazalni premer stebila [mm]	število internodijev	število listov	površina listov [cm ²]	suha masa listov [g]	suha masa stebila [g]
M %	1.00	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
transpiracija [mmol/m²s]	n.s.	1.00	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fv/Fm	n.s.	n.s.	1.00	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Y	n.s.	n.s.	n.s.	1.00	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
višina stebila [cm]	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1.00	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0.81
bazalni premer stebila [mm]	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1.00	n.s.	n.s.	n.s.	0.81	0.89
število internodijev	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1.00	n.s.	0.70	n.s.	0.63
število listov	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1.00	0.83	n.s.	n.s.
površina listov [cm²]	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0.70	0.83	1.00	n.s.	n.s.
suha masa listov [g]	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0.81	n.s.	n.s.	n.s.	1.00	n.s.
suha masa stebila [g]	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0.81	0.89	0.63	n.s.	n.s.	n.s.	1.00

Priloga H: Korelacije med vrednostmi merjenih parametrov pri drugem vzorčenju (15.6.2009)

(Program R, n = 10; **povdarneno- $p \leq 0.01$** ; nepovdarjeno- $p \leq 0.05$; n.s.- neznačilne povezave)

	M %	transpiracija [mmol/m ² s]	Fv/Fm	Y	višina stebela [cm]	bazalni premer stebela [mm]	število internodijev	število listov	površina listov [cm ²]	suha masa listov [g]	suha masa stebela [g]
M %	1.00	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
transpiracija [mmol/m ² s]	n.s.	1.00	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fv/Fm	n.s.	n.s.	1.00	n.s.	n.s.	0.63	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Y	n.s.	n.s.	n.s.	1.00	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
višina stebela [cm]	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1.00	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0.94
bazalni premer stebela [mm]	n.s.	n.s.	0.63	n.s.	n.s.	1.00	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
število internodijev	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1.00	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
število listov	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1.00	n.s.	0.68	n.s.
površina listov [cm ²]	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1.00	0.95	0.67
suha masa listov [g]	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0.68	0.95	1.00	0.73
suha masa stebela [g]	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0.94	n.s.	n.s.	n.s.	0.67	0.73	1.00

Priloga I: Korelacije med vrednostmi merjenih parametrov pri tretjem vzorčenju (27.7.2009)

(Program R, n = 10; **povdarneno- $p \leq 0.01$** ; nepovdarjeno- $p \leq 0.05$; n.s.- neznačilne povezave)

	M %	transpiracija [mmol/m ² s]	Fv/Fm	Y	višina stebela [cm]	bazalni premer stebela [mm]	število internodijev	število listov	površina listov [cm ²]	suha masa listov [g]	suha masa stebela [g]
M %	1.00	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
transpiracija [mmol/m ² s]	n.s.	1.00	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fv/Fm	n.s.	n.s.	1.00	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0.65	n.s.
Y	n.s.	n.s.	n.s.	1.00	0.76	n.s.	0.63	n.s.	n.s.	n.s.	0.67
višina stebela [cm]	n.s.	n.s.	n.s.	0.76	1.00	n.s.	0.84	0.64	n.s.	n.s.	0.82
bazalni premer stebela [mm]	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1.00	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
število internodijev	n.s.	n.s.	n.s.	0.63	0.84	n.s.	1.00	0.76	n.s.	n.s.	n.s.
število listov	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0.64	n.s.	0.76	1.00	n.s.	n.s.	n.s.
površina listov [cm ²]	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1.00	0.92	n.s.
suha masa listov [g]	n.s.	n.s.	0.65	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0.92	1.00	0.65
suha masa stebela [g]	n.s.	n.s.	n.s.	0.67	0.82	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0.65	1.00

Priloga J: Korelacije med vrednostmi merjenih parametrov pri četrtem vzorčenju (17.8.2009)

(Program R, n = 10; **povdarneno- $p \leq 0.01$** ; nepovdarjeno- $p \leq 0.05$; n.s.- neznačilne povezave)

	M %	transpiracija [mmol/m ² s]	Fv/Fm	Y	višina stebela [cm]	bazalni premer stebela [mm]	število internodijev	število listov	površina listov [cm ²]	suha masa listov [g]	suha masa stebela [g]
M %	1.00	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
transpiracija [mmol/m²s]	n.s.	1.00	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fv/Fm	n.s.	n.s.	1.00	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Y	n.s.	n.s.	n.s.	1.00	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
višina stebela [cm]	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1.00	0.77	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0.75
bazalni premer stebela [mm]	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0.77	1.00	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0.68
število internodijev	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1.00	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
število listov	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1.00	0.79	0.77	n.s.
površina listov [cm²]	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0.79	1.00	0.98	n.s.
suha masa listov [g]	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0.77	0.98	1.00	0.65
suha masa stebela [g]	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0.75	0.68	n.s.	n.s.	n.s.	0.65	1.00