

UNIVERZA V LJUBLJANI
PEDAGOŠKA FAKULTETA
NARAVOSLOVNOTEHNIŠKA FAKULTETA
FAKULTETA ZA KEMIJO IN KEMIJSKO TEHNOLOGIJO
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Študijski program: Kemija in Biologija

Vpliv selena na kalitev in razvoj kalic tatarske ajde
DIPLOMSKO DELO

The influence of selenium on germination and development
of tartary buckwheat sprouts
GRADUATION THESIS

Mentorica: prof. dr. Alenka Gaberščik

Kandidatka: Petra Štrekelj

Ljubljana, september 2009

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija kemije in biologije na Pedagoški fakulteti Univerze v Ljubljani. Opravljeno je bilo na Katedri za ekologijo Oddelka za biologijo na Biotehniški fakulteti in na Katedri za genetiko, biotehnologijo, statistiko in žlahtnjenje rastlin Oddelka za agronomijo na Biotehniški fakulteti, Univerze v Ljubljani

Študijska komisija Oddelka za biologijo, Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, je za mentorico diplomskega dela imenovala prof. dr. Alenko Gaberščik

Mentorica: prof. dr. Alenka Gaberščik

Recenzent: prof. dr. Ivan Kreft

Komisija za oceno in zagovor diplomske naloge:

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

Član: prof. dr. Ivan Kreft
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

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.

Delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Petra Štrekelj

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Dd
DK 581.1:546.23:633.12(043.2)=163.6
KG vpliv selena/Tatarska ajda (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.), kalice, rast
AV ŠTREKELJ Petra
SA GABERŠČIK Alenka (mentorica)
KZ SI-1000 Ljubljana, Kardeljeva ploščad 16
ZA Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta, Biotehniška fakulteta, Program Biologija in Kemija
LI 2009
IN VPLIV SELENA NA KALITEV IN RAZVOJ KALIC TATARSKE AJDE
TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP VII, 62 str., 15 tab., 10 sl., 37 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI Tatarska ajda vsebuje veliko beljakovin, surovih vlaken, vitaminov B1, B2 in B6, in več antioksidantov (rutin) kot navadna ajda. Z dodajanjem selena bi lahko še povečali njeno biološko vrednost, in vplivali na boljše zdravje ljudi.
V poskusu smo semena tatarske ajde namakali v raztopinah z različnimi koncentracijami selena v obliki natrijevega selenata ali natrijevega selenita. Za kontrolo smo uporabili semena, ki so bila namočena v destilirano vodo. Želeli smo ugotoviti, kako različne koncentracije vplivajo na rast kalic tatarske ajde. Kaleče seme smo izpostavili tudi različnim svetlobnim razmeram: tema, dnevna svetloba brez UV sevanja in dnevna svetloba s kratkotrajnim izpostavljanjem sončnemu UV sevanju.
Rezultati so pokazali, da višje koncentracije selena vplivajo pozitivno na rast kalic tatarske ajde. Prišli smo tudi do ugotovitve, da ima v temi in na dnevni svetlobi brez UV sevanja selenit večji vpliv na rast kalic tatarske ajde kot selenat. Pri primerjavi mas stebelc in kličnih listov smo ugotovili, da so se najtežja stebelca razvila pri najvišji koncentraciji selenita v temi, klični listi pa pri isti koncentraciji na dnevni svetlobi brez UV sevanja. Pri kratkotrajni izpostavitvi UV sevanju pri dnevni svetlobi se pozitiven učinek dodajanja selena kaže pri najvišjih koncentracijah, saj so mase kalic tukaj težje kot pri kontroli.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Dn
DC 581.1:546.23:633.12(043.2)=163.6
CX selenium/Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.), sprouts, growth
AU ŠTREKELJ Petra
AA GABERŠČIK Alenka (supervisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Kardeljeva ploščad 16
PB University of Ljubljana, Faculty of Education, Biotechnical Faculty, Program Biology and Chemistry
PY 2009
TI THE INFLUENCE OF SELENIUM ON GERMINATION AND DEVELOPMENT OF TARTARY BUCKWHEAT SPROUTS
DT Graduation Thesis (University studies)
NO VII, 62 p., 15 tab., 10 fig., 37 res.
LA sl
AI sl/en
AB Tartary buckwheat has high biological value. It is rich in proteins, fiber, vitamins B1, B2, B6 and has more antioxidants (rutin) than common buckwheat. With addition of selenium we could improve its biological value and importance for human health. In the experiment the seeds of tartary buckwheat were treated with different concentrations of selenium solution, in the form of sodium selenate or selenite. For the control, the seeds treated with distilled water were used. Our goal was to determine the influence of different concentrations of selenium on growth, as well as the impact of UV exposure on growth and development of tartary buckwheat. Sprouted seeds were exposed at the different light conditions: dark, day light without UV radiation, and short exposure to UV radiation in day light. The results showed, that higher concentrations of selenium exerted a positive impact on growth. Also, sodium selenite had higher effect than sodium selenate, at almost all concentrations (with exception of 10 mg/l), on growth in the dark and in the day light without the UV radiation. When we compared dry masses of stalk and cotyledons, we found out, that the heaviest stalks were grown at the highest concentration of selenite in the dark, and the cotyledons in the day light without UV radiation at the same concentration. When we exposed tartary buckwheat to UV radiation, the positive effect of selenium addition was shown at the highest concentrations, because masses were higher as at control treatment.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	II
KEY WORDS DOCUMENTATION	III
KAZALO VSEBINE	IV
KAZALO TABEL	VI
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	IX
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA IN NAMEN DIPLOMSKE NALOGE	2
1.2 DELOVNE HIPOTEZE	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 SELEN.....	3
2.1.1 <i>Prisotnost selena v tleh</i>	4
2.1.2 <i>Pomembnost selena pri prehrani človeka in živali</i>	5
2.1.3 <i>Vpliv selena na rastline</i>	6
2.1.4 <i>Selen in UV-B sevanje</i>	8
2.1.5 <i>Selenove spojine v rastlinah obogatenih s selenom</i>	9
2.1.6 <i>Toksičnost selena</i>	10
2.1.7 <i>Fitoremediacija in volatilizacija</i>	11
2.2 AJDA.....	12
2.2.1 <i>Uvrstitev ajde</i>	12
2.2.2 <i>Razlika med navadno in tatarsko ajdo</i>	12
2.2.3 <i>Izvor ajde</i>	13
2.2.4 <i>Vrednost zrnja</i>	13
2.2.5 <i>Izdelki iz ajde</i>	14
2.2.6 <i>Trajnostni razvoj</i>	15
3 MATERIALI IN METODE DELA	16
4 REZULTATI.....	17
5 RAZPRAVA.....	36
6 SKLEP	40
7 POVZETEK.....	42
8 PRENOS PRIDOBLENENEGA ZNANJA NA POUČEVANJE V OSNOVNI ŠOLI.....	43
8.1 ANALIZA UČNIH NAČRTOV	43
8.1.1 <i>Učna tema: VRT</i>	44
8.1.2 <i>Izbirna učna tema: RASTLINJAK</i>	44
8.1.3 <i>Učna tema: NJIVA IN POLJE</i>	44

8.2	NAČRTOVANJE DEJAVNOSTI UČENCEV	45
8.2.1	<i>Vpliv hranil na rast rastlin</i>	45
8.3	DELOVNI LIST ZA UČENCE 6. RAZREDA	47
9	LITERATURA	51

KAZALO TABEL

Tabela 1: Značilnost razlik suhe mase med kalicami tatarske ajde, ki so se razvijale na dnevni svetlobi brez UV sevanja, iz semen namakanih v različnih koncentracijah selenata.....	17
Tabela 2: Značilnost razlik suhe mase med kalicami tatarske ajde, ki so se razvijale na dnevni svetlobi brez UV sevanja, iz semen namakanih v različnih koncentracijah selenita.	18
Tabela 3: Primerjava značilnih razlik suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale na dnevni svetlobi brez UV sevanja, iz semen namakanih v različnih koncentracijah selenata oziroma selenita.	18
Tabela 4: Značilnost razlik suhe mase med kalicami tatarske ajde, ki so se razvijale v temi, iz semen, namakanih v različnih koncentracijah selenata.	20
Tabela 5: Značilnost razlik suhe mase med kalicami tatarske ajde, ki so se razvijale v temi, iz semen, namakanih v različnih koncentracijah selenita.....	20
Tabela 6: Primerjava značilnih razlik suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale v temi, iz semen namakanih v različnih koncentracijah selenata oziroma selenita.....	21
Tabela 7: Značilnost razlik suhe mase med kalicami tatarske ajde, ki so se razvijale na dnevni svetlobi z UV sevanjem, iz semen, namakanih v različnih koncentracijah selenata.	22
Tabela 8: Značilnost razlik suhe mase med kalicami tatarske ajde, ki so se razvijale na dnevni svetlobi z UV sevanjem, iz semen, namakanih v različnih koncentracijah selenita.	22
Tabela 9: Primerjava značilnih razlik suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale na dnevni svetlobi z UV sevanjem, iz semen, namakanih v različnih koncentracijah selenata oziroma selenita.	23
Tabela 10: Primerjava značilnih razlik suhe mase stebelc tatarske ajde, ki so se razvijale na temi (T), dnevni svetlobi brez UV sevanja (S) in dnevni svetlobi z UV sevanjem (UV), iz semen, namakanih pri različnih koncentracijah (mg/l) selenita.	24
Tabela 11: Primerjava značilnih razlik suhe mase kličnih listov tatarske ajde, ki so se razvijale na temi (T), dnevni svetlobi brez UV-B sevanja (S) in dnevni svetlobi z UV-B sevanjem (UV), iz semen, namakanih pri različnih koncentracijah (mg/l) selenita.	26
Tabela 12: Primerjava značilnih razlik suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale na temi (T), dnevni svetlobi brez UV sevanja (S) in dnevni svetlobi z UV sevanjem (UV), iz semen, namakanih v destilirani vodi.	29

Tabela 13: Primerjava značilnih razlik suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale na temi (T), dnevni svetlobi brez UV-B sevanja (S) in dnevni svetlobi z UV-B sevanjem (UV), iz semen, namakanih v 5 mg/l selenata oziroma selenita.....31

Tabela 14: Primerjava značilnih razlik suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale na temi (T), dnevni svetlobi brez UV-B sevanja (S) in dnevni svetlobi z UV-B sevanjem (UV), iz semen, namakanih v 10 mg/l selenata oziroma selenita.....33

Tabela 15: Primerjava značilnih razlik suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale na temi (T), dnevni svetlobi brez UV-B sevanja (S) in dnevni svetlobi z UV-B sevanjem (UV), iz semen, namakanih v 30 mg/l selenata oziroma selenita.....34

KAZALO SLIK

Slika 1: Primerjava suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale na dnevni svetlobi brez UV sevanja, iz semen namakanih v različnih koncentracijah selenata oziroma selenita.	17
Slika 2: Primerjava suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale v temi, iz semen, namakanih v različnih koncentracijah selenata oziroma selenita.	20
Slika 3: Primerjava suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale na dnevni svetlobi z UV sevanjem, iz semen, namakanih v različnih koncentracijah selenata oziroma selenita.	22
Slika 4: Primerjava suhe mase stebelc tatarske ajde, ki so se razvijala v temi, na dnevni svetlobi brez UV sevanja in na dnevni svetlobi z UV sevanjem, iz semen, namakanih v 5 in 30 mg/l selenita.	24
Slika 5: Primerjava suhe mase kličnih listov tatarske ajde, ki so se razvijali v temi, na dnevni svetlobi brez UV-B sevanja in na dnevni svetlobi z UV-B sevanjem, iz semen, namakanih v 5 in 30 mg/l selenita.	26
Slika 6: Primerjava suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale v temi, na dnevni svetlobi brez UV sevanja in na dnevni svetlobi z UV sevanjem, iz semen, namakanih v 0, 5, 10 in 30 mg/l selenita.	28
Slika 7: Primerjava suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale v temi, na dnevni svetlobi brez UV sevanja in na dnevni svetlobi z UV sevanjem, iz semen, namakanih v destilirani vodi.	29
Slika 8: Primerjava suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale v temi, na dnevni svetlobi brez UV-B sevanja in na dnevni svetlobi z UV-B sevanjem, iz semen, namakanih v 5 mg/l selenata oziroma selenita.	31
Slika 9: Primerjava suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale v temi, na dnevni svetlobi brez UV-B sevanja in na dnevni svetlobi z UV-B sevanjem, iz semen, namakanih v 10 mg/l selenata oziroma selenita.	33
Slika 10: Primerjava suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale v temi, na dnevni svetlobi brez UV-B sevanja in na dnevni svetlobi z UV-B sevanjem, iz semen, namakanih v 30 mg/l selenata oziroma selenita.	34

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ETS	elektronska transportna veriga
GPx	glutation peroksidaza
MSeC	metilselenocistein
PSII	fotosistem II
SeCys	selenocistein
SeMet	selenometionin
SeMSC	selenometilselenocistein

1 UVOD

Selen je esencialen mikroelement in sestavina glutation peroksidaze, ki je biološki antioksidant in ima v našem organizmu izredno pomembno vlogo. Selen pomaga vzdrževati elastičnost tkiva, sodeluje pri sintezi številnih hormonov, pomaga preprečevati navale vročine in potrtosti v meni, ter ima pozitivno vlogo pri odpravljanju in preprečevanju prehlada. Kot močan antioksidant selen krepi odpornost organizma, ga ščiti pred vplivom prostih radikalov, in deluje vzajemno z vitaminom E.

Intenzivnost UV sevanja na zemljino površino se zvišuje v povezavi s tanjšanjem ozonskega plašča. Kljub temu, da samo majhna količina UV-B sevanja doseže površino Zemlje, ima pomemben učinek na organizme (poškodbe DNK, spremembe pri transpiraciji, fotosintezi, respiratornem potencialu, rasti, razvoju in morfologiji) (Breznik in sodelavci, 2005). Učinki so večinoma negativni, lahko pa so tudi ugodni. Ugotovljeno je bilo, da pri ajdi pozitivno vpliva na vsebnost zaščitnih fenolnih snovi (Kreft in sodelavci, 2002).

Čeprav esencialnost selena za rastline ni dokazana, lahko ima v določenih primerih pozitivne učinke na njihovo rast in obrambo pred stresom. Njegova vsebnost v rastlinah je različna in predvsem odvisna od vsebnosti elementa v tleh in sposobnosti rastline za privzem. Koncentracije se lahko gibljejo od zelo nizkih pa do toksičnih. Najpomembneje pa je, da je od vsebnosti selena v tleh odvisna količina tega elementa v prehrani ljudi in živali. Veliko selena vsebujejo predvsem živila z veliko vsebnostjo beljakovin, predvsem drobovina, meso mišičnine in jajca, veliko ga je tudi v morskih sadežih, precej manj pa ga je v mleku in mlečnih izdelkih ter sadju, zelenjavi in žitih (Smrkolj in sodelavci, 2005).

Od leta 1989 je v Sloveniji dovoljeno dodajanje selena živalski krmi, od leta 2005 pa je s Pravilnikom o krmnih dodatkih (2005) določena tudi največja dovoljena količina selena v krmnih mešanicah (0,5 mgSe/kg). Kljub temu, da je vsebnost selena v žitih nizka, pa so z upoštevanjem zaužitih količin žita ter mlevskih in pekarskih izdelkov v prehrani pomemben vir selena.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA IN NAMEN DIPLOMSKE NALOGE

Vsebnost selena v naravnih virih je močno variabilna, odvisna predvsem od vsebnosti in razpoložljivosti selena v prsti, na katerih so živila pridelana. Slovenija spada v območje s pomanjkanjem selena v tleh. Ker človeško telo dobi selen predvsem preko hrane, pomanjkanje selena v tleh lahko pripelje do številnih obolenj.

Kalice tatarske ajde bi lahko bile pomemben prehranski vir ne samo flavonoidov ampak tudi selena. Zanima nas, pri katerih koncentracijah selena uspevajo kalice tatarske ajde najboljše in kako selen vpliva na njihovo rast. V ta namen bomo namakali semena tatarske ajde v vodi z različnimi koncentracijami selena (5, 10, 30 mg/l) v obliki natrijevega selenata in natrijevega selenita. Za kontrolo bomo uporabili kalice tatarske ajde, ki smo jih namakali v destilirani vodi.

Zanima nas tudi, kako različne svetlobne razmere, vključno z UV sevanjem, vplivajo na rast in razvoj kalic tatarske ajde. Za kontrolo bomo uporabili rastline, ki bodo rastle na dnevni svetlobi brez UV-B sevanja, ter v temi.

1.2 DELOVNE HIPOTEZE

Predvidevali smo, da imata selenat in selenit pri različnih koncentracijah različne učinke na rast in razvoj kalic tatarske ajde.

Pričakujemo tudi različne učinke različnih svetlobnih razmer: tema, dnevna svetloba brez UV-B sevanja in dnevna svetloba s kratkotrajnim izpostavljenjem sončnemu UV-B sevanju.

Pri kalicah tatarske ajde, ki rastejo v temi, pričakujemo manjše razlike v učinkih, kot pri tistih, ki so bile izpostavljene svetlobi z ali brez UV-B dela spektra.

2 PREGLED OBJAV

2.1 SELEN

Selen je leta 1817 odkril švedski kemik, Jons Jacob Berzelius, ko je analiziral rdečo usedlino, ki je nastala v procesu pridobivanja žveplene kisline. Selen uvrščamo med metaloide, in leži v periodnem sistemu elementov med žveplom in telurjem v 6. skupini in med arzenom in bromom v 4. periodi. Selen je kemijsko podoben žveplu glede atomske mase, energije vezi, ionizacijske energije in elektronske afinitete. Bistvena razlika med žveplom in selenom je v tem, da se selen nahaja v štirivalenčni reducirani obliki, žveplo pa v štirivalenčni oksidirani obliki. Poleg tega tvorita različno močni kislini. Selenijev hidrid (H_2Se) je močnejša kislina kot vodikov sulfid (H_2S) (Tinggi, 2003).

Selen in žveplo ležita v isti skupini periodnega sistema in imata zato podobne lastnosti, vendar pa v bioloških sistemih nista zamenljiva. V naravi je prisotnih 6 naravnih izotopov selena (^{74}Se , ^{76}Se , ^{77}Se , ^{78}Se , ^{80}Se , ^{82}Se) (Brenčič in Lazarini, 1995). Selen ima v anorganskih spojinah različna oksidacijska stanja: -2 (selenid), 0 (elementarni Se), +4 (SeO_3^{2-} selenit) in 6+ (SeO_4^{2-} selenat), prisoten pa je tudi v večih hlapnih in nehlapnih organskih spojinah (Uden in sodelavci, 2004).

Ker se lahko nahaja v različnih oksidacijskih stanjih, lahko tvori kar nekaj organskih spojin (dimetilselenid, trimetilselen) in aminokislin (selenometionin, selenocistein) (Tinggi, 2003).

Selen je esencialni mikroelement za ljudi, živali in mikroorganizme. Leta 1973 so odkrili, da je selen pomembna komponenta encima glutation peroksidaze, ki pomaga pri obrambi celic pred oksidativnimi poškodbami (Tinggi, 2003).

Glavni vir selena je hrana, in v številnih regijah po svetu vsebnost selena v prsti odseva status selena v populacijah ljudi. V območjih z nizko koncentracijo selena v prsti lahko njegovo

pomanjkanje povzroči zdravstvene težave pri ljudeh in živalih. Selen je prav tako zelo toksičen in lahko povzroči zastrupitev s selenom (selenoza) pri ljudeh in živalih.

Dostopnost in toksičnost selena v prehrani je odvisna od njegove kemijske oblike. Splošno so organske oblike selena bolj dostopne in manj toksične od anorganskih oblik (seleniti in selenati) (Tinggi, 2003).

Selen ima tri nivoje biološke aktivnosti (Germ in sodelavci, 2007):

i) Koncentracija v sledovih, ki je potrebna za normalno rast in razvoj; (ii) zmerna koncentracija zagotavlja homeostazo; (iii) povišana koncentracija lahko povzroči toksične efekte. Selen je pomemben pri antioksidativnih procesih pri človeku in rastlinah. Selen dodan v primernih količinah (0,1 mg/kg Se) upočasni staranje in pospeši rast zrelih sadik pri endivji (*Lactuca sativa*) (Xue in sodelavci, 2001). V visokih koncentracijah je rastlinam škodljiv, pri nizkih koncentracijah pa ima pozitivne učinke. Poveča lahko toleranco rastlin na UV stres, upočasni staranje in pospešuje rast zrelih rastlin. Nedavne raziskave so pokazale, da selen uravnava vodni status rastlin v obdobju suše.

2.1.1 Prisotnost selena v tleh

Selen je eden od najbolj široko razširjenih elementov na Zemeljski skorji. Veliko selena je prisotnega v sulfidnih mineralih. Prisotnost selena v prsti je odvisna od kompozicije tal in od izpiranja, ali drugih procesov, ki vplivajo na tvorbo s selenom obogatene prsti (Germ in sodelavci, 2007).

Nivo selena v Centralni Evropi znaša manj kot 1 mgSe/kg na Finskem 0,004-0,7 mg Se/kg (Xue in sodelavci, 2001) in na Norveškem 0,25 mg Se/kg.

Slovenija je ena izmed držav Evrope, vključujoč Avstrijo, Hrvaško, Slovaško in Finsko, ki ima nizko vsebnost selena v tleh. Gojenje rastlin obogatenih s selenom bi bil lahko učinkovit način proizvodnje hrane obogatene s selenom, kar ima lahko pozitiven učinek na zdravje ljudi (Germ in sodelavci, 2007).

2.1.2 Pomembnost selena pri prehrani človeka in živali

Učinkovitost selena je odvisna od njegove kemijske oblike. Najlažje se asimilira v obliki selenometionina (SeMet) (Germ in sodelavci, 2007).

Za optimalno sintezo selenoproteinov je potrebno zaužiti zadostne količine selena. Priporočen dnevni vnos (RDA - recommended daily allowance) selena je za zdrave odrasle 55 $\mu\text{gSe/dan}$, otroci ga potrebujejo manj, nosečnice pa nekoliko več (60 $\mu\text{gSe/dan}$). Manj kot 11 $\mu\text{gSe/dan}$ na daljši rok povzroči znake pomanjkanja, 100 - 200 $\mu\text{gSe/dan}$ pa zavira razvoj raka. 400 $\mu\text{gSe/dan}$ je zgornja še varna meja, pri koncentracijah med 3200 in 5000 $\mu\text{gSe/dan}$ pa se pojavijo znaki toksičnosti (selenoze) (Reid in sodelavci, 2004).

Pomanjkanje selena pri živalih povzroča mišično distrofijo, in še nekatere druge bolezni. Selen igra pomembno vlogo pri preventivi arteroskleroze, nekaterih oblik raka, artritisa in imunskemu odzivu. V predelih, kjer je višja koncentracija selena v tleh, je umrljivost zaradi raka manjša (Germ in sodelavci, 2007).

Številne raziskave so pokazale, da nekatere organske oblike selena zavirajo nastanek nekaterih oblik raka. V dolgoročnih raziskavah je dodajanje selena zmanjšalo nastanek pljučnega raka, raka debelega črevesa in prostate. Ena najbolj učinkovitih selenovih spojin, ki zavirajo nastanek raka je metilselenocistein (MSeC), ki so ga našli v nekaterih vrstah iz nekaterih rodov križnic (*Brassica*) in lukovk (*Allium*), ter vrstah iz rodu *Astragalus* (Ellis in sodelavci, 2003).

Ugotovljeno je bilo, da selen dodan v obliki kvasa zmanjša smrtnost zaradi različnih oblik raka. To je skladno z rezultati raziskav na živalih, ki so pokazale preventivne lastnosti selena. Različne oblike selena imajo drugačen vpliv na zaščito pred rakom. Selen lahko nastopa v aminokislinah (selenocistein (SeCys) in selenometionin (SeMet)), derivatih aminokislin kot je selenometilselenocistein (SeMSC), in v obliki selenata ali selenita. Vsaka od teh oblik vstopa v metabolizem selena na različne načine, zato ima različne metabolne učinke. Kljub različnim

učinkom, se te oblike selena zlahka pretvorijo v metilselenol, ki ščiti pred kancerogenezo. SeMSC se in vivo zlahka pretvori v metilselenol, dobiva veliko pozornosti v krogu znanstvenikov, saj se uporablja kot preventivna zaščita (Finley in sodelavci, 2001). Germ in sodelavci (2003) poročajo, da dodatek k prehrani v obliki SeMet reducira pojav raka na prostati.

2.1.3 Vpliv selena na rastline

Nekatere rastline so sposobne selen asimilirati. Sposobnost rastlin za akumulacijo in transformacijo selena v bioaktivne komponente ima pomemben vpliv na prehrano in zdravje ljudi, ter na okolje. Privzem selena je odvisna od kemijske oblike in koncentracije, pH prsti, kislosti, slanosti, vsebnosti CaCO_3 , koncentracije drugih ionov, s katerimi tekmuje selen za asimilacijo in sposobnosti rastlin za privzem in metabolizem selena (Germ in sodelavci, 2007).

Vsebnost selena v rastlinah se lahko poveča na različne načine; z dodajanjem selena v prst, namakanjem semen v raztopino selena pred setvijo, hidroponičnim in aeroponičnim gnojenjem v hranljivi raztopini, ki vsebuje selen. Privzem selena je višji pri nižji pH. Pri Se (IV) se znižuje pri pH, ki je višji od 6, medtem ko Se (VI) znižuje privzem preko celotnega pH območja (2,5 - 10) (Germ in sodelavci, 2007).

Aktivno rastoča tkiva ponavadi vsebujejo večje količine selena. Večina rastlin kopiči več selena v listih in poganjkih kot v koreninah, vendar obstajajo tudi izjeme (Germ in sodelavci, 2007).

Rastline, ki so sposobne akumulacije selena delimo v dve skupini: primarni akumulatorji in sekundarni akumulatorji. Primarni akumulatorji lahko privzamejo selen v obsegu do 1000 mg/kg. Sem štejemo rod *Astragalus*, ki spada v družino stročnic (Fabaceae), in vrsto *Stanleya pinata*, ki spada v družino križnic (Brassicaceae). Sekundarni akumulatorji prevzamejo selen iz tal v obsegu do 100 mg/kg. V to skupino spadajo rodovi *Aster*, *Atriplex*, *Melilotus* in vrsta *Brassica juncea* (Ellis in sodelavci, 2003).

Selen deluje kot antioksidant, saj so ugotovili, da inhibira peroksidacijo lipidov pri ljuljki (*Lolium perenne*) pri koncentraciji 0,1 in 1 mg Se/kg. Selen je povišal pridelek pri gojenju na prostem pri bučah (*Cucurbita pepo*) pri koncentraciji 1,5 mg/l (Germ in sodelavci, 2005). Raziskave pri ljuljki (*Lolium perenne*) in endiviji (*Lactuca sativa*) so pokazale, da ima lahko selen pri koncentracijah višjih od 10 mg Se/kg škodljive učinke (redukcija v biomasi). Pozitivne učinke pa so ugotovili pri nižjih koncentracijah (0,1 mg/kg) (Xue in sodelavci, 2001). Dokazano je, da selen pospešuje rast rastlin, ki so izpostavljene oksidativnemu stresu pri UV sevanju (Xue in sodelavci, 2000). Selen lahko zadrži staranje in pospeši rast zrelih rastlin (Xue in sodelavci, 2001). Proces staranja se deloma upočasni zaradi povečane antioksidacije, ki je povezana s povečanjem aktivnosti glutation peroksidaze (GPx) (Germ in sodelavci, 2007). Ta encim je aktiven v mitohondrijih. Metabolno aktivnost posamezne rastline se lahko oceni z aktivnostjo elektronske transportne verige (ETS) v mitohondrijih. Višja kot je aktivnost, hitreje se lahko rastline prilagodijo na hitre okoljske spremembe (Germ in sodelavci, 2007).

Dodatek selena poveča respiratorni potencial, ki se meri z aktivnostjo elektronske transportne verige (ETS) pri mladih rastlinah graha (*Pisum sativum*) (Smrkolj in sodelavci, 2006a), in mladi rastlini cikoriije (*Cichorium intybus*) (Germ in sodelavci, 2007). Respiratorni potencial rukole (*Eruca sativa*) se je povečal pri rastlinah, katerih semena so bila tretirana s selenom (Germ in sodelavci, 2005). Možne razlage za to so naslednje: (i.) višja aktivnost ETS zviša aktivnost glutation peroksidaze (GPx) v mitohondrijih. Dokazano je bilo (Xue in sodelavci, 2000; Xue in sodelavci, 2001), da izpostavitve selenu poveča aktivnost GPx pri ljuljki in pri bučah; (ii.) rastline potrebujejo več energije, da popravijo škodo, ki jo je povročil selen. Ko je organizem pod stresom in potrebuje več energije, se produkcija ATP in poraba O₂ v mitohondrijih poveča. To je v skladu dejstvom, da selen lahko nadomesti žveplo, npr. v aminokislinah (metionin in cistenin). Konformacija proteinov, ki vsebujejo selen, se lahko spremeni, in zmoti njihovo katalitično aktivnost (Germ in sodelavci, 2007).

ETS aktivnost je najvišja pri mladih rastlinah. Rastilne potrebujejo v času intenzivne rasti in razvoja veliko energije. Selen, ki se transportira iz semen v liste poveča respiratorni potencial mlade rastline. Višja ETS aktivnost je lahko posledica povečane aktivnosti GPx v mitohondrijih (Srnkolj in sodelavci, 2006).

Pennanen in sodelavci (2002) so v raziskavah navedli, da rastline, ki jim je dodajan selen, povečajo akumulacijo škroba v kloroplastih. Dokazano je bilo, da ima selen pozitiven učinek na akumulacijo ogljikovih hidratov pri krompirju (Germ in sodelavci, 2007).

Selen zmanjša peroksidacijo lipidov (Xue in sodelavci, 2001).

Dokazano je bilo, da selen regulira vodni status rastlin v obdobju suše (Germ in sodelavci, 2007) tako, da poveča kapaciteto privzema vode v koreninskem sistemu.

2.1.4 Selen in UV-B sevanje

Pred kratkim so odkrili, da selen ščiti rastline pred UV stresom, kar je pomembno, saj UV-B povzroči nastanek prostih radikalov in toksičnih kisikovih spojin (Breznik in sodelavci, 2005).

Intenzivnost UV-B sevanja na Zemeljski površini se zvišuje v povezavi s tanjšanjem ozonskega plašča. Kljub temu, da samo 0,3% sevanja doseže površino Zemlje, ima pomemben efekt na organizme (poškodbe DNA, spremembe pri transpiraciji, fotosintezi, respiratornemu potencialu, rasti, razvoju in morfologiji) (Breznik in sodelavci, 2005).

Rastline imajo različne načine popravljalnih in varovalnih mehanizmov, odvisno od tarč na katere deluje UV-B sevanje. Sem vključujemo povečano biosintezo komponent, ki ščitijo pred radiacijo (kaempferol, luteolin, rutin, tricetin in apigenin), ki absorbira sevanje v obsegu 280-400 nm. (Breznik in sodelavci, 2005).

Breznikova in sodelavci (2005) je raziskovala kombiniran efekt povišane UV-B radiacije in dodatka selena pri navadni in tatarski ajdi. Povišan odmerek UV-B sevanja je pri navadni in tatarski ajdi povzročil zmanjšanje klorofila a v času intenzivne rasti. Ta učinek se je v

prisotnosti selena pri tatarski ajdi povečal. Dejanska učinkovitost PS II se je zaradi povečanega UV-B sevanja zmanjšala pri obeh vrstah ajde in bila ob dodatku selena omiljena. Rezultati podobnega eksperimenta (Breznik in sodelavci, 2004) so pokazali rahel negativen učinek selena na tvorbo primarnih poganjkov in produkcijo semen pri tatarski ajdi. Tretiranje s selenom omili zavirajoč učinek UV-B sevanja in s tem povezano zniževanje biomase pridelka pri navadni ajdi (Breznik in sodelavci, 2005).

Mlade rastline, ki rastejo brez UV sevanja, uporabijo selen za gradnjo energetskih rezerv. Te rezerve se kažejo v povečani rasti poganjkov (Germ in sodelavci, 2007).

Učinek selena je pomemben zaradi izboljšane izrabe fotonov in zaradi tega razpoložljivosti energije za rastline (Breznik in sodelavci, 2005).

UV-B radiacija povzroči zmanjšanje velikosti listov in tako zmanjša tarčo, ki je izpostavljeno UV-B sevanju. Poveča se debelina listov. UV-B sevanje zmanjša rast stebel pri navadni in tatarski ajdi, učinek, ki je bil omiljen pri tretiranju s selenom.

Inhibicija dolžin stebel, ki je inducirana z UV-B sevanjem je ali neposredna posledica poškodovanih proteinov, ali pa je inducirana s celičnimi signali, ki je rezultat poškodbe DNA ali oksidativnega stresa. UV-B sevanje povzroči padec suhe teže samo pri rastlinah, ki niso tretirane s selenom, kar kaže na potencialen pozitiven učinek selena (Breznik in sodelavci, 2005).

2.1.5 Selenove spojine v rastlinah obogatenih s selenom

Večina žit in krmnih rastlin je relativno slabo sposobna vezave selena, tudi če rastejo v tleh, z višjo koncentracijo selena (Nowak in sodelavci, 2004). Rastline prevzamejo selen iz tal kot selenat (SeO_4^{2-}) ali selenit (SeO_3^{2-}) (Ellis in sodelavci, 2003). Aktivno rastoča tkiva ponavadi vsebujejo višje količine selena. Večina rastlin akumulira več selena v poganjkih in listih kot v koreninskem tkivu, obstajajo pa tudi izjeme (Germ in sodelavci, 2007).

Brokoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) velja za rastlino, ki je sposobna akumulirati selen v velikih količinah. Foliarni nanos selena pri čaju, poveča vsebnost selena v listih. Gnojenje s selenom lahko izboljša prehrambeno vrednost krompirja, zaradi višje vsebnosti selena v gomoljih (Germ in sodelavci, 2007).

2.1.6 Toksičnost selena

V zgodovini so se osredotočili predvsem na toksične lastnosti selena, kar je bilo potrebno na območjih z visoko koncentracijo selena v tleh (npr. jugozahodni del Združenih držav Amerike). Živali, ki se hranijo z rastlinami, ki so sposobne akumulirati visoke koncentracije selena, se lahko zastrupijo (Tinggi, 2003).

Čeprav je selen kot esencialni element pomemben kot antioksidant pri ljudeh in živalih, je pri visokih koncentracijah strupen, ker se začne vključevati na vezavno mesto žvepla v aminokislinah, kar povzroči spremembe v 3D strukturi proteinov in zmanjšanju njihovih encimskih funkcij (Germ in sodelavci, 2007).

Dokazano je bilo, da se selenat, ki je analog sulfatu, transportira s pomočjo sulfat permeaze in se reducira preko ATP sulfrilaze, encima, ki aktivira sulfat (Germ in sodelavci, 2007).

Toksičnost selena za živali je odvisna od količine zaužitega selena in njegove kemijske oblike. Selen je strupen za vodne organizme že pri nizkih koncentracijah (US EPA 1987). Kontaminacija voda s selenom je povezana z negativnim vplivom na okolje na različnih nivojih, ki vključujejejo motnje razvoja in reprodukcije vodnih ptic in rib (Germ in sodelavci, 2007).

Okoljski in biološki dejavniki, ki vplivajo na biogeokemijsko kroženje selena v okolju, imajo velik vpliv na poznejšo razpoložljivost in toksičnost na organizme (Germ in sodelavci, 2007). Dejavniki so sledeči: (i) Selen se v vodnem okolju pojavlja v različnih oksidacijskih stanjih.

Reducirane oblike so selenati (Se^{6+}), seleniti (Se^{4+}) in elementarni selen (Se^0); reducirana oblika selena je selenid (Se^{2-}). Elementarni selen, to je primarna

oblika v sedimentih, ima majhen toksičen vpliv na večino organizmov. Selenati in seleniti so topni v vodi, najdemo jih v aerobnih vodnih virih. Selenit je boljše dostopen in 5-10 krat bolj toksičen od selenata (Lemly in sodelavci, 1993). (ii) Selen se preko različnih biotskih in abiotskih procesov, ki niso še dobro raziskane, lahko pretvori iz organske v anorgansko obliko. (iii) Selen se dokazano akumulira v vodnih prehranjevalnih verigah in v njej povezanih vodnih predatorjev in organizmov, ki so odvisni od vodnih živali. Selen, ki se je akumuliral v vodni prehranjevalni verigi, je povzročil težke okvare v reprodukciji in deformacije pri ribah (Lemly, 2002).

Zastrupitev s selenom pri ljudeh je redka. Nekaj primerov zastrupitve je bilo pri naključnem zaužitju selenove kisline (30g/l) in vitaminskih tablet, ki vsebujejo visoko vsebnost selena. Zaužitje prevelike količine selena povzroči motnje v prebavilih (bruhanje, driska), spremembe na koži in nohtih, nevrološke manifestacije, šibkost, krče in težave s pomnjenjem (Tinggi, 2003).

Selen je tudi glavni onesnaževalec v odplakah iz oljnih rafinerij, rastlinah za pridobivanje bioenergije in drenažnih vod iz rudnikov. Pri okoljski kontaminaciji selen vzbuja glavno skrb, ker se bioakumulira v prehrano. Bioakumulacija selena ima toksičen vpliv na skupnost. Selen je mogoče iz onesnažene prsti in vode odstraniti v procesu fitoremediacije (Germ in sodelavci, 2007).

2.1.7 Fitoremediacija in volatilizacija

Fitoremediacija je tehnologija, pri kateri lahko s pomočjo rastlin v povezavi z njihovo mikrobiološko aktivnostjo ekstrahiramo, akumuliramo in volatiliziramo selen. Ko rastline uspešno akumulirajo in shranijo selen v svoja tkiva, se rastline požanje in spravi na varno. Te rastline se lahko, če je koncentracija selena majhna, uporabi za hrano živali. Če rastline

obogatene s selenom vsebujejo toksične elemente, kot je živo srebro in arzen, v živalim prevelikih koncentracijah, jih uporabimo kot gorivo za pridobivanje elektrike. Na podoben način je možno uporabiti ekstrakt oljne repice, sončnice, bombaža, žafranike, soje in arašidov za pridobivanje biogoriva (Germ in sodelavci, 2007).

2.2 AJDA

2.2.1 Uvrstitev ajde

Ajda je dvokaličnica, ki spada v družino dresnovk (Polygonaceae). Ajda je precej drugačna od žit, ki so sicer enokaličnice in spadajo v družino trav. Kljub tej botanični razliki pa pogosto v kmetijstvu, v trgovini in pri pridelavi ajdo uvrščamo skupaj z žiti v isto skupino, saj jo pridelujemo na nekoliko podobne način kot žita, pa tudi uporaba ajde je podobna kot krušnih žit in jo pogosto meljemo, da dobimo moko.

Bližnji sorodniki ajde so številne dresni, znane plevelne rastline. Med bližnjimi sorodniki ajde sta tudi rabarbara in kislica. Med daljnimi sorodniki ajde pa sta špinača in amarant, ki je pri nas znan kot okrasna rastlina, ponekod, zlasti v Južni Ameriki, pa uporabljajo nekatere vrste amaranta, podobno kot pri nas ajdo, za moko in kašnate jedi (Kreft, 1995).

Pri nas poznamo dve vrsti ajde, navadno (*Fagopyrum esculentum* Moench) in tatarsko ali zeleno ajdo (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.).

2.2.2 Razlika med navadno in tatarsko ajdo

Tatarska ajda (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) je precej podobna navadni ajdi. Listi tatarske ajde so pogosto širši kot dolgi, stebela in listi so bolj izrazito zeleni kot pri navadni ajdi. Steblo ajde je sočno, a žilavo in kiselkastega okusa, ker vsebuje oksalno rastlino. Stebla ajde so pogosto rdečkasto obarvana, zlasti če je posevek redek ali nizek, obarvanost je izrazitejša na osončeni strani stebel, na višjih nadmorskih višinah je obarvanost stebel in drugih delov rastlin (žile listov, cvetovi) pogostejša in bolj izrazita. Cvetno odevalo je zeleno, cvetni listi so majhni, dolgi 2 do 3 mm, sorazmerno ozki, cvetovi so enakovratni, tatarska ajda se ponavadi oplodi sama. Na višjih nadmorskih legah je ajda ponavadi bolj rdeča.

Semena tatarske ajde so rjava, svetlorjava do rjavosiva ali nekoliko zelenkasta. Oblika semen je triroba, robovi so zaokroženi, nekoliko oblasti, površine semen niso ravne, temveč motne in hrapave. Semena tatarske ajde imajo robove včasih zelo poudarjene, a zaokrožene in niso znane krilate oblike robov. Tatarska ajda je bolj kot navadna odporna proti vremenskim nepravilnostim (Kreft, 1995).

2.2.3 Izvor ajde

Navadna ajda (*Fagopyrum esculentum* Moench) izvira iz jugozahoda Kitajske in se je razširila po vseh kontinentih. V Evropo je prišla na prehodu iz 14. v 15. stoletje. Tatarska ajda (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) raste v gorovju jugozahodne Kitajske (Sichuan), severni Indiji, Butanu in Nepal. Pred 30 leti je bilo možno tatarsko ajdo najti kot poljščino v nekaterih predelih Slovenije, in sicer na Gorenjskem, Dolenjskem in Zgornjesavinjski dolini, danes pa jo je zamenjala navadna ajda, in lahko tatarsko najdemo samo kot plevel v navadni ajdi (Kreft, 1995). V Evropi je edini kraj, kjer še gojijo tatarsko ajdo za prehrano ljudi (50 ha) Islek, ki vključuje del Luksemburga, del severne Nemčije, Westeifel v Nemčiji, in v predelu nemške manjšine v Belgiji (Bonafaccia in sodelavci, 2003a, b). V Sloveniji je bila ajda prvič omenjena leta 1426, verjetno pa je k nam prišla že nekaj let prej (Kreft, 1995).

2.2.4 Vrednost zrnja

Zrnje tatarske ajde vsebuje proteine z visoko biološko vrednostjo in uravnoteženimi aminokislinami (Bonafaccia in sodelavci, 2003); ima relativno veliko surovih vlaken in vitaminov B1, B2 in B6 (Bonafaccia in sodelavci, 2003b); in vsebuje več rutina kot navadna ajda (Fabjan in sodelavci, 2003).

Rutin in ostali flavonoidi ščitijo višje rastline pred škodljivim UV-B sevanjem (Kreft in sodelavci, 2002). Rutin in drugi flavonoidi ajde imajo veliko pozitivnih učinkov na zdravje ljudi. Rutin deluje antagonistično na krhkost kapilar, ki je povezana s hemofilijo, znižuje krvni tlak zmanjšuje permeabilnost žil, zmanjšuje pojavljanje arteroskleroze, in kaže antioksidativne

aktivnosti. Quercitrin v kombinaciji z ostalimi flavonoidi kaže na antibakterijsko delovanje in štiti pred fototoksičnostjo (Fabjan in sodelavci, 2003).

Rezultati kažejo, da 50 g otrobov tatarske ajde pokrije polovico priporočenega dnevnega vnosa cinka in kroma, vendar samo 5% priporočenega dnevnega vnosa selena (Bonafaccia in sodelavci, 2003).

Veliko let je bila proizvodnja ajde zavrta, vendar je v zadnjem času vse večje zanimanje za tradicionalno hrano in tipične regionalne jedi, kar nas je pripeljalo do ponovnega gojenja ajde. Izdelki iz ajde so znani po odpornem škrobu in kot pomemben vir antioksidativnih substanc, elementov v sledovih in prehranskih vlaknin. Proteini v ajdi imajo visoko biološko vrednost, vendar so relativno slabo prebavljivi, s čimer lahko razlagamo zniževanje estradiola v krvi (Bonafaccia in sodelavci, 2003b).

Raziskave so pokazale, da luske tatarske ajde vsebujejo več tiamina, riboflavina in pirodoksina v primerjavi z navadno ajdo (Bonafaccia in sodelavci, 2003b).

Študija kaže, da sta selen in žveplo v endospermu v sorazmerno višjih količinah kot ostali preiskovani minerali (Cu, Fe, Mn, Zn). Iz tega sledi, da bela moka, ki je najbolj razširjen mlevski proizvod, vsebuje v primerjavi z ostalimi minerali najvišji delež selena in žvepla. Embrijo vsebuje višje koncentracije Se, Mn, Zn in Cu kot semenski plašč ali endosperm skupaj z aleuronsko plastjo. V raziskavi so ugotovili, da z mletjem in pečenjem žitnih zrn ni bilo večjih izgub selena (Lyons in sodelavci, 2004).

2.2.5 Izdelki iz ajde

V preteklosti je bila zelo cenjena in pogosta jed predvsem revnih ljudi, ki so jo veliko pridelovali, nato pa je z umikanjem bolj rodovitnim poljščinam začela toniti v pozabo. V novejšem času postaja ponovno vse bolj priljubljena predvsem zaradi hranilne vrednosti in cenjena kot bioživilo in varna hrana (Kreft, 1995).

Ajdo lahko uporabimo za moko ali kot kašo. Ajdine testenine in ostali proizvodi iz ajdine moke so tradicionalno popularne v Italiji, Sloveniji in Aziji. Večina proizvodov iz ajdove moke je podobnih. V Italiji izdelujejo ajdove testenine (pizzoccheri), na Japonskem se imenujejo soba, v Koreji in na Kitajskem so to "mačja ušesa"; poznamo tudi ajdovo pico in polento, ajdovo kašo, žgance v Sloveniji, sterz v Avstriji, Soba-gaki na Japonskem. Ime izdelka je odvisno od območja, iz katerega izhaja (Bonafaccia in sodelavci, 2003).

Iz ajde lahko dobimo tudi ajdin cvetlični med, zelen ajdin čaj, in jo uporabljamo kot kalice (Bonafaccia in sodelavci, 2003a, b). Mlade rastline se lahko uporablja kot zelenjavo (Kreft, 1995).

Ajda je varna za bolnike s celiakijo (Bonafaccia in sodelavci, 2003a, b).

2.2.6 Trajnostni razvoj

V Sloveniji in drugih državah Evrope ajda raste že stoletja, in je sedaj, skupaj s plevnato pšenico piro ena od najpomembnejših alternativnih poljščin. Primerna je za ekološko pridelavo brez uporabe kemikalij. Z razvijanjem in razširjanjem okolju prijazne tehnologije, sledimo trajnostnemu razvoju kmetijske prakse (Bonaffacia in sodelavci, 2003b).

3 MATERIALI IN METODE DELA

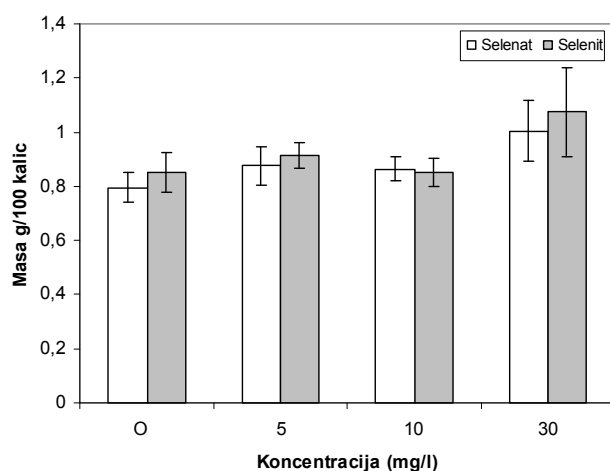
Semena tatarske ajde smo dne 16.03. 2009 namočili v različnih koncentracijah raztopin natrijevega selenata (Na_2SeO_4) in natrijevega selenita (Na_2SeO_3) (5, 10, 30 mg/l) in jih pustili stati 4 ure, da se je vsa razpoložljiva raztopina vsrkala v semena. Za kontrolo smo uporabili semena, ki smo jih namakali v destilirani vodi. Tretirana semena smo nato posejali v aluminijaste posode, kjer smo semena razporedili na ovlažen papir. Semena smo pokrili s plastjo navlaženega papirja. Kaleče seme smo izpostavili različnim svetlobnim razmeram: tema, dnevna svetloba brez UV sevanja in dnevna svetloba s kratkotrajnim izpostavljanjem sončnemu UV sevanju. Del vzorcev smo postavili v temo in del na dnevno svetlobo brez UV-B sevanja. Del kalic smo 26.03.2009, ko so bile kalice dovolj velike, postavili za štiri ure izven rastlinjaka, kjer so bile kratkotrajno izpostavljanje dnevni svetlobi z UV-B sevanjem (v času od 12.00 do 16.35). Dne 31.03. 2009 smo vzorce pripravili za analizo. Pri koncentracijah 5 in 30 mg/l selenita smo ločili kalice tatarske ajde na stebela in klične liste. Pri vseh ostalih vzorcih smo stehali maso celih kalic. Tako pripravljene vzorce smo postavili v zmrzovalnik do sušenja. Po sušenju smo vzorce ponovno stehali in iz dobljenih podatkov analizirali vpliv različnih koncentracij natrijevega selenata in selenita na rast kalic tatarske ajde.

Za obdelavo statističnih podatkov sem uporabila operacijska sistema Excel in Word.

4 REZULTATI

Slika 1 prikazuje primerjavo suhih mas kalic tatarske ajde, ki so se razvijale na svetlobi. Mase (g/100 kalic) so največje pri najvišjih koncentracijah selenata in selenita.

Tabele 1, 2 in 3 kažejo značilne razlike med različnimi načini tretiranja med kalicami tatarske ajde, ki so bile izpostavljene dnevni svetlobi brez UV sevanja. Največ razlik smo ugotovili na dnevni svetlobi brez UV sevanja (tabela 3).



Slika 1: Primerjava suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale na dnevni svetlobi brez UV sevanja, iz semen namakanih v različnih koncentracijah selenata oziroma selenita.

Tabela 1: Značilnost razlik suhe mase med kalicami tatarske ajde, ki so se razvijale na dnevni svetlobi brez UV sevanja, iz semen namakanih v različnih koncentracijah selenata.

Selenat mg/l	0	5	10	30
0				
5	0,1660			
10	0,0894	0,7603		
30	0,0271*	0,1389	0,0367*	
*<0,05; **<0,01				

Tabela 2: Značilnost razlik suhe mase med kalicami tatarske ajde, ki so se razvijale na dnevni svetlobi brez UV sevanja, iz semen namakanih v različnih koncentracijah selenita.

Selenit (mg/l)	0	5	10	30
0				
5	0,2502			
10	0,9795	0,1055		
30	0,0522	0,1308	0,0155*	
* < 0,05; ** < 0,01				

Tabela 3: Primerjava značilnih razlik suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale na dnevni svetlobi brez UV sevanja, iz semen namakanih v različnih koncentracijah selenata oziroma selenita.

Koncentracija (mg/l)	0 Selenat	5 Selenat	10 Selenat	30 Selenat
0 Selenit	0,3339	0,6929	0,7880	0,0946
5 Selenit	0,0273*	0,4363	0,1440	0,2495
10 Selenit	0,1894	0,5686	0,6818	0,0298*
30 Selenit	0,0191*	0,0747	0,0194*	0,5296
* < 0,05; ** < 0,01				

Iz tabele 1 je razvidno, da se značilne razlike kažejo med kontrolo in kalicami, ki so se razvijale iz semen, namakanih v 30 mg/l selenata, ter med kalicami, iz semen, namakanih v 10 in 30 mg/l selenata. Pri ostalih koncentracijah ni značilnih razlik.

Tabela 2 nam kaže, da se značilne razlike pri kalicah, ki so se razvijale iz semen, namakanih s selenitom kažejo med koncentracijama 10 in 30 (mg/l).

Iz tabele 3 je razvidno, da se značilne razlike kažejo med kontrolo in kalicami, katerih semena so bila namakana v 5 in 30 mg/l selenita, ter med kalicami, ki so se razvijale iz semen namakanih v 10 in 30 mg/l selenata oziroma selenita. Pri ostalih koncentracijah ni značilnih razlik.

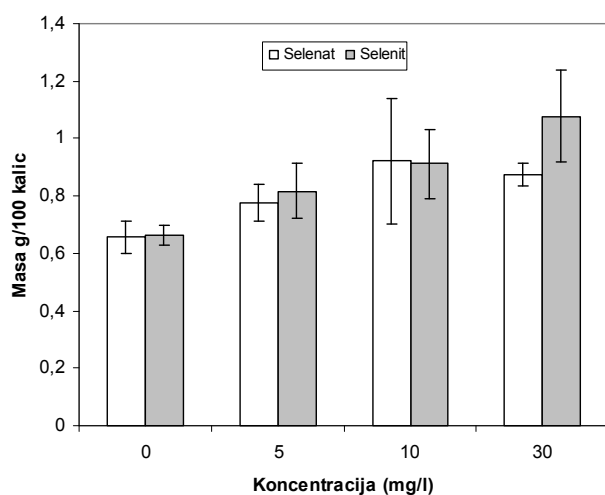
Slika 1 nam kaže, da je povprečne mas (g/100 kalic) pri kalicah tatarske ajde, ki so se razvijale na dnevni svetlobi brez UV sevanja, iz semen, namakanih v 0-10 mg/l selenata, okoli 0,8, pri namakanju v 30mg/l selenata, pa je vrednost okoli 1.

Pri namakanju semen v 10 mg/l selenita je masa kalic manjša kot pri selenatu. Pri ostalih koncentracijah selenita so mase kalic višje od tistih, pri katerih smo semena namakali v selenatu.

Suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale na dnevni svetlobi brez UV sevanja, iz semen, namakanih v visokih koncentracijah selenata oziroma selenita, so v primerjavi z ostalimi koncentracijami najvišje, iz česar lahko sklepamo, da kalice tatarske ajde, najboljše uspevajo pri visokih koncentracijah.

Slika 2 prikazuje primerjavo suhih mas kalic tatarske ajde, ki so se razvijale v temi. Razvidno je, da so mase (g/100 kalic) nižje kot na dnevni svetlobi brez UV sevanja.

Tabele 4, 5 in 6 kažejo značilnost razlik suhih mas kalic, ki so se razvijale v različnih koncentracijah selenata oziroma selenita v temi. Največ razlik ugotovimo v tabeli 6.



Slika 2: Primerjava suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale v temi, iz semen, namakanih v različnih koncentracijah selenata oziroma selenita.

Tabela 4: Značilnost razlik suhe mase med kalicami tatarske ajde, ki so se razvijale v temi, iz semen, namakanih v različnih koncentracijah selenata.

Selenat (mg/l)	0	5	10	30
0				
5	0,0537			
10	0,0656	0,2801		
30	0,0002**	0,0285*	0,6456	
* < 0,05; ** < 0,01				

Tabela 5: Značilnost razlik suhe mase med kalicami tatarske ajde, ki so se razvijale v temi, iz semen, namakanih v različnih koncentracijah selenita.

Selenit (mg/l)	0	5	10	30
0				
5	0,0417*			
10	0,0074**	0,2780		
30	0,0018**	0,0312*	0,0943	
* < 0,05; ** < 0,01				

Tabela 6: Primerjava značilnih razlik suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale v temi, iz semen namakanih v različnih koncentracijah selenata oziroma selenita.

Koncentracija (mg/l)	0 Selenat	5 Selenat	10 Selenat	30 Selenat
0 Selenit	0,8340	0,0398*	0,0697	0,0001*
5 Selenit	0,0473*	0,5644	0,4443	0,2769
10 Selenit	0,0078**	0,1052	0,9281	0,5337
30 Selenit	0,0019**	0,0127*	0,2278	0,0204*
*<0,05; **<0,01				

Iz tabele 4 je razvidno, da se značilne razlike kažejo pri kontroli in kalicah, iz semen, ki smo jih namakali v 30 mg/l selenata, ter med tistimi kalicami, ki so se razvijale iz semen, namakanih v 5 in 30 mg/l selenata.

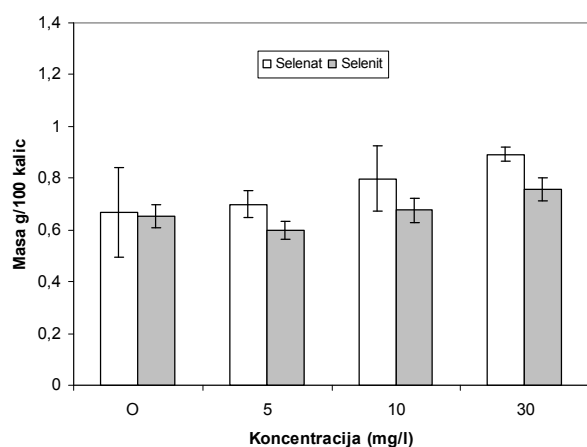
Tabela 5 prikazuje, da se značilne razlike pri kalicah, ki so se razvijale iz semen, namakanih s selenitom, kažejo med kontrolo in vsemi ostalimi koncentracijami (0-5, 0-10 in 0-30 mg/l). Značilne razlike so tudi pri kalicah, ki so se razvijale iz semen, namakanih v 5 in 30 mg/l selenita.

Pri kalicah, ki so se razvijale v temi (tabela 6), je pri suhi masi več značilnih razlik, kot pri tistih, ki so se razvijale na dnevni svetlobi brez UV sevanja (tabela 3). Razlike se kažejo med kalicami iz semen, ki so namakana v destilirani vodi, in tistimi, ki so se razvijale pri višjih koncentracijah selenita.

Slika 2 nam kaže, da je povprečje mas (g/100 kalic) pri kalicah tatarske ajde, ki so se razvijale v temi, iz semen namakanih v destilirani vodi okoli 0,6, pri namakanju v 30 mg/l selenita, pa je vrednost okoli 1,1. Če ta rezultat primerjamo s kalicami, ki so bile izpostavljene dnevni svetlobi brez UV sevanja, vidimo, da v temi dodatek selena izboljša izrabo razpoložljivih hranljivih snovi iz semen. Suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale v temi, iz semen, namakanih v visokih koncentracijah selenata oziroma selenita, so v primerjavi z ostalimi koncentracijami najvišje, iz česar lahko sklepamo, da kalice tatarske ajde najboljše uspevajo pri visokih koncentracijah selenata oziroma selenita.

Slika 3 prikazuje primerjavo suhih mas kalic tatarske ajde izpostavljene kratkotrajnemu UV sevanju. Rast kalic je manjša kot na svetlobi brez UV sevanja in v temi.

Tabele 7, 8 in 9 kažejo značilnost razlik suhih mas kalic, ki so se razvijale pri različnih koncentracijah selenata oziroma selenita na UV sevanju. Največ razlik ugotovimo v tabeli 9.



Slika 3: Primerjava suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale na dnevni svetlobi z UV sevanjem, iz semen, namakanih v različnih koncentracijah selenata oziroma selenita.

Tabela 7: Značilnost razlik suhe mase med kalicami tatarske ajde, ki so se razvijale na dnevni svetlobi z UV sevanjem, iz semen, namakanih v različnih koncentracijah selenata.

Selenat (mg/l)	0	5	10	30
0				
5	0,7838			
10	0,2582	0,2227		
30	0,0086**	0,00001**	0,08462	
* < 0,05; ** < 0,01				

Tabela 8: Značilnost razlik suhe mase med kalicami tatarske ajde, ki so se razvijale na dnevni svetlobi z UV sevanjem, iz semen, namakanih v različnih koncentracijah selenita.

Selenit (mg/l)	0	5	10	30
0				
5	0,1263			
10	0,5167	0,0369*		
30	0,0119*	0,0006**	0,0219*	
* < 0,05; ** < 0,01				

Tabela 9: Primerjava značilnih razlik suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale na dnevni svetlobi z UV sevanjem, iz semen, namakanih v različnih koncentracijah selenata oziroma selenita.

Koncentracija (mg/l)	0 Selenat	5 Selenat	10 Selenat	30 Selenat
0 Selenit	0,8815	0,2870	0,0839	7,3**E-07
5 Selenit	0,5082	0,0317*	0,0245*	3,4**E-08
10 Selenit	0,9384	0,5409	0,0716	4,2**E-07
30 Selenit	0,3222	0,1412	0,5052	0,00003**
*<0,05; **<0,01				

Iz tabele 7 je razvidno, da se značilne razlike kažejo, pri kontroli in semenih, ki smo jih namakali v 30 mg/l selenata, ter med tistimi, ki so namakana v 5 in 30 mg/l selenata. Podobni rezultati so tudi pri kalicah, ki so rastle v temi (tabela 4).

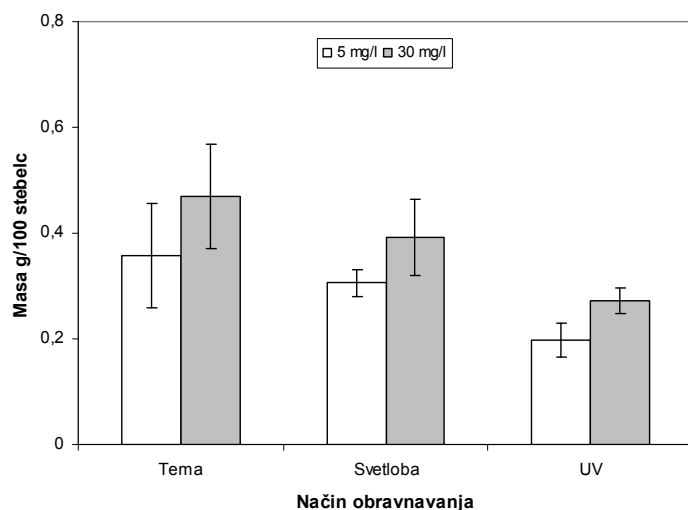
Tabela 8 prikazuje, da se značilne razlike pri kalicah, ki so se razvijala iz semen namakanih s selenitom, kažejo med koncentracijo 30 mg/l in vsemi ostalimi koncentracijami (30-0, 30-5 in 30-10) mg/l. Značilne razlike so še pri kalicah, ki so se razvijala iz semen, namakanih v 5 in 10 mg/l selenita.

Pri kalicah, iz semen, ki so se razvijala na dnevni svetlobi z UV sevanjem (tabela 9), se značilne razlike v suhi masi kažejo med kalicami iz semen, ki so namakana v selenatu pri koncentraciji 30 mg/l, in tistimi, ki so se razvijala v selenitu.

Slika 3 nam kaže, da je povprečje mas (g/100 kalic) pri kalicah tatarske ajde, ki so se razvijale na dnevni svetlobi z UV sevanjem nižje od tistih, ki so se razvijale v temi (slika 2) in na dnevni svetlobi brez UV sevanja (slika 1).

Pri izpostavitvi UV sevanju ima selenat večji učinek na rast kalic tatarske ajde. V temi in na svetlobi pa ima večji učinek na rast kalic tatarske ajde selenit. Pri izpostavitvi UV sevanju se pozitiven učinek na rast kalic tatarske ajde kaže pri najvišjih koncentracijah selenata in selenita (30 mg/l).

Slika 4 prikazuje primerjavo suhih mas stebelc tatarske ajde, iz semen, ki so bila namakana v nizkih in visokih koncentracijah selenita, pri različnih svetlobnih razmerah Tabela 10 prikazuje značilnost razlik suhih mas stebelc, ki so se razvijale v zgoraj navedenih razmerah. Stebelca so bila najtežja v temi.



Slika 4: Primerjava suhe mase stebelc tatarske ajde, ki so se razvijala v temi, na dnevni svetlobi brez UV sevanja in na dnevni svetlobi z UV sevanjem, iz semen, namakanih v 5 in 30 mg/l selenita.

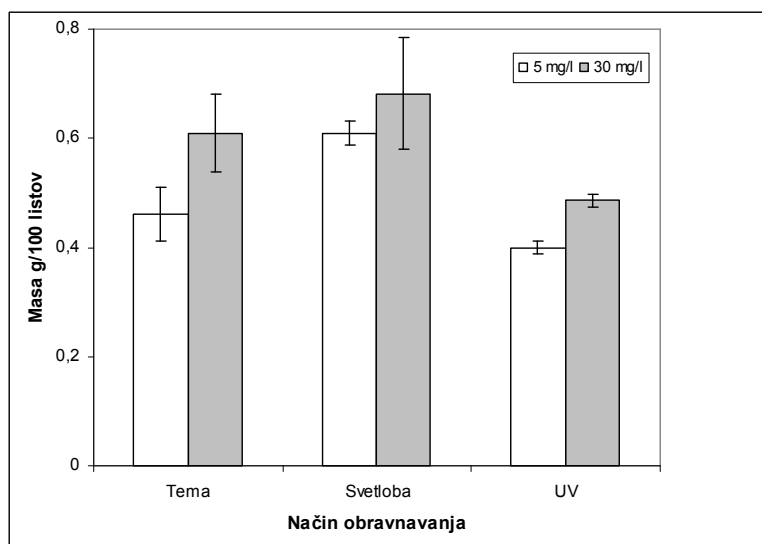
Tabela 10: Primerjava značilnih razlik suhe mase stebelc tatarske ajde, ki so se razvijale na temi (T), dnevni svetlobi brez UV sevanja (S) in dnevni svetlobi z UV sevanjem (UV), iz semen, namakanih pri različnih koncentracijah (mg/l) selenita.

Konc. (mg/l) (Način obravnavanja)	5 (T)	30 (T)	5 (S)	30 (S)	5 (UV)	30 (UV)
5(T)						
30(T)	0,1127					
5(S)	0,2483	0,0203*				
30(S)	0,4995	0,1916	0,0715			
5(UV)	0,0084**	0,0014**	0,0037**	0,0017**		
30(UV)	0,0284*	0,0014**	0,0846	0,0047**	0,0057**	
* < 0,05; ** < 0,01						

Tabela 10 prikazuje, da se razlike značilne pri stebelcih, ki so se razvijala iz semen, namakanih v nizkih koncentracijah selenita kažejo pri 5T in 5UV, 5T in 30UV, 5S in 5UV, ter 5UV in 30UV. Pri visokih koncentracijah pa so razlike značilne pri 30T in 5S, 30T in 5UV, 30T in 30UV, ter 30S in 5UV, 30S in 30UV.

Slika 4 kaže, da je povprečje mas (g/100 stebelc) stebelc tatarske ajde, ki so se razvijala v temi, pri obeh koncentracijah selenita, večja v primerjavi s tistimi stebelci, ki so rastla na dnevni svetlobi z ali brez UV sevanja. Stebelca tatarske ajde, ki so se razvijala na dnevni svetlobi z UV sevanjem so lažja kot tista, ki so se razvijala na dnevni svetlobi brez UV sevanja. Vidno je, da imajo visoke koncentracije selenita pozitiven vpliv na rast stebelc tatarske ajde.

Slika 5 prikazuje primerjavo suhih mas kličnih listov tatarske ajde, iz semen, ki so bila namakana v nizkih in visokih koncentracijah selenita, pri različnih svetlobnih razmerah. Tabela 11 prikazuje značilnost razlik suhih mas kličnih listov, ki so se razvijali v zgoraj navedenih razmerah. Klični listi so bili najtežji na dnevni svetlobi brez UV sevanja.



Slika 5: Primerjava suhe mase kličnih listov tatarske ajde, ki so se razvijali v temi, na dnevni svetlobi brez UV-B sevanja in na dnevni svetlobi z UV-B sevanjem, iz semen, namakanih v 5 in 30 mg/l selenita.

Tabela 11: Primerjava značilnih razlik suhe mase kličnih listov tatarske ajde, ki so se razvijale na temi (T), dnevni svetlobi brez UV-B sevanja (S) in dnevni svetlobi z UV-B sevanjem (UV), iz semen, namakanih pri različnih koncentracijah (mg/l) selenita.

Konc. (mg/l) (Način obravnavanja)	5 (T)	30 (T)	5 (S)	30 (S)	5 (UV)	30 (UV)
5(T)						
30(T)	0,0116**					
5(S)	0,0030**	0,9914				
30(S)	0,0069**	0,2204	0,2474			
5(UV)	0,3909	0,0008**	5,8E-06**	0,0011**		
30(UV)	0,3909	0,0048**	0,0001**	0,0020**	0,0010**	
*<0,05,**<0,01						

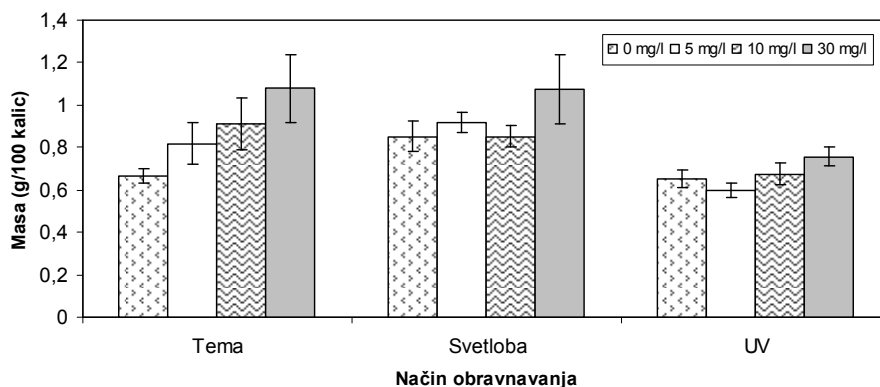
V tabeli 11 vidimo, da se značilne razlike pri kličnih listih kažejo podobno kot pri stebelcih (tabela 10). Pri tistih kličnih listih, ki so se razvijali iz semen, namakanih pri nizkih koncentracijah selenita, so značilne razlike pri 5T in 30T, 5T in 5S, 5T in 30S. Pri visokih

koncentracijah pa so razlike značilne pri 30S in 5UV, 30S in 30UV, 30T in 5UV, ter 30T in 30UV.

Slika 5 kaže, da je povprečje mas (g/100 kličnih listov) tatarske ajde, ki so se razvijali na svetlobi brez UV sevanja, pri obeh koncentracijah selenita, večja v primerjavi s tistimi kličnimi listi, ki so rastle na dnevni svetlobi z UV sevanjem ali v temi. Klični listi, ki so bili izpostavljeni vidni svetlobi z UV sevanjem so tudi težji od stebelc, pri obeh koncentracijah. Vidno je, da imajo visoke koncentracije selenita pozitiven vpliv na rast kličnih listov tatarske ajde.

Slika 6 prikazuje primerjavo suhih mas kalic tatarske ajde, iz semen, ki so bila namakana v različnih koncentracijah selenita, pri različnih svetlobnih razmerah.

Mase so najnižje pri tistih kalicah, ki so bile izpostavljene dnevni svetlobi z UV sevanjem.



Slika 6: Primerjava suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale v temi, na dnevni svetlobi brez UV sevanja in na dnevni svetlobi z UV sevanjem, iz semen, namakanih v 0, 5, 10 in 30 mg/l selenita.

Na sliki 6 vidimo, da je povprečne mas (g/100 kalic) tatarske ajde, ki so se razvijale v temi in na dnevni svetlobi z UV sevanjem, iz semen, namakanih v destilirani vodi, skoraj enaka, tiste kalice, ki so se razvijale na dnevni svetlobi brez UV sevanja pa imajo povprečne mas pri kontroli največje.

Pri kalicah, ki so se razvijale iz semen namakanih v 5 mg/l selenita, je povprečne mas (g/100 kalic) najmanjše tam, kjer so bile izpostavljene dnevni svetlobi z UV sevanjem, in največje pri tistih, ki so bile izpostavljene dnevni svetlobi brez UV sevanja.

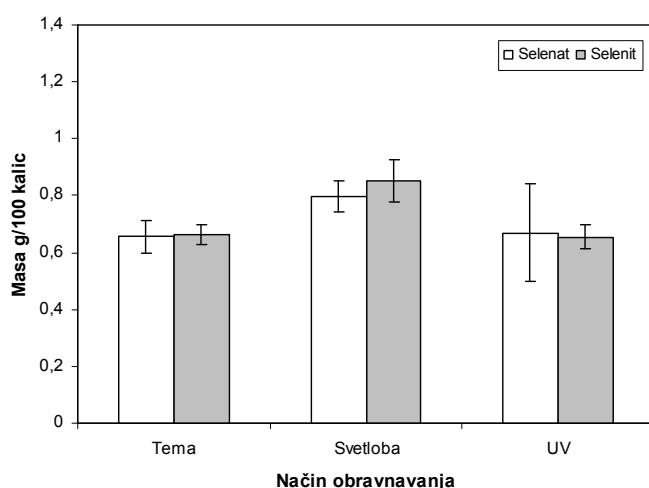
Kjer smo semena tatarske ajde namakali v 10 mg/l selenita, je povprečna masa (g/100 kalic) tatarske ajde najmanjša pri izpostavitvi UVsevanju in največja v temi.

Kalice, ki so se razvijale iz semen, namakanih v 30 mg/l selenita, je povprečna masa (g/100 kalic) tatarske ajde primerljiva tako na dnevni svetlobi brez UV sevanja, kot v temi.

Povprečna masa (g/100 kalic) tatarske ajde, ki so se razvijala v temi narašča od koncentracije 0 do 30 mg/l selenita. Povprečni masi kalic, ki se razvijajo na svetlobi, sta pri kontroli in semenih, namakanih v 10 mg/l selenita primerljivi, pri najvišji koncentraciji pa je masa največja. Kalice, ki so bile izpostavljene dnevni svetlobi z UV sevanjem, imajo nižje povprečne mas kot tiste, ki so rastle v temi ali na dnevni svetlobi brez UV sevanja.

Slika 7 prikazuje primerjavo suhih mas kalic tatarske ajde, iz semen, ki so bila namakana v destilirani vodi, pri različnih svetlobnih razmerah.

Tabela 12 prikazuje značilnost razlik suhih mas kalic, ki so se razvijale v zgoraj navedenih razmerah. Kalice tatarske ajde so se najlepše razvijale na svetlobi brez UV sevanja.



Slika 7: Primerjava suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale v temi, na dnevni svetlobi brez UV sevanja in na dnevni svetlobi z UV sevanjem, iz semen, namakanih v destilirani vodi.

Tabela 12: Primerjava značilnih razlik suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale na temi (T), dnevni svetlobi brez UV sevanja (S) in dnevni svetlobi z UV sevanjem (UV), iz semen, namakanih v destilirani vodi.

0 mg/l	T(Selenat)	S(Selenat)	UV(Selenat)
T(Selenit)	0,8340	0,0115*	0,9662
S(Selenit)	0,0109*	0,3339	0,1436
UV(Selenit)	0,9444	0,0107*	0,8815
*<0,05; **<0,01			

Iz tabele 12 je razvidno, da se značilne razlike v suhi masi kalic tatarske ajde, ki se razvijajo iz semen namakanih v destilirani vodi, kažejo med zgoraj označenimi obravnavanji.

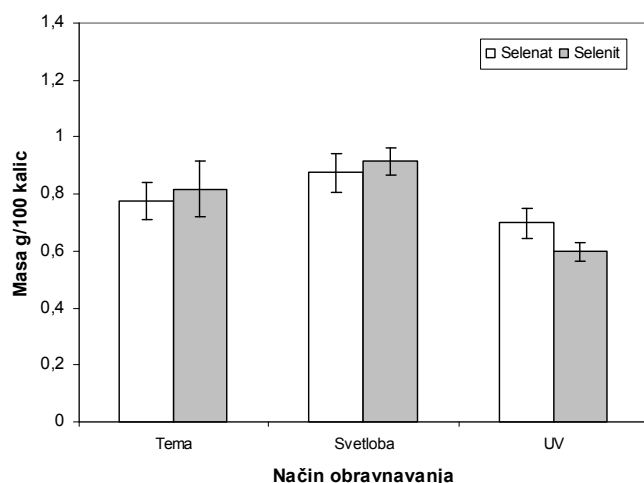
Pri izpostavitvi UV sevanju ni značilnih razlik.

Na sliki 7 vidimo, da kalice tatarske ajde, ki se razvijajo iz semen brez dodatka selenata ali selenita, najbolj uspevajo na dnevni svetlobi brez UV sevanja. Kalice tatarske ajde se

najlepše razvijajo na svetlobi brez UV sevanja, v temi in na dnevni svetlobi z UV sevanjem je rast kalic primerljiva.

Slika 8 prikazuje primerjavo suhih mas kalic tatarske ajde, iz semen, ki so bila namakana v 5 mg/l selenata oziroma selenita, pri različnih svetlobnih razmerah.

Tabela 13 prikazuje značilnost razlik suhih mas kalic, ki so se razvijale v zgoraj navedenih razmerah. Kalice tatarske ajde so najlepše uspevale na dnevni svetlobi brez UV sevanja.



Slika 8: Primerjava suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale v temi, na dnevni svetlobi brez UV-B sevanja in na dnevni svetlobi z UV-B sevanjem, iz semen, namakanih v 5 mg/l selenata oziroma selenita.

Tabela 13: Primerjava značilnih razlik suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale na temi (T), dnevni svetlobi brez UV-B sevanja (S) in dnevni svetlobi z UV-B sevanjem (UV), iz semen, namakanih v 5 mg/l selenata oziroma selenita.

5 mg/l	T(Selenat)	S(Selenat)	UV(Selenat)
T(Selenit)	0,5644	0,4298	0,1122
S(Selenit)	0,0243*	0,4363	0,0018**
UV(Selenit)	0,0056**	0,0007**	0,0317*
*<0,05; **<0,01			

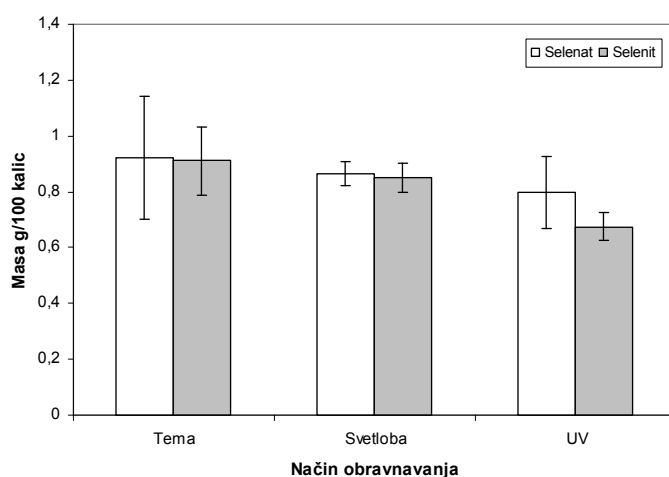
Iz tabele 13 je razvidno, da se značilne razlike v suhi masi kalic tatarske ajde, ki rastejo iz semen namakanih v 5 mg/l selenata oziroma selenita, kažejo med zgoraj označenimi obravnavanji.

Na sliki 8 vidimo, da so povprečne mase (g/100 kalic) tatarske ajde, iz semen, ki smo jih namakali v 5 mg/l selenata oziroma selenita višje kot pri kontroli (slika 7). Kalice tatarske ajde so najboljše uspevale na dnevni svetlobi brez UV sevanja.

V temi in na dnevni svetlobi brez UV sevanja ima večji vpliv na rast kalic tatarske ajde selenat, pri izpostavitvi kalic dnevni svetlobi z UV sevanjem pa selenit.

Slika 9 prikazuje primerjavo suhih mas kalic tatarske ajde, iz semen, ki so bila namakana v 10 mg/l selenata oziroma selenita, pri različnih svetlobnih razmerah.

Tabela 14 prikazuje značilnost razlik suhih mas kalic, ki so se razvijale v zgoraj navedenih razmerah. Kalice tatarske ajde so najlepše uspevale v temi.



Slika 9: Primerjava suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale v temi, na dnevni svetlobi brez UV-B sevanja in na dnevni svetlobi z UV-B sevanjem, iz semen, namakanih v 10 mg/l selenata oziroma selenita.

Tabela 14: Primerjava značilnih razlik suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale na temi (T), dnevni svetlobi brez UV-B sevanja (S) in dnevni svetlobi z UV-B sevanjem (UV), iz semen, namakanih v 10 mg/l selenata oziroma selenita.

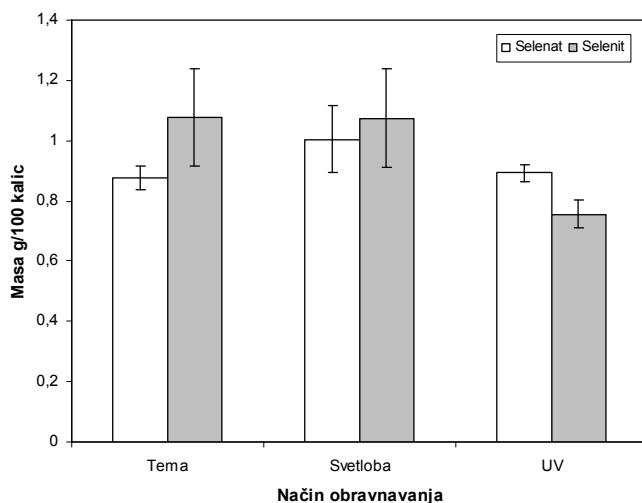
10 mg/l	T(Selenat)	S(Selenat)	UV(Selenat)
T(Selenit)	0,9281	0,4175	0,1795
S(Selenit)	0,4910	0,6818	0,4159
UV(Selenit)	0,0334*	0,00007**	0,0716
*<0,05; **<0,01			

Iz tabele 14 je razvidno, da se značilne razlike v suhi masi kalic tatarske ajde, ki rastejo iz semen namakanih v 10 mg/l selenata oziroma selenita, kažejo med zgoraj označenimi obravnavanji.

Povprečne mase (g/100 kalic) tatarske ajde, iz semen, ki smo jih namakali v 10 mg/l selenata oziroma selenita (Slika 9), so večinoma višje kot pri kontroli (slika 7) in pri masi kalic, ki smo jih obravnavali s 5 mg/l selenata oziroma selenita (slika 8). V temi, na dnevni svetlobi brez dodanega UV sevanja in na dnevni svetlobi z UV sevanjem, ima dodajanje selenita manjši vpliv na rast kalic tatarske ajde kot selenat.

Slika 10 prikazuje primerjavo suhih mas kalic tatarske ajde, iz semen, ki so bila namakana v 30 mg/l selenata oziroma selenita, pri različnih svetlobnih razmerah.

Tabela 15 prikazuje značilnost razlik suhih mas kalic, ki so se razvijale v zgoraj navedenih razmerah. Kalice, ki smo jih izpostavili UV sevanju imajo višje mase kot tiste pri kontroli.



Slika 10: Primerjava suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale v temi, na dnevni svetlobi brez UV-B sevanja in na dnevni svetlobi z UV-B sevanjem, iz semen, namakanih v 30 mg/l selenata oziroma selenita.

Tabela 15: Primerjava značilnih razlik suhe mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijale na temi (T), dnevni svetlobi brez UV-B sevanja (S) in dnevni svetlobi z UV-B sevanjem (UV), iz semen, namakanih v 30 mg/l selenata oziroma selenita.

30 mg/l	T(Selenat)	S(Selenat)	UV(Selenat)
T(Selenit)	0,0204*	0,5019	0,0115*
S(Selenit)	0,0247*	0,5296	0,0146*
UV(Selenit)	0,0013**	0,0024**	0,00003**
*<0,05; **<0,01			

Iz tabele 15 je razvidno, da se značilne razlike v suhi masi kalic tatarske ajde, ki rastejo iz semen namakanih v 30 mg/l selenata oziroma selenita, kažejo med zgoraj označenimi obravnavanji.

Povprečne mase (g/100 kalic) tatarske ajde, iz semen, ki smo jih namakali v 30 mg/l selenata oziroma selenita, so višje kot pri nižjih koncentracijah (slika 10).

Povprečna masa kalic tatarske ajde, ki se razvijajo iz semen, namakanih v 30 mg/l selenita v temi in na svetlobi, je višja kot pri namakanju semen v selenatu. Pri kalicah tatarske ajde, ki so bile izpostavljene dnevni svetlobi z UV sevanjem, je učinek selenita manjši kot pri selenatu.

5 RAZPRAVA

Suhe mase (g/100 kalic) tatarske ajde, ki so se razvijale tako na svetlobi, kot tudi v temi ali na svetlobi ob izpostavitvi UVsevanju so bile najvišje pri najvišjih koncentracijah selenata in selenita, razen nekaterih izjem. Masa kalic, ki so se razvijale v temi, iz semen, namakanih v 30 mg/l je nižja od tistih, ki so bila namakana v 10 mg/l selenata.

Kalice, ki so bile izpostavljene dnevni svetlobi z UV sevanjem, in so se razvijale iz semen, namakanih v 5 mg/l selenita so lažje, kot pri kontroli.

Dodajanje selenita ima pri kalicah, ki se razvijajo v temi in na svetlobi brez UV sevanja pri vseh koncentracijah, večji vpliv na maso, kot dodajanje selenata. Pri izpostavitvi kalic dnevni svetlobi z UV sevanjem, so rezultati ravno obratni. Tukaj ima pri vseh koncentracijah večji vpliv na rast kalic namakanje semen v selenatu. Vzrok je verjetno v tem, da je selenat bolj dostopen pod UV sevanjem, selenit pa v temi in na svetlobi, saj Lemly in sodelavci (1993) navajajo, da je selenit bolj dostopen in 5-10 krat bolj toksičen od selenata.

Zanimivo je, da je masa kalic tatarske ajde v temi pri koncentraciji 10 mg/l selenata višja kot pri isti koncentraciji selenata na svetlobi. Vzrok za to bi lahko bil pojav etiolizacije, pri katerem pride do hitrejše rasti stebela, da bi rastlina čimprej prišla do svetlobe (Taiz in sodelavci, 2002), vendar je pri koncentraciji 30 mg/l selenata v temi masa manjša kot na svetlobi. Poleg tega sta pri koncentraciji 30 mg/l tako na svetlobi, kot v temi, pri selenitu masi podobni.

Slika 2 nam kaže, da je povprečne mas (g/100 kalic) pri kalicah tatarske ajde, ki so se razvijale iz semen, namakanih v destilirani vodi, okoli 0,6 pri rasti v temi, ter okoli 0,8 (slika 1), pri rasti na dnevni svetlobi brez UV sevanja. Pri namakanju semen v 5 mg/l selena, masa kalic na svetlobi ostane približno enaka (0,8 g/100 kalic), v temi pa masa poskoči z vrednosti 0,6 na vrednost 0,8 mg/100 kalic. Možno je, da v temi dodatek selena izboljša izrabo razpoložljivih hranljivih snovi iz semen in da zato kalice rastejo bolje.

Mase (g/100 kalic) tatarske ajde so pri kalicah obravnavanih z UV sevanjem v primerjavi s tistimi, ki so se razvijale v temi in na svetlobi brez UV pri vseh koncentracijah nižje. Zaradi poškodb, ki jih povzroči UV sevanje, rastline usmerijo energijo v popravljalne mehanizme, in ne v biomaso obenem pa UV sevanje vpliva tudi na rast (Gaberščik in sodelavci, 2002). Mlade rastline, ki rastejo brez UV sevanja, bolje izrabljajo selen za svoj metabolizem. To se kaže v povečani rasti poganjkov (Germ in sodelavci, 2007). Breznik in sodelavci (2005), Xue in sodelavci (2002) navajajo, da tretiranje s selenom omili negativen učinek UV-B sevanja in s tem povezano zniževanje biomase pridelka pri navadni ajdi. Pri nas je ta učinek viden pri tretiranju s 30 mg/l selenata.

Pri koncentracijah 5 in 30 mg/l selenita smo kalice tatarske ajde ločili na stebelca in klične liste. Pri vseh načinih obravnavanja opazimo, da imajo visoke koncentracije selenita pozitiven vpliv na rast stebelc tatarske ajde. Če primerjamo mase (g/100) stebelc

in kličnih listov tatarske ajde opazimo, da so v temi stebelca težja kot na svetlobi pri obeh koncentracijah. Pri rasti rastlin v temi pride do pojava etiolizacije. Pri kalicah v temi smo opazili, da so stebela na izgled bleđa in višja kot pri rasti na svetlobi, kar navajata tudi Taiz in sodelavci (2002). Morfologija teh rastlin se razlikuje od tistih na svetlobi. Hipokotil in internodiji so daljši, kotiledoni in listi se ne razširijo, kloroplasti ne dozoriijo. Proplastidi se v temi ne razvijejo v kloroplaste ampak v etioplaste, ki ne sintetizirajo klorofila, encimov in strukturnih proteinov, ki so potrebni za razvoj sistema tilakoid in sistema fotosinteze. Če rastline iz teme prestavimo na svetlobo, etioplasti dozoriijo v kloroplaste (Taiz in sodelavci, 2002). Poleg tega rastejo stebelca v temi na račun lastnih rezerv.

Klični listi, ki rastejo v temi, so pri obeh koncentracijah selenita težji od tistih, ki so izpostavljeni dnevni svetlobi z UV sevanjem. UV stres povzroči poškodbe celic listov, zato rastlina usmerja energijo za popravljanje napak, ne pa za večanje površine listov. Breznik in sodelavci (2005) navajajo, da UV radiacija povzroči zmanjšanje velikosti listov (zaradi poškodbe ravnega meristema in fotosintetskega aparata). Tako se zmanjša tarča, ki je

izpostavljena UV sevanju. Poveča se tudi debelina listov. Rastline so nižje rasti, ker pride do poškodbe ravnega meristema stebelc.

Klični listi (slika 5) so pri obeh koncentracijah selenita težji od stebelc (slika 4) pri vseh načinih tretiranja, na račun povečanja asimilacijske površine, ki je pomembna za boljši izkoristek fotosinteze.

Na svetlobi brez UV sevanja je masa stebelc tatarske ajde (g/100 stebelc) višja kot v temi in nižja kot pod UV.

Pri kalicah izpostavljenih UV sevanju je masa (g/100 stebelc) najmanjša, ker večino metabolne energije rastlina porabi za popraviljanje napak in ne za večanje biomase. Breznik in sodelavci (2005) navajajo, da imajo rastline različne načine popraviljalnih in varovalnih mehanizmov, odvisno od tarč na katere deluje UV-B sevanje. Sem vključujemo povečano biosintezo snovi, ki ščitijo pred radiacijo (kaempferol, luteolin, rutin, tricetin in apigenin), ki absorbirajo sevanje v obsegu 280-400 nm. UV-B sevanje vpliva na manjšo rast stebel pri navadni in tatarski ajdi. Inhibicija dolžin stebel, ki je inducirana z UV-B sevanjem je ali neposredna posledica poškodovanih proteinov, ali pa je inducirana s celičnimi signali, ki so rezultati poškodbe DNA ali oksidativnega stresa (Breznik in sodelavci, 2005). Ko je organizem pod stresom, potrebuje več energije, poveča se produkcija ATP in poraba O₂ v mitohondrijih (Germ in Gaberščik, 2003).

Če primerjamo mase (g/100 kalic) tatarske ajde med obravnavanji z različnimi koncentracijami selenita opazimo, da v temi masa kalic tatarske ajde enakomerno narašča pri povečevanju koncentracij od 0 do 30 mg/l. Pri kalicah, ki rastejo na dnevni svetlobi brez UV sevanja, iz semen namakanih v destilirani vodi in v 10 mg/l selenita, sta masi primerljivi, pri namakanju semen v 30mg/l selenita, pa je je masa kalic največja. Menim, da je zanimivo, da sta pri koncentraciji 30 mg/l selenita masi kalic, ki rastejo na svetlobi brez UV sevanja in v temi skorajda enaki. Pri izpostavitvi kalic UV sevanju so mase v primerjavi s temo in svetlobo brez UV sevanja manjše, ker stres poveča potrebo po energiji. Rastlina usmeri porabo energije

za popravljanje oksidativnih napak (Germ in Gaberščik 2003). Predvidevam, da je dodatek selena omilil oksidativne poškodbe pri koncentraciji 30 mg/l selenita, saj so mase kalic pri tej koncentraciji višje kot pri kontroli.

Visoke koncentracije (30 mg/l) selenata pozitivno vplivajo na rast kalic tatarske ajde. Torej pri tej koncentraciji še ni škodljivega vpliva selena na rast in razvoj kalic tatarske ajde.

Pri primerjavi med učinki obravnavanj z različnimi koncentracijami selenata in selenita opazimo, da pri kontroli kalice tatarske ajde najbolje uspevajo na svetlobi brez UV sevanja, saj zadostna količina svetlobe omogoči povečanje asimilacijske površine in s tem boljšo rast. Fotosintezni aparat pod optimalnimi razmerami učinkovito izrablja razpoložljivo svetlobo. Enako lahko opazimo pri ostalih koncentracijah, z izjemo 10 mg/l, selenata in selenita, kjer so mase kalic, ki se razvijajo v temi, nekoliko višje. Mase (g/100 kalic) tatarske ajde se povečujejo od tretiranja s koncentracijo 0 do 30 mg/l, razen nekaterih izjem. Kalice tatarske ajde, pri katerih smo semena namakali v 10 mg/l selenata oziroma selenita, so na svetlobi brez UV sevanja lažje kot pri namakanju v 5 mg/l.

Ugotovili smo tudi, da imajo kalice tatarske ajde, ki so izpostavljene UV sevanju, stebela izrazito rdeče barve, kaj je verjetno posledica povečanja količine antocianov. Tudi Kreft (1995) navaja, da so stebelca tatarske ajde obarvana rdečkasto, če so izpostavljena večji osončenosti oziroma rastejo na višji nadmorski višini. V temi in na svetlobi (brez UV sevanja) tega pojava nismo opazili.

6 SKLEP

Rezultati naše raziskave kažejo, da višje koncentracije selenata in selenita pozitivno vplivajo na rast in razvoj kalic tatarske ajde. Ugotovili smo tudi, da ima v temi in na svetlobi pri vseh koncentracijah, razen pri 10 mg/l, selenit večji vpliv na suho maso kalic tatarske ajde, kot selenat. S temi rezultati smo potrdili hipotezo, da imata selenat in selenit pri različnih koncentracijah različne učinke na rast in razvoj kalic tatarske ajde.

Stebelca, ki so se razvijala v temi, so zaradi pojava etiolizacije težja kot tista, ki rastejo na dnevni svetlobi z ali brez UV sevanja. Klični listi pa so težji na dnevni svetlobi brez UV sevanja, zaradi povečanja asimilacijske površine. S to ugotovitvijo smo potrdili hipotezo, da pri izpostavitvi kalic različnim svetlobnim razmeram pričakujemo različne učinke na njihovo rast in razvoj.

Če primerjamo mase kalic tatarske ajde, ki so se razvijala v temi, z maso kalic na dnevni svetlobi z ali brez UV sevanja ugotovimo, da je v temi masa kalic tatarske ajde (g/100 kalic) manjša kot na svetlobi brez UV sevanja in večja kot na svetlobi z UV sevanjem, zato moramo hipotezo, pri kateri smo predvideli, da pri kalicah tatarske ajde, ki se razvijajo v temi, pričakujemo manjše razlike v učinkih, kot pri tistih, ki so bile izpostavljene svetlobi brez UV sevanja ali povišani koncentraciji UV sevanja, zavrnilo.

Dodatek selena je omilil poškodbe zaradi UV sevanja pri koncentraciji 30 mg/l, saj so mase kalic pri tej koncentraciji višje kot pri kontroli. Do podobnih ugotovitev so prišli tudi Breznik in sodelavci (2005), Xue in sodelavci (2002), ki navajajo, da obravnavanje s selenom omili negativen učinek UV-B sevanja in s tem povezano zniževanje biomase pridelka pri navadni ajdi.

Ugotovili smo tudi, da imajo kalice tatarske ajde, ki so izpostavljene UV sevanju, stebila izrazito rdeče barve, kaj je posledica povečanja količine antocianov. Tudi Kreft (1995) navaja, da so stebelca tatarske ajde obarvana rdečkasto, če so izpostavljena večji osončenosti

oziroma rastejo na višji nadmorski višini. V temi in na svetlobi brez UV sevanja tega pojava nismo opazili.

7 POVZETEK

Selen je esencialen mikroelement, ki je v majhnih količinah nujno potreben za pravilno delovanje človeškega organizma. Glavni vir selena so živila z veliko vsebnostjo beljakovin, predvsem drobovina, meso, jajca, morski sadeži. Njegova vsebnost v rastlinah je različna in odvisna od vsebnosti elementa v tleh in sposobnosti rastline za privzem. Od vsebnosti selena v tleh pa je odvisna količina tega elementa v prehrani ljudi in živali. Ker Slovenija spada v območje s pomanjkanjem selena v tleh, bi bilo smiselno dodajanje tega elementa v prehrano. Tatarska ajda ima že sama po sebi visoko biološko vrednost. Vsebuje veliko beljakovin, surovih vlaken, vitaminov B1, B2 in B6, in več antioksidantov (rutin) kot navadna ajda. Z dodajanjem selena bi lahko še povečali njeno vrednost, in vplivali na boljše zdravje ljudi. Veliko časa je bila zaradi svojega trpkega okusa v prehrani prezrta, vendar so ljudje vse bolj ozaveščeni in pazijo, s čim se prehranjujejo. Ajdo bi lahko uporabili tudi za čaj ali njene mlade liste kot zelenjavo.

V poskusu smo semena tatarske ajde namakali v raztopinah z različnimi koncentracijami selena v obliki natrijevega selenata ali natrijevega selenita. Za kontrolo smo uporabili semena, ki so bila namočena v destilirano vodo. Želeli smo ugotoviti, kako različne koncentracije vplivajo na rast kalic tatarske ajde. Zanimalo nas je tudi, kako UV sevanje vpliva na rast in razvoj tatarske ajde. Za kontrolo smo uporabili rastline, ki smo jih pustili rasti na svetlobi brez povečane količine UV sevanja, ter v temi.

Rezultati so pokazali, da višje koncentracije selena pozitivno vplivajo na rast kalic tatarske ajde. Prišli smo tudi do ugotovitve, da ima v temi in na svetlobi pri vseh koncentracijah, razen pri 10 mg/l, selenit večji vpliv na rast kalic tatarske ajde, kot selenat. Ko smo primerjali maso stebelc in kličnih listov smo ugotovili, da so stebelca najtežja v temi pri koncentraciji 30 mg/l selenita, klični listi pa pri isti koncentraciji na svetlobi. Pri izpostavitvi UV sevanju se pozitiven učinek na dodajanja selena kaže pri najvišjih koncentracijah, saj so mase kalic tukaj težje kot pri kontroli.

8 PRENOS PRIDOBLENEGA ZNANJA NA POUČEVANJE V OSNOVNI ŠOLI

8.1 ANALIZA UČNIH NAČRTOV

Z analizo učnih načrtov sem želela ugotoviti, kako bi lahko temo svoje diplomske naloge uporabila pri pouku v osnovni šoli. Ker je raztopina natrijevega selenata in natrijevega selenita preveč nevarna za delo v osnovni šoli, sem se odločila, da temo diplomskega dela navežem na mineralna hranila, ki so nujno potrebna za pravilno rast in razvoj rastlin. Elemente delimo na esencialne, ki so nujno potrebni vsem rastlinskim vrstam in brez katerih rastline ne morejo zaključiti življenjskega cikla, ter koristne, ki stimulirajo rast in razvoj določenih rastlinskih vrst (Na, Si, Se). Med esencialne elemente spadajo med drugim tudi N, P in K, ki se nahajajo v mineralnih gnojilih. V učni enoti bomo semena koruze in fižola zalivali z različnimi koncentracijami mineralnega gnojila in skupaj z učenci ugotovili, da priporočene koncentracije gnojila pospešijo rast in razvoj rastlin, prevelike koncentracije pa lahko delujejo kot strupi za rastline, in s tem posredno na okolje in človeka. Z razumevanjem škodljivosti prekomernega gnojenja se učenci naučijo zaznavati okoljske probleme, in tako razvijajo odgovoren odnos do okolja. Na ta način pri učencih spodbudimo zanimanje za njegovo aktivno varovanje. Za kontrolo bomo uporabili rastline, ki jih bomo zalivali z vodo brez dodanega gnojila. Tako bomo lahko pri kontroli, pri kateri bomo nekaj semen pustili kaliti na ovlaženem papirju, spremljali razvoj eno- in dvokaličnic od semena do odrasle rastline, ter si ogledali njihove značilnosti.

Pregledala sem učne načrte naslednjih predmetov v osnovni šoli: Naravoslovje za 6. in 7. razred, Biologija za 8. in 9. razred, ter izbirni predmeti Raziskovanje organizmov v domači okolici, Organizmi v naravi in umetnem okolju, Rastline in Človek, ter Dedovanje. Poiskala sem operativne in splošne cilje predmetov, ki jih lahko dosežemo pri pouku s temo Vpliv hranil na rast rastlin, ki jo obravnavamo v 6. razredu pri predmetu naravoslovja.

8.1.1 Učna tema: VRT

Učenci v 6. razredu pri učni temi vrt spoznajo osnovno zgradbo semen, razlikujejo med semeni eno- in dvokaličnic, spremljajo razvoj rastline in njenih organov, ter spoznavajo pogoje, ki so potrebni za rast rastlin (spoznajo pomen ustreznega gnojenja za rast rastlin).

8.1.2 Izbirna učna tema: RASTLINJAK

Učenci v 6. razredu pri izbirni učni temi rastlinjak spoznajo, da potrebujejo rastline za svojo rast vodo, svetlobo, primerno temperaturo, zrak in mineralne snovi in na konkretnih primerih ugotovijo razliko med listi eno- in dvokaličnic.

8.1.3 Učna tema: NJIVA IN POLJE

Učenci se v 6. razredu pri učni temi njiva in polje seznanijo z naravnimi in mineralnimi gnojili, ugotovijo prisotnost dušika v naravnih in umetnih gnojilih, znajo uporabljati navodila za uporabo zaščitnih sredstev in gnojil, spoznajo, da se mnoga kemijska zaščitna sredstva kopičijo v živih bitjih.

8.2 NAČRTOVANJE DEJAVNOSTI UČENCEV

8.2.1 Vpliv hranil na rast rastlin

Cilji:

Učenci:

- spoznavajo pogoje , ki so potrebni za rast rastlin (voda, svetloba, primerna temperatura, zrak in mineralne snovi),
- spoznajo pomen ustreznega gnojenja za rast rastlin,
- znajo uporabljati navodila za uporabo gnojil,
- spoznajo, da se mnoga gnojila kopičijo v živih bitjih.

Navodila za učitelja

Metode in oblike dela:

Metoda razgovora

Metoda dela s tekstom

Frontalna oblika

Skupinsko delo

Pripomočki za delo:

2 petrijevki,

Vpojen papir

Škropilnik za vlaženje

Prst

Semena koruze in fižola

Mineralno gnojilo (Substral, Valentin, ...)

Plastična banjica (6x) (od sladoleda)

Folija za živila

Posoda za zalivanje (3x)

Časopis za zaščito mize med pripravo eksperimenta

Zaščitne rokavice

Vodoodporen flumaster

Potek dela in časovna razporeditev

- 1 šolska ura za pripravo eksperimenta
- Spremljanje učencev pri opazovanju rastlin in beleženju opažanj skozi šolsko leto
- 1 šolska ura za analizo rezultatov in pogovor o okoljskem problemu prekomernega gnojenja

Priprava učencev

- Z metodo razgovora ugotovimo, koliko že vedo o mineralnih gnojilih.
- Učence seznanimo z nalogami, ki jih bodo naredili.
- Opozorimo jih na pravilno rokovanje z mineralnim gnojilom in navodili za uporabo.
- Učenci spoznajo, da je v mineralnih gnojilih prisoten dušik.
- Oblikujemo delovne skupine.

Delo med kalitvijo in rastjo rastlin med šolskim letom

- Opazovanje rasti stebelca, korenice in kličnih listov (v petrijevkah).
- Opazovanje razporeditve žil pri stebelu eno- in dvokaličnic (prečni prerez pod mikroskopom).
- Opazovanje razporeditve listnih žil pri eno- in dvokaličnicah.
- Opazovanje in beleženje razlik pri različnih koncentracijah mineralnega gnojila. Opazanja primerjajo s kontrolnima skupinama.
- Ko bodo razlike med različnimi tretiranci očitne, se z učenci pogovorimo o:
 - pomenu ustreznega gnojenja na rast rastlin,
 - kako prevelika koncentracija mineralnega gnojila vpliva na rast rastlin,
 - izpostavimo ekološki problem onesnaževanja podtalnice z mineralnimi gnojili in kako bi ta problem rešili.

SKLEP:

Učna enota Vpliv hranil za rast rastlin je dobro izhodišče za doseganje velikega števila učnih ciljev pri predmetu Naravoslovje v 6. razredu. S to učno enoto se lahko dotaknemo tako zgradbe semen, stebela in listov eno- in dvokaličnic, kot pogojev, ki jih rastlina potrebuje za normalno rast in razvoj. Ob zaključku in pri analizi rezultatov se lahko dotaknemo še ekološkega problema prekomernega gnojenja in razvijamo zavest za odgovoren odnos do okolja.

8.3 DELOVNI LIST ZA UČENCE 6. RAZREDA

VPLIV HRANIL NA RAST RASTLIN

1. skupina:

V 2 petrijevki položi vpojni papir v večih slojih in ga navlaži s škropilnikom. V eno petrijevko položi 7 semen fižola, v drugo pa po 10 koruznih zrn. Petrijevko še enkrat navlaži, tako da bodo tudi semena vlažna in jo pokrij s pokrovčkom. Petrijevki položi na svetlo in toplo mesto. Ob pomoči učitelja opazuj, kaj se dogaja. Poskrbi, da bo vpojni papir ves čas opazovanja dovolj navlažen.

9 LITERATURA

- Bonafaccia G., Gambelli L., Fabjan N., Kreft I. 2003. Trace elements in flour and bran from common and tartary buckwheat. *Food chemistry*, 83: 1-5.
- Bonafaccia G., Marocchini M., Kreft I. 2003. Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat. *Food chemistry*, 80: 9-15.
- Brenčič J., Lazarini F. 1995. Splošna in anorganska kemija. Ljubljana, DZS: 220 str.
- Breznik B., Germ M., Gaberščik A., Kreft I. 2004. The combined effects of elevated UV-B radiation and selenium on Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*) habitus. *Fagopyrum*, 21: 59-64.
- Breznik B., Germ M., Gaberščik A., Kreft I. 2005. Combined effects of elevated UV-B radiation and the addition of selenium on common (*Fagopyrum esculentum* Moench) and tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.). *Photosynthetica*, 43: 583-589.
- Ellis D.R., Salt D.E. 2003. Plants, selenium and human health. *Current opinion in plant biology*, 6: 273-279.
- Fabjan N., Rode J., Košir I.J., Wang Z., Zhang Z., Kreft I. 2003. Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) as a source of dietary rutin and quercitrin. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51: 6452-6455.
- Finley J., Ip C., Lisk D.J., Davis C.D., Hintze K.J., Whagner P.D. 2001. Cancer- protective properties of high selenium broccoli. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49: 2679-2683.
- Gaberščik A., Vončina M., Trošt Sedej T., Germ M., Björn L. O. 2002 Growth and production of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) treated with reduced, ambient, and enhanced UV-B radiation. *J. photochem. photobiol., B Biol.*, 66, no. 1: 30-36.
- Germ M., Gaberščik A. (1990), 2003. Dihalni potencial - kazalnik stresa pri rastlinah = Respiratory potential - indicator of stress in plants. *Zb. Bioteh. fak. Univ. Ljubl., Kmet. let.* 81, št. 2: 335-339.
- Germ M., Kreft I., Osvald J. 2005. Influence of UV-B exclusion and selenium treatment on photochemical efficiency of photosystem II, yield and respiratory potential in pumpkins (*Cucurbita pepo* L.). *Plant physiology and biochemistry*, 43: 445-448.
- Germ. M., Stibilij V., Kreft. I. 2007. Metabolic importance of selenium for plants. *The european journal of plant science and biotechnology*, 1: 91-97.

Germ M., Stibilij V., Osvald J., Kreft I. 2007. Effect of selenium foliar application on Chicory (*Cichorium intybus* L.). Journal of agricultural and food chemistry, 55: 795-798.

Hartikainen H., Xue T., 1999. The promotive effect of selenium on plant growth as triggered by ultraviolet irradiation. J. Environ. Qual, 28: 1272-1275.

Hartikainen H., Xue T., Piironen V. 2000. Selenium as an antioxidant and pro-oxidant in ryegrass. Plant soil, 225: 193-200.

Hsu C.K., Chiang B.H., Chen Y.S., Yang J.H., Liu C.L. 2008. Improving the antioxidant activity of buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) sprout with trace element water. Food chemistry, 108: 633-641.

Hu Q.H., Xu J., Pang G.X. 2003. Effect of selenium on the yield and quality of green tea leaves harvested in early spring. Journal of agricultural and food chemistry, 51: 3379-3381.

Ip C., Lisk D.J. 1994. Enrichment of selenium in allium vegetables for cancer prevention. Carcinogenesis, 15: 1881-1885.

Kreft I. 1995. Ajda. Ljubljana, ČZD Kmečki glas:112 str.

Kreft S., Štrukelj B., Gaberščik A., Kreft I. 2002. Rutin in buckwheat herbs grown at different UV-B radiation levels: comparison of two UV spectrophotometric and an HPLC method. J. Exp. Bot., vol. 53, no. 375: 1801-1804.

Lemly AD.2002. Selenium Assesment in Aquatic Ecosystems - A guide for Hazard Evaluation and Water Quality Criteria, Springer - Verlag, New York, 161 pp.

Lemly AD, Finger SE, Nelson MK. 1993. Sources and impacts of irrigation drainwater contaminants in arid wetlands. Environmental Toxicology and Chemistry, 12: 2265-2279.

Lyons G.H., Gene Y., Stangoulis J.C.R., Palmer L.L., Graham R.D. 2004. Selenium distribution in wheat grain, and the effect of postharvesting processing on wheat selenium content. Biological trace elements search, 103: 155-168.

Nowak J., Kaklewski K., Ligocki M., 2004. Influence of selenium on oxidoreductive enzymes activity in soil and in plants. Soil. Biol. Biochem., 36: 1553-1558.

Pravilnik o krmnih dodatkih. Ur.l.RS št. 47/05

Pennanen A., Xue T., Hartikainen H. 2002. Protective role of selenium in plant subjected to severe UV irradiation stress. J. Appl. Bot., 76: 66-76.

Reid M.E., Stratton M.S., Lillico A.J., Fakih M., Natarajan R., Clark L.C., Marshall J.R. 2004. A report of high-dose selenium supplementation: response and toxicities. *Journal of trace elements in medicine and biology*, 18: 69-74.

Smrkolj P., Germ M., Kreft I., Stibilij V. 2006. Respiratory potential and Se compounds in pea (*Pisum sativum* L.) plants grown from Se-enriched seeds. *Journal of Experimental Botany*, 57: 3595-3600.

Smrkolj P., Pograjc L., Hlastan Ribič C., Stibilij V. 2005. Selenium content in selected Slovenian foodstuffs and estimated daily intakes of selenium. *Food chemistry*, 90: 691-697.

Tadina N., Germ M., Kreft I., Breznik B., Gaberščik A. 2007. Effects of water deficit and selenium on common buckwheat (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.) plants. *Photosynthetica*, 45: 472-476.

Taiz and Zeiger. 2002. *Plant physiology*. 3rd edition. Sunderland, Massachusetts, Sinauer associates, Inc: 375, 508.

Terry N., Zayed A., De Souza M.P., Tarun A.S. 2000. Selenium in higher plants. *Annual reviews of plant physiology and molecular biology*, 51: 401-432.

Tinggi U. 2003. Essentiality and toxicity of selenium and its status in Australia: a review. *Toxicology letters*, 137: 103-110.

Uden P.C., Boakye H.T., Kahakaohchi C., Tyson J.F. 2004. Selective detection and identification of Se containing compounds - review and recent developments. *Journal of chromatography A*, 1050: 85-93.

Xue T., Hartikainen H. 2000. Association of antioxidative enzymes with the synergistic effect of selenium and UV irradiation in enhancing plant growth. *Agric. Food Sci. Finl.*, 9: 177-186.

Xue T., Hartikainen H., Piironen V. 2001. Antioxidative and growth-promoting effect of selenium in senescing lettuce. *Plant and soil*, 237: 55-61.

<http://www.zrss.si>

http://www.zrss.si/pdf/NAR_naravoslovje_6.pdf (22.08.2009)