

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Luka JERAS

**OPTIMIZACIJA STRATIFIKACIJSKIH
POSTOPKOV TER ZAČETNE RASTI IN RAZVOJA
PRI IZBRANIH GORSKIH RASTLINAH**

MAGISTRSKO DELO

Magistrski študij – 2. stopnja

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Luka JERAS

**OPTIMIZACIJA STRATIFIKACIJSKIH POSTOPKOV TER
ZAČETNE RASTI IN RAZVOJA PRI IZBRANIH GORSKIH
RASTLINAH**

MAGISTRSKO DELO
Magistrski študij – 2. stopnja

**OPTIMISATION OF STRATIFICATION METHODS, GROW AND
DEVELOPMENT OF SELECTED MOUNTAIN PLANTS SPECIES**

M. SC. THESIS
Master Study Programmes

Ljubljana, 2016

Magistrsko delo je zaključek Magistrskega študijskega programa 2. stopnje Hortikulture. Delo je bilo opravljeno na Katedri za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja magistrskega dela imenovala prof. dr. Gregorja OSTERCA.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednica: prof. dr. Metka HUDINA

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Gregor OSTERC

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: doc. dr. Klemen ELER

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

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

Luka JERAS

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Du2
- DK UDK 635.92(23):631.547.1:631.811.98(043.2)
- KG Dormanca / stratifikacijski postopki / gorske rastline / kalitev
- AV JERAS, Luka
- SA OSTERC, Gregor (mentor)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- LI 2016
- IN OPTIMIZACIJA STRATIFIKACIJSKIH POSTOPKOV TER ZAČETNE RASTI
IN RAZVOJA PRI IZBRANIH GORSKIH RASTLINAH
- TD Magistrsko delo (Magistrski študij - 2. stopnja)
- OP IV, 37 str., 3 pregl., 11 sl., 37 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI Gorske rastline bi bile lahko potencialno pomemben in zanimiv del ponudbe v okrasnem vrtnarstvu. Gorske rastline so specifične, saj zahtevajo drugačne razmere za uspešno rast kot druge trajnice. Zaradi težavnejših okoljskih razmer rastline v visokogorju rastejo počasi, njihov razvoj iz semena pa je dolgotrajen. Semena kalijo le v ustreznih razmerah, zato je za uspešno gojenje sadik gorskih okrasnih rastlin treba natančno analizirati posamezne tehnološke faze. Za gorske rastline je značilna dormanca semen, ki preprečuje kalitev v razmerah, neugodnih za rast in razvoj. Poskus smo opravili v dveh delih, leta 2013 in leta 2015, z gorskimi rastlinami: *Linaria alpina* L. Mill., *Gentiana lutea* L., *Arnica montana* L., *Androsace integra* (Maxim.) Hand.-Mazz., *Campanula alpina* Jacq. in *Dianthus sylvestris* Wulf. S stratifikacijskimi postopki (namakanje v giberelinski kislini, brušenje semen, hladna stratifikacija) smo v štirih obravnavanjih skušali vplivati na odpravo dormance in preučevali uspešnost kalitve. Semena treh vrst (*Gentiana lutea* L., *Androsace integra* (Maxim.) Hand.-Mazz., *Campanula alpina* Jacq.) pri nobenem od postopkov niso kalila, opazili pa smo okuženost semen z mikroorganizmi. Ta je bila posebno izrazita po namakanju v giberelinski kislini. Vzklile so tri vrste: alpska madronščica (*Linaria alpina* L. Mill.), divji klinček (*Dianthus sylvestris* Wulf.) in arnika (*Arnica montana* L.). Divji klinček je vzklil le v naravnih razmerah v nižini, druge v kontroliranih razmerah.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- ND Du2
- DC UDC 635.92(23):631.547.1:631.811.98(043.2)
- CX Dormancy / stratification methods / mountain plants / germination
- AU JERAS, Luka
- AA OSTERC, Gregor (supervisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
- PY 2016
- TI OPTIMISATION OF STRATIFICATION METHODS, GROW AND DEVELOPMENT OF SELECTED MOUNTAIN PLANTS SPECIES
- DT M. Sc. Thesis (Master Study Programmes)
- NO IV, 37 p., 3 tab., 11 fig., 37 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB Alpine plants could potentially take an important and interesting part in the ornamental gardening. However, contrary to usual perennials, alpine plants are specific in their requirement of different conditions for successful growth. As a result of the conditions in their natural mountain environment, plants grow and develop slower. Seeds germinate only in suitable conditions, so respective technological phases need to be well analysed for a successful cultivation of ornamental alpine seedlings. For alpine plants, dormancy of seeds is characteristic, preventing germination in conditions unfavourable for further growth and development. In 2013 and 2015, a two-part experiment was conducted with the following alpine plants: *Linaria alpina* L. Mill., *Gentiana lutea* L., *Arnica montana* L., *Androsace integra* (Maxim.) Hand.-Mazz., *Campanula alpina* Jacq. and *Dianthus sylvestris* Wulf. Germination was studied in four treatments where we tried to break dormancy by using different stratification processes (soaking in gibberellic acid, grinding seeds, cold stratification). Seeds of three plant species (*Gentiana lutea*, *Androsace integra*, *Campanula alpina*) failed to germinate, irrespective of the stratification processes applied. However, microorganism infection of seeds was observed, which was particularly pronounced after the gibberellic acid soak treatment. Germinated three species, alpine toadflax (*Linaria alpina*), woodland pink (*Dianthus sylvestris*) and alpine arnica (*Arnica montana*).

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE.....	V
KAZALO SLIK.....	VII
KAZALO PREGLEDNIC.....	VIII
1 UVOD	1
1.1 VZROK ZA RAZISKAVO.....	1
1.2 NAMEN RAZISKAVE.....	1
1.3 DELOVNA HIPOTEZA	1
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 RAZMNOŽEVANJE RASTLIN S SEMENI	3
2.2 FIZIOLOŠKI RAZVOJ SEMEN	3
2.3 DORMANCA SEMEN	3
2.3.1 Vzroki dormance semen	4
2.3.2 Funkcija dormance	5
2.3.2.1 Dormanca pri gorskih rastlinah	7
2.3.3 Mikroorganizmi in dormanca semen	9
2.3.4 Odprava nezmožnosti kalitve (stratifikacijski postopki).....	10
2.3.4.1 Brušenje semen	10
2.3.4.2 Namakanje v giberelinski kislini.....	10
2.3.4.3 Toplo-hladna stratifikacija	11
2.4 KALITEV.....	11
2.4.1 Dostopnost vode med kalitvijo	12
2.4.2 Pomen temperature za kalitev semen.....	13
2.4.3 Vpliv svetlobe na kalitev semen	14
2.4.4 Vpliv klimatskih sprememb	14
2.4.5 Mikrotopografija površja tal.....	15
3 MATERIAL IN METODE.....	17
3.1 MATERIAL	17
3.2 ZASNOVA POSKUSA.....	18
3.2.1 Poskus na prostem 2013.....	18

3.2.2	Kalilni poskus v rastni komori 2015	18
3.2.2.1	Spremljanje rasti rastlin iz kalilnega poskusa	19
3.3	STATISTIČNA ANALIZA	19
4	REZULTATI	21
4.1	POSKUS NA PROSTEM	21
4.2	POSKUS V RASTNI KOMORI	24
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	29
5.1	RAZPRAVA	29
5.2	SKLEPI	31
6	POVZETEK	33
7	VIRI	35
	ZAHVALA	

KAZALO SLIK

str.

Slika 1: Alpska madronščica ob vzniku na prostem, april 2014	21
Slika 2: Alpska madronščica ob začetku cvetenja in poznem cvetenju v prvem letu po setvi na prostem, 2014	22
Slika 3: Cvetova alpske madronščice iz poskusa na prostem.....	23
Slika 4: Cvetovi alpske madronščice v visokogorju slovenskih Alp (očitna je razlika v barvi med slikami 3 in 4).....	23
Slika 5: Divji klinček (<i>Dianthus sylvestris</i> Wulf.) iz poskusa na prostem ob polnem cvetenju, 2015.....	24
Slika 6: Kalitev, okužba in nespremenjena semena (ni kalitve) pri vrsti navadna arnika (<i>Arnica montana</i> L.) za posamezna obravnavanja brez hladnega tretiranja (nehlajeno) in pri hladnem tretiranju (hlajeno)	25
Slika 7: Kalitev, okužba in nespremenjena semena (ni kalitve) pri vrsti alpska madronščica (<i>Linaria alpina</i> Mill.) za posamezna obravnavanja brez hladnega tretiranja (nehlajeno) in pri hladnem tretiranju (hlajeno).....	26
Slika 8: Kalitev, okužba in nespremenjena semena (ni kalitve) pri vrsti košutnika (<i>Gentiano lutea</i> L.) za posamezna obravnavanja brez hladnega tretiranja (nehlajeno) in pri hladnem tretiranju (hlajeno)	26
Slika 9: Kalitev, okužba in nespremenjena semena (ni kalitve) pri vrsti košutnik (<i>Gentiano lutea</i> L.) iz prvega poskusnega leta za posamezna obravnavanja brez hladnega tretiranja (nehlajeno) in pri hladnem tretiranju (hlajeno).....	27
Slika 10: Kalitev, okužba in nespremenjena semena (ni kalitve) pri vrsti zvončnica (<i>Campanula alpina</i> Jacq.) za posamezna obravnavanja brez hladnega tretiranja (nehlajeno) in pri hladnem tretiranju (hlajeno).....	28
Slika 11: Kalitev, okužba in nespremenjena semena (ni kalitve) pri vrsti oklep (<i>Androsace integra</i> (Maxim.) Hand.-Mazz.) za posamezna obravnavanja brez hladnega tretiranja (nehlajeno) in pri hladnem tretiranju (hlajeno).....	28

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Pregled 28 gorskih rastlinskih vrst glede na prevladujoči tip in raven dormance (ND = ni dormantna; FD = fiziološka dormanca; MFD = morfološko-fiziološka dormanca in FI = fizična dormanca) (Schwienbacher in sod., 2011).....	8
Preglednica 2: Prikaz rezultatov kalivosti posameznih rastlin pri poskusu na prostem, spomladi 2014	21
Preglednica 3: Rast in razvoj rastlin alpske madronščice (<i>Linaria alpina</i> Mill.) v drugem letu, 2015.....	22

1 UVOD

1.1 VZROK ZA RAZISKAVO

Uspešno trženje sadik postaja vedno pomembnejši segment v okrasnem vrtnarstvu. Okrasni vrtnarji zato ves čas iščejo načine, s katerimi bi lahko povečali zanimanje kupcev za njihove rastline. Eden izmed pomembnih takšnih načinov je iskanje novih, zanimivih vrst rastlin, za katere lahko računamo, da bi jih kupci dobro sprejeli in bi zato z njimi lahko razširili ponudbo.

Gorske rastline bi bile lahko takšen pomemben del ponudbe v okrasnem vrtnarstvu in bi lahko zapolnile nekatere tržne vrzeli. Vrtnarjem so lahko gorske rastline poseben izziv, saj jim pomagajo razširiti ponudbo rastlinskih vrst in jim s tem povečujejo aktualnost. Pomembno pa je vedeti, da so gorske rastline specifične, saj zahtevajo drugačne razmere za uspešno rast kot običajne trajnice.

Zaradi težavnejših okoljskih razmer (velikih temperaturnih razlik, kratkega ravnega obdobja, majhne količine humusa, močnega sevanja itd.) rastline v visokogorju rastejo počasi, njihov razvoj iz semena pa je dolgotrajen. Semena večine vrst kalijo le v ustreznih razmerah (ne kalijo takoj, temveč šele po določenem obdobju nizkih temperatur ali obdobju padavin, ob ustrezni svetlobi in temperaturi).

Za uspešno gojenje sadik gorskih okrasnih rastlin je treba natančno analizirati posamezne tehnološke faze, kalitev, začetno rast in razvoj ter nadaljnje gojenje rastlin. Širše gojenje sadik bi lahko steklo šele po optimizaciji razmer v vseh tehnoloških fazah za vsako posamezno rastlinsko vrsto.

1.2 NAMEN RAZISKAVE

Namen raziskave je ugotoviti, pri katerih razmerah izbrane gorske rastlinske vrste najboljše kalijo oziroma sploh kalijo. Zaradi evolucijske prilagoditve so gorske rastline razvile več načinov zamika kalitve zrelih semen. Preizkusiti je treba kalivost semen z različnimi stratifikacijskimi tehnikami. Ob uspešni kalitvi rastlinske vrste smo želeli preučiti njeno rast in razvoj v nižinskih razmerah in ugotoviti primernost za gojenje in prodajo.

1.3 DELOVNA HIPOTEZA

Pričakujemo, da nam bo s specifičnimi stratifikacijskimi postopki (izpostavitve nižjim temperaturam, namakanje semen v giberelinski kislini, brušenje semen) uspelo izboljšati kalivost semen posameznih vrst v primerjavi s semeni, ki jih izpostavimo naravnim vremenskim razmeram (setev na prosto), kjer so rastline izpostavljene morebitnim nizkim temperaturam. Z natančnejšo oskrbo rastlin po vzniku (kontrolirana oskrba) lahko dosežemo njihovo dobro rast in razvoj. Predpostavljamo, da bodo rastline spremenile svoj

habitus. Ta pojav imenujemo rastlinska plastičnost. Ta lastnost ni zaželena, saj po navadi želimo točno take rastline, kot rastejo na območjih izvora.

2 PREGLED OBJAV

2.1 RAZMNOŽEVANJE RASTLIN S SEMENI

Drugače kot pri nespolnem razmnoževanju, pri katerem nov osebek ohranja lastnosti matične rastline, pri spolnem razmnoževanju nov osebek nastane z združitvijo dveh celic, ki sta praviloma genetsko različni. Vsi osebki, ki nastanejo na novo, se med seboj genetsko razlikujejo. Raznolikost je osnova zmožnosti prilaganja spreminjajočemu se okolju. Zaradi tega povsod, kjer vlada med organizmi veliko tekmovanje in kjer se okoljske razmere spreminjajo, spolno razmnoževanje prevladuje nad nespolnim (Batič, 2013).

2.2 FIZIOLOŠKI RAZVOJ SEMEN

Pri fiziološkem razvoju semena poznamo tri faze, ki se lahko delno prekrivajo. Prva je akumulacijska faza, za katero je značilen močan metabolizem. V seme se iz različnih virov (listi, korenine, založni organi) premeščajo sladkorji, aminokisliline in hranila. Tvorijo se v vodi netopne snovi, ki predstavljajo zalogo energije in snovi za izgradnjo začetne biomase kalice. Glede na prevladujočo uskladiščeno snov razlikujemo škrobna, beljakovinska in oljna semena. Seme v prvi fazi razvoja večinoma zraste do končne velikosti in vsebuje 80 do 90 % vode. Sledi druga faza, osuševanje. Delež vode se zmanjša na 40 do 50 %. Tretja faza je dozorevanje, pri katerem se delež vode še dodatno zmanjša, na le 10 do 20 %. Seme dokončno dozori, pri čemer se utrdi endosperm, embrio se diferencira in zraste do končne velikosti. Semenu močno naraste sposobnost kalitve. Semena mnogih rastlinskih vrst niso takoj kaliva, čeprav bi razmere v okolju sicer dovoljevale kalitev. Ta pojav imenujemo mirovanje ali dormanca (Spethmann, 1997).

Prva faza razvoja semena vključuje delitev in diferenciacijo celic. Razvijata se embrio in endosperm. Druga faza se začne s koncem celičnih delitev in konča z izsušitvijo (tudi za 90 % količine vode v semenu). Pod vplivom abscizinske kisline se sintetizirajo proteini (angl.: late embryogenesis abundant proteins – LEA proteini), ki varujejo embrio pred izsušitvijo (Vodnik, 2012).

2.3 DORMANCA SEMEN

Počitek ali dormanca semen je pojav, zaradi katerega semena ne kalijo takoj, ko dozori, čeprav so razmere za kalitev ugodne. Dormanca semenom omogoči preživetje neugodnih razmer, poleg tega pa podaljša tudi čas za njihovo razširjanje (Vodnik, 2012).

Regeneracija iz semen ima bistven vpliv na raznolikost in sestavo rastlinskih združb. Eden izmed pomembnih mehanizmov za uspešen zamik kalivosti je dormanca semen (Fenner in Thompson, 2005).

2.3.1 Vzroki dormance semen

V osnovi poznamo tri različne tipe dormance. To so morfološka, fizična in fiziološka dormanca. Med morfološko dormanco je odvrženo seme nezrelo in lahko vzkali šele po obdobju rasti ali/in diferenciacije. Semena s fizično dormanco so obdana z neprepustnim perikarpom ali testo; njihov embrio zato ne vsebuje zadostne količine vode, dokler neprepustna plast ne počí in ne vstopi voda. Fiziološka dormanca preprečuje kalitev, dokler se v semenu ne spremeni kemijsko razmerje med hormoni. Tipi dormance so lahko tudi kombinirani. Kombinacija morfološke in fiziološke dormance je pri semenih pogosta, medtem ko je kombinacija fizične in fiziološke dormance redka. Kombinacija fizične in morfološke dormance je nemogoča. Fiziološka dormanca je povratna, drugi dve pa ne. Fiziološka dormanca na splošno omogoča bolj prilagodljiv odziv na okolje kot druga dva tipa dormance (Fenner in Thompson, 2005).

Debela semenska lupina, ki je nepropustna za vodo in pline, je razlog za fizično dormanco. Otrdelost lupine povzroča otrdela subkutikularna plast pod semensko lupino, ki je na zunanji strani sestavljena iz olesenelih parenhimskih celic z debelimi stenami, ki so lahko še dodatno zaščitene z voščeno prevleko na površini semenske lupine. V naravi se nepropustna semenska lupina poškoduje z menjavanjem letnih časov (zamrzovanje in odtaljevanje), z delovanjem talnih organizmov, ki semensko lupino razgradijo, z delovanjem prebavnih sokov različnih živali in s premikanjem čez talni profil, kjer se semena drgnejo ob delce tal (Osterc in Rusjan, 2013). Ptiči, opice in druge živali jedo plodove, ki se v njihovih prebavilih delno prebavijo, semena pa se izločijo. Za nekatere rastline je ključno, da se seme prenese daleč proč. Pri akaciji (*Vachellia tortilis*), ki raste v Afriki in ima značilno dežnikasto obliko, so semena v majhnih zvutih strokih. V strokih je zelo veliko beljakovin, zaradi tega so priljubljena hrana mnogih rastlinojedih živali. Semena, ki nepojedena obležijo na tleh, zelo redko vzklijejo ali pa sploh nikoli ne vzklijejo. Semena, ki jih je pojedla žival in so prišla skozi njena prebavila, skoraj vedno vzklijejo. Lahko bi mislili, da prebavni sokovi zmehčajo strok in semensko lupino, da lahko rastlina prodre na dan, vendar se razlog razkrije šele po podrobnejšem preučevanju. Ko akacijevi stroki popadajo z drevesa na tla, priletijo hroščki in odložijo jajčeca v hranljiv strok. Črvički, ki se izležejo, pa se hranijo z akacijevimi semeni. Zato vzklijejo le semena, ki jih zaužijejo živali; prebavni sokovi v njihovih prebavilih namreč pobijejo jajčeca hroščev. Ko so semena izločena, so rešena žuželk in pripravljena na kalitev. Vmes pa se živali še premikajo in razširjajo semena (Attenborough, 1996).

Semena mnogih vrst vsebujejo več vrst snovi, t. i. blastoholine, ki preprečujejo oziroma zavirajo kalitev. To so lahko eterična olja, kumarini, fenoli, organske kisline in hormoni (največkrat abscizinska kislina, ki deluje kot inhibitor). Kalitev je uspešna šele, ko se blastoholini inaktivirajo z izpiranjem z vodo oziroma jih razgradijo mikroorganizmi oz. prebavni sokovi v prebavilih ptičev in drugih živali. Tudi v takih primerih je za kalitev semen izredno pomembno, da so semena slastna hrana različnim živalim (Osterc in Rusjan, 2013).

Dormanco, ki izvira iz embrija, pogosto povezujemo s prisotnostjo hormonov inhibitorjev (npr. abscizinska kislina) in odsotnostjo promotorjev kalitve (npr. giberelini). Prekinitev dormance je največkrat povezana s spremembo razmerja med inhibitorjem in promotorjem

(Vodnik, 2012). Fenner in Thompson (2005) ta tip dormance označujeta z izrazom fiziološka dormanca. Osterc in Rusjan (2013) za lesnate rastline navajata, da je ta zaviralna hormonska razmerja mogoče umetno spremeniti z eno- do šestmesečno vlažno-hladno stratifikacijo pri 1 do 7 °C (Osterc in Rusjan, 2013).

Neustrezna hormonska razmerja se kot vzrok dormance pojavljajo predvsem pri vrstah rastlin, ki pred kalitvijo potrebujejo obdobje mraza. Med trajanjem nizkih temperatur se količina abscizinske kisline glede na količino giberelinov zmanjša. Dormanco takih semen lahko prekinemo z namakanjem v giberelinski kislini in pri tem ni potrebna hladna stratifikacija (Vodnik, 2012).

Osterc in Rusjan (2013) navajata, da je vzrok za morfološko dormanco iskati v nezrelem embriju. V zadnji fazi razvoja semen (faza dozorevanja) embrio običajno dokončno dozori. V nekaterih primerih pa se to ne zgodi in v tem primeru govorimo o fenomenu "nezrelega embrija". V naravi takšna semena vzkaliijo šele drugo pomlad po obiranju, saj poletne temperature v prvem letu po obiranju privedejo do dokončnega dozorevanja embrija.

2.3.2 Funkcija dormance

Primarna funkcija dormance semen je največkrat preprečitev kalitve semen v obdobjih, ki so neprimerna za kalitev in rast. Zahteva po zmerni (visoki) temperaturi za kalitev je zadosten mehanizem, da prepreči kalitev med hladno ali vročo in suho sezono. Ključna funkcija dormance je, da prepreči kalitev, ko so razmere zanjo trenutno sicer ugodne, vendar je možnost rasti in preživetja rastline v daljšem obdobju majhna.

Prava funkcija dormance vodi do zanimivih ugotovitev. Najbolj strogih zahtev za prekinitvev dormance ne najdemo med vrstami, ki doživijo najbolj izrazita in najdaljša neugodna obdobja. Semena z nizkih nadmorskih višin lahko začnejo kaliti, ne da bi vstopila v dormanco, med milo zimo; če se razmere poslabšajo, kalček oziroma rastlina propade. Na visokih nadmorskih višinah so zime hude in ostre, zato ni nevarnosti, da bi semena kalila pred pomladjo. Kljub vsemu taka semena kot dodaten varovalni mehanizem vseeno potrebujejo za kalitev višjo temperaturo. Prekinitvev morfološke dormance je povezana z rastjo ali diferenciacijo embria, medtem ko počena semenska lupina kaže prekinitvev fizične dormance. Fiziološke dormance ni mogoče tako zlahka opaziti. Lahko se nenehno spreminja v tleh in je po navadi povratna (Fenner in Thompson, 2005).

Dormanca je povezana s tem, kakšnim razmeram mora biti seme izpostavljeno, da lahko kali. Dormanca odraža zahtevnost semena za razmere, ki so potrebne za kalitev. Temperatura ima dvojno vlogo – uravnava dormanco in je pomembna pri kalitvi. Na primer: dormanca poletnih enoletnic je prekinjena z nizkimi temperaturami, vendar kalitev po navadi zahteva veliko višje temperature (Fenner in Thompson, 2005).

Pri semenu *Persicaria maculosa* S. F. Gray se dormanca prekine pozimi in lahko seme spomladi kali, če je izpostavljeno svetlobi. Če seme ostane v temi, bodo iste temperature, ki bi omogočale kalitev, dormanco ponovno vzpostavile. Nasprotno se dormanca zimskih enoletnic prekine z velikimi temperaturami. Prekinitvev dormance po navadi vključuje

postopno zmanjšanje minimalnih temperatur, ki zavirajo kalitev, kar skupaj s ponovnim mirovanjem pri majhnih temperaturah zagotavlja začetek kalitve zimskih enoletnic jeseni. To so rastline okolij z milimi zimami in vročimi, suhimi poletji. Pri večini zimskih ali poletnih enoletnic je dormanca sprožena in prekinjena z različnimi temperaturnimi območji, vendar ni razloga, da se dve območji ne bi mogli prekrivati (Kebreab in Murdoch, 1999).

Dormanca je odvisna od vrste dejavnikov, ki vplivajo na kalitev (svetloba, dušik, naraščajoče temperature). Seme lahko dejansko kroži iz dormance v dormanco leta ali celo desetletja brez kalitve.

Semena nekaterih vrst zelnatih stročnic s fizično dormanco kalijo spomladi, ko so semena v tleh. Laboratorijske raziskave so pokazale, da je dormanca prekinjena z naraščajočimi temperaturami. Ta odziv nastopi šele po predhodnem obdobju nizkih temperatur. Stročnice so primer klasičnega sezonskega cikla dormance (Fenner in Thompson, 2005).

Semena v sušnih predelih ne vzkalijo že po kratki plohi, saj bi v vročini hitro propadla. Preden semena vzkalijo, potrebujejo dolgo namakanje, ki obeta, da bodo imela precej časa vlago in torej možnost za preživetje (Attenborough, 1996).

Seme lahko pride v sekundarno dobo mirovanja (dormance), če po primarni dobi mirovanja razmere za kalitev niso ustrezne. Prehod v sekundarno dobo mirovanja je posledica neugodnih razmer, zaradi katerih bi kaleče seme težko nadaljevalo rast in razvoj. Pogosto so za to krive visoke temperature, med 20 in 25 °C (Osterc in Rusjan, 2013).

Različni tipi dormance so povezani z življenjskimi okolji in podnebjem, kjer določene rastlinske vrste uspevajo. To je najbolj očitno v primeru morfološke dormance. Najbolj običajen tip dormance je morfološko-fiziološki (MFD). Prekinitev morfološko-fiziološke dormance odraža rast embria in/ali diferenciacijo. Da pride do tega, mora seme vpijati vodo, čeprav je lahko fiziološki del dormance prekinjen tudi v suhih semenih. Morfološko-fiziološka dormanca je zato pogosta v delih sveta z vlažnimi obdobji. Še posebej pogosta je pri gozdnih rastlinah ali rastlinah vlažnih travnikov. Tipični primeri so rastline iz rodov: *Trillium*, *Erythronium* in *Heracleum*.

Visoke temperature se zdijo odločilnega pomena za prekinitev fizične dormance, vendar pa je mogoče v laboratoriju prekiniti fizično dormanco tudi s fizičnim ali kemičnim drgnjenjem semenske lupine. Dostopni so podatki o prekinitvi fizične dormance s kemično obdelavo, fizično silo ali s pomočjo mikroorganizmov (Fenner in Thompson, 2005).

Pri drugih vrstah so za prekinitev fizične dormance potrebne visoke temperature, velika temperaturna nihanja ali ogenj. Pri tem ni potrebno, da seme dobi vodo. Torej je tak način pogost v življenjskih prostorih z izrazitimi sušnimi sezonami, vključno s tropskimi listopadnimi gozdovi, savanami, vročimi puščavami in stepami. Za boljše kalitev na požariščih, kjer so bila semena izpostavljena visokim temperaturam in dimu, je malo dokazov, čeprav se zdi embrio v semenu pri fizični dormanci bolj odporen kot pri drugih vrstah. Fiziološka dormanca se pojavlja povsod, vrste brez dormance pa so v večini v tropskih vedno zelenih gozdovih (Fenner in Thompson, 2005).

2.3.2.1 Dormanca pri gorskih rastlinah

Dormanca je pri alpskih rastlinah že dolgo poznana; Braun (1913, cit. po Baskin in sod., 2000) je poročal, da nekatera semena niti po hladni stratifikaciji niso vzkalila. Razlage mehanizmov, ki povzročajo dormanco semen, so bile pogosto nasprotujoče si in dvomljive. Pomembno raziskavo o dormanci gorskih rastlin so opravili Schwienbacher in sod. (2011). V poskusu so preučevali 28 alpskih rastlin iz 14 družin. Med letoma 2000 in 2010 so v avstrijskih Alpah, na nadmorski višini med 2250 in 3000 m, zbirali zrela semena rastlin za študijo. Nato so v nadzorovanih razmerah z različnimi stratifikacijskimi postopki ugotavljali prevladujoče tipe dormance in raven dormance po sistemu, ki so ga predlagali različni avtorji (Baskin in sod., 2000; Baskin in Baskin, 2004). Najprej so določali tip embria in neprepustnost semen za vodo, da bi napravili osnovno razvrstitev. Semena so nadalje razvrščali glede na tip dormance: (1) fiziološka dormanca (FD), (2) morfološka dormanca (MD), (3) morfološko-fiziološka dormanca (MFD), (4) fizična dormanca (FI) in (5) kombinirana dormanca (FI + FD). Rezultati so prikazani v preglednici 1.

Poskus je pokazal, da je temperatura glavni dejavnik, ki sproži ali odpravi fiziološko dormanco, čeprav lahko učinkujejo tudi druge okoljske razmere, kot so naravni kemični signali. Odprava šibke fiziološke dormance lahko nastopi med suho-hladnim skladiščenjem. Semena s srednjo fiziološko dormanco potrebujejo za odpravo dva do tri mesece hladne stratifikacije pod 10 °C, v stanju, ko so nasičena z vodo. Semena z globoko dormanco pa potrebujejo za prekinitev dormance še daljše obdobje hladne stratifikacije.

Po vrsti stratifikacijskih postopkov so Schwienbacher in sod. (2011) le pri dveh vrstah semen ugotovili, da večinoma niso dormantna. Fiziološka dormanca je prevladovala pri 20 vrstah, šlo je večinoma za globoko dormanco. Pri dveh vrstah je bila ugotovljena morfološko-fiziološka dormanca zaradi nerazvitih embrijev, pri dveh vrstah semen z neprepustnim ovojem pa fizična dormanca (preglednica 1). Devet od 28 vrst je doseglo končno kalitev med 42 % in 88 % pri svežih semenih v razmerah dolgega dneva. 5 vrst je doseglo kalitev med 10 % in 40 %. Polovica od 28 vrst je kalila pod 10 %. Od teh jih 9 ni kalilo. Kalitev svežih semen se ni statistično značilno razlikovala glede na tip dormance.

Rezultati poskusa so pri *Ranunculus glacialis* potrdili predvidevanje, da gre za morfološko-fiziološko dormanco, saj sveža semena v enem mesecu niso kalila. Hladna stratifikacija ni prekinila dormance. Sklepali so, da je za prekinitev dormance potrebno obdobje spremenljivih razmer. Takšni mehanizmi niso znani le pri vrstah družine *Ranunculaceae*, ampak tudi pri nekaterih vrstah družin *Gentianaceae* in *Campanulaceae*. Hladna stratifikacija je povečala kalivost pri nekaterih vrstah iz teh družin, pri drugih vrstah iz obeh družin pa je spodbudilo kalitev le namakanje v giberelinski kislini. Izkazalo se je, da je pri alpskih vrstah iz teh dveh družin morfološko-fiziološka dormanca pogostejša, kot so mislili predhodni raziskovalci. Mehanizmi morfološko-fiziološke dormance so zapleteni in še niso v celoti raziskani (Schwienbacher in sod., 2011).

Preglednica 1: Pregled 28 gorskih rastlinskih vrst glede na prevladujoči tip in raven dormance (ND = ni dormantna; FD = fiziološka dormanca; MFD = morfološko-fiziološka dormanca in FI = fizična dormanca) (Schwienbacher in sod., 2011)

Rastlinska vrsta	Vrsta dormance	Raven fiziološke dormance
<i>Achillea moschata</i>	FD	Šibka
<i>Anthyllis alpicola</i>	FI	/
<i>Arabis caerulea</i>	FD	Globoka
<i>Arenaria ciliata</i>	FD	Globoka
<i>Artemisia genipi</i>	FD	Šibka
<i>Campanula scheuchzeri</i>	MFD	/
<i>Carex bicolor</i>	FD	Globoka
<i>Cerastium uniflorum</i>	FD	Globoka
<i>Comastoma tenellum</i>	MFD	/
<i>Draba aizoides</i>	FD	Globoka
<i>Draba dubia</i>	FD	Globoka
<i>Draba hoppeana</i>	FD	Globoka
<i>Epilobium fleischeri</i>	FD	Šibka
<i>Erigeron uniflorus</i>	ND	/
<i>Gentiana orbicularis</i>	MFD	/
<i>Geum reptans</i>	FD	Srednja
<i>Leontodon hispidus</i>	ND	/
<i>Linaria alpina</i>	FD	Globoka
<i>Minuartia gerardii</i>	FD	Globoka
<i>Oxyria digyna</i>	FD	Srednja
<i>Poa alpina</i>	FD	Šibka
<i>Potentilla aurea</i>	FD	Globoka
<i>Potentilla frigida</i>	FD	Globoka
<i>Ranunculus glacialis</i>	MFD	/
<i>Saxifraga aizoides</i>	FD	Šibka
<i>Saxifraga oppositifolia</i>	FD	Globoka
<i>Silene exscapa</i>	FD	Šibka
<i>Trifolium pallescens</i>	FI	/

Ko semena v Alpah rastočega rjastega šaša (*Carex ferruginea* Scop.) dozoriijo, preidejo v fazo dormance. Dormanca se prekine z visokimi temperaturami in svetlobo. Dozorela semena šaša pogojno preidejo v fazo dormance in kalijo pri višjih temperaturah. Odstotek kalivosti se močno poveča pri suhem skladiščenju in hladni stratifikaciji pri nižani minimalni temperaturi. Zrela semena mrzlega šaša (*Carex frigida* All.) pa zahtevajo hladno stratifikacijo, da preidejo v polno dormanco. Kalitev je omogočena z visokimi temperaturami (> 15 °C). Tak mehanizem preprečuje kalivost velikemu delu zrelih semen, četudi so trenutne razmere optimalne, ta semena kalijo v naslednji rastni dobi. Semena obeh vrst slabo kalijo v temi in dosežejo vrh kalivosti pri svetlobi, po treh mesecih

stratifikacije. Seme potrebuje obdobje hladne stratifikacije za prekinitev dormance, to obdobje pa ni povezano z zimo, kot je bilo ugotovljeno pri mnogih vrstah, ki rastejo na veliki nadmorski višini v Ameriki. Primarna dormanca semen, zahteva po razmeroma veliki temperaturi za kalitev in sekundarna dormanca v času naraščajočih poletnih temperatur ožijo možnost kalitve na kratko obdobje po tem, ko se stali sneg. To povečuje možnost, da se rastline, ki vzkljujejo, razvijejo v daljšem obdobju relativno ugodnih razmer (Schütz, 2002).

Dolgolistna rosika (*Drosera anglica* Huds.) je trajnica, ki se večinoma razmnožuje s semeni. Semena rosike postanejo dormantna v poznem poletju, ko dozori. Dormanca se prekine s hladno stratifikacijo. Za kalitev potrebujejo semena svetlobo, vendar mora biti hkrati temperatura dovolj visoka. Semena, ki so bila stratificirana v temi in so bila 12 ur na dan v inkubatorju izpostavljena svetlobi, so kalila počasneje kot semena, stratificirana na svetlobi in v inkubatorju pri svetlobi. Ko se dormanca prekine, se zmanjša minimalna temperatura, ki omogoča kalitev. To se v naravi zgodi s hladom med zimo. Spomladi so semena kaliva tudi pri nizki zunanji temperaturi, če so izpostavljena svetlobi (Baskin in sod., 2000).

Hepatica asiatica Nakai je listopadna trajnica s kratko koreniko in gostimi vlaknastimi koreninami. Zraste od 6 do 12 cm. Izvira iz Koreje. Pri rastlini *Hepatica asiatica* so laboratorijski poskusi pri različnih temperaturah pokazali, da (1) je do izdolževanja embria prišlo med 10 in 15 °C; (2) izdolževanje kalčka se je pojavilo le pri 15 °C; (3) pri topli stratifikaciji (2–8 tednov pri 30 °C) ni prišlo do rasti embria in kalčka, kalitev je bila zavrta; (4) uporaba giberelinske kisline je spodbujala rast embria, vendar ni povzročila kalitve. Ti rezultati kažejo, da ima vrsta *Hepatica asiatica* dva mehanizma za prekinitev dormance. Povečanje temperature prekine fiziološko dormanco, giberelinska kislina pa morfološko dormanco. Topla stratifikacija na dormanco ne vpliva. Za to rastlinsko vrsto je značilna morfološko-fiziološka dormanca (Chon in sod., 2015).

Eden izmed dejavnikov, ki vplivajo na stopnjo dormance semen, je okolje, kjer se razvija matična rastlina. Vloga temperature, kakovosti svetlobe, dnevne svetlobe, suše in hranil, čas zorenja in lokacija, kjer rastlina raste, vplivajo na stopnjo dormance. Veliko poskusov o vplivu matičnih rastlin na semena je bilo narejenih na kmetijskih in okrasnih rastlinah, predvsem zaradi zahtev po njihovi kalivosti (Fenner in Thompson, 2005).

2.3.3 Mikroorganizmi in dormanca semen

Fizična dormanca je visoko specializiran sistem, ki ga le s poškodbami semenske lupine ne prekinemo tako zlahka. To zahteva, da se dormanca prekine zaradi specifičnih sprememb v okolju, in ne zaradi naključnih ali nepredvidljivih procesov, kot sta mikrobiološka aktivnost ali poškodbe semenske lupine (Fenner in Thompson, 2005).

Do nedavnega ni bilo skoraj nobenih dokazov o vlogi mikroorganizmov pri kalitvi določenih rastlin. Znano pa je bilo, da se pri nekaterih semenih dormanca prekine po hladnem obdobju, ki sledi hranjenju na toplem in vlažnem. Te zahteve so najpogosteje povezane z morfološko-fiziološko dormanco. Pri več vrstah šipkov (*Rosa* spp.) pa ne gre

za zahteve morfološko-fiziološke dormance. Študija z *Rosa corymbifera* Borkh. je pokazala, da se fiziološka dormanca prekine, ko se semenska lupina razpoči zaradi napada mikroorganizmov v toplem obdobju leta. Če so shranjena sterilna semena, do kalitve ne pride. Za zdaj ni znano, kako razširjen je ta mehanizem prekinitve dormance, utegne pa biti razširjen med olesenelimi rastlinami iz družine rožnic (Morpeh in Hall, 2000).

2.3.4 Odprava nezmožnosti kalitve (stratifikacijski postopki)

Tehnološko odpravljanje nezmožnosti kalitve imenujemo stratifikacija, postopki, ki privedejo do odprave nezmožnosti kalitve, pa se imenujejo stratifikacijski postopki. Z njimi posnemamo naravne metode odprave nezmožnosti kalitve (Osterc in Rusjan, 2013).

Pri nezrelosti embria se poslužujemo tople stratifikacije, kar pomeni, da semena izpostavimo relativno visokim temperaturam (nad 10 °C), zaradi česar embrio dozori. Pri debeli semenski lupini odpravimo vzrok nekalitve z brušenjem semen, s čimer poškodujemo semensko lupino, zaradi česar v seme lahko vstopi voda in se prične izmenjava plinov. Semena, ki imajo za kalitev neustrezno hormonsko razmerje, namakamo v ustreznem hormonu (na primer v giberelinski kislini), s čimer neravnovesje odpravimo.

2.3.4.1 Brušenje semen

Vzrok za dormantno seme je lahko semenska ovojnica, ki je lahko nezadostno prepustna za vodo in pline ali pa predstavlja mehansko oviro za prodor embria. Semenska ovojnica lahko preprečuje izločanje inhibitorjev kalitve iz semena ali pa jih sintetizira sama (Vodnik, 2012).

V takih primerih lahko mehanska poškodba semenske lupine (na primer z brušenjem z brusilnim papirjem) odpravi fizično dormanco semen. Za večje količine semen se uporabljajo posebne naprave, s katerimi razimo semensko lupino. Ta postopek je znan pod imenom skarifikacija (Osterc in Rusjan, 2013).

2.3.4.2 Namakanje v giberelinski kislini

Poznamo okoli 125 oblik giberelinov, ki so si po zgradbi zelo podobni. Oznaka GA₃ ustreza giberelinski kislini, prvemu odkritemu giberelinu v 50. letih prejšnjega stoletja. Tvorba giberelinov je močno odvisna od dolžine dneva in temperature, kar omogoča rastlini sezonsko usklajen razvoj. Poleg abscizinske kisline so giberelini ključni pri regulaciji kalitve. Gibereline sprošča embrio. Ti se transportirajo v endosperm, kjer spodbujajo celice k sintezi in sproščanju hidrolitičnih encimov, ki razgrajujejo založne spojine v endospermu. Nasproten učinek na hidrolitične encime in kalitev ima abscizinska kislina. Pri vrstah, ki za odpravo dormance potrebujejo izpostavitve mrazu, se količina abscizinske kisline zmanjša glede na količino giberelinov. Takim semenom lahko prekinemo dormanco z namakanjem v giberelinski kislini (Vodnik, 2012).

Rastni regulator giberelinska kislina lahko že v majhnih koncentracijah znatno izboljša kalitev. Koncentracije giberelinske kisline pri namakanju semen so od 1 do 150 ppm (delcev na milijon). Kombinacija giberelinske kisline (GA_3) in kalijevega nitrata (KNO_3) je pogosto bolj učinkovita kot posamezna snov (Young in Young, 1999).

2.3.4.3 Toplo-hladna stratifikacija

Morfološka dormanca nastane zaradi nerazvitega embria. Kratko obdobje ustreznih razmer omogoča embriju, da se dokončno razvije. Semena izpostavimo vlagi in temperaturi nad 20 °C za več tednov, pri čemer embrio dokončno dozori in seme lahko kali. Semena običajno izpostavimo takšnim razmeram z večjo temperaturo, nato jim nudimo večmesečne nizke temperature. Tak način stratifikacije je poznan pod izrazom toplo-hladna stratifikacija (Osterc in Rusjan, 2013). Tak mehanizem dormance omogoča rastlinam, da ne kalijo takoj, čeprav so razmere ugodne. Pogosto sledijo toplejšim razmeram ponovno neugodne razmere (nizke temperature, suša), zaradi česar bi kaleča semena propadla.

2.4 KALITEV

Kalitev vključuje sprejem vode, hitro povečanje dihanja, prenos rezervnih hranil in začetek rasti embria. Proces ni povraten. Ko se kalitev začne, embrio začne rasti in se razvije ali v neugodnih razmerah propade.

Proces kalitve delimo v tri faze. Prva faza je faza nabrekanja, sledita pripravljalna faza kalitve in faza rasti in diferenciacije.

Nabrekanje je fizikalno-mehanski proces. V fazi nabrekanja seme intenzivno sprejema vodo, pri čemer se povečuje volumen celičnih sten koloidnih delov semena. Ta proces je reverzibilen. Dihanje semena se močno poveča s povečanjem vsebnosti vode v semenu čez določeno mejo. Za začetek kalitve ni potrebna velika količina vode, le 2- do 3-kratna masa semena. Po kalitvi seme nenehno potrebuje vodo. S pojavom kličnih listov se potrebna količina vode še poveča zaradi transpiracije. Pripravljalna faza kalitve se začne, ko so za kalitev izpolnjeni potrebni notranji in zunanji dejavniki. Notranja dejavnika sta zaključena doba mirovanja in faza nabrekanja. Zunanji dejavniki pa so temperatura, svetloba, vlaga, kisik. Ti morajo biti v okvirih, ki so za rastlino ustrezni. V semenu se aktivirajo obstoječi encimi ali pa se začnejo tvoriti; encimi usmerjajo pretvorbo rezervnih snovi v osnovne gradbene enote. Poveča se dihanje. Uskladiščene snovi se sproščajo in transportirajo v embrio. Na zunaj pri semenu še ni nobenih vidnih znakov rasti. V fazi razvoja in diferenciacije se vlaga v semenu poveča na okrog 90 %. Poveča se encimska aktivnost, dihanje, transport osnovnih gradbenih enot glukoze, aminokislin ter maščobnih kislin. Zaradi hitre delitve celic pride do izdolževanja tkiv in diferenciacije. Kalitev je opazna s prodorom radikule skozi semensko lupino oziroma testo (Spethmann, 1997; Nonogaki in sod., 2010).

Notranji in zunanji dejavniki, ki so pomembni v pripravljalni fazi kalitve, bodisi spodbujajo bodisi zavirajo prehod v fazo razvoja in diferenciacije. Kako se uravnava ta

prehod, še ni natančno raziskano. Raziskave so pokazale, da imajo pomembno vlogo pri kalitvi nepoškodovanih semen hormoni giberelini, saj se pri semenih, nesposobnih tvorbe giberelinov, proces kalitve ne dokonča.

Kalitev je zapleten proces, v katerem seme preide več faz. Pri kalitvi razlikujemo čas pred razvojem kalčka in po njem. Gre za povezan proces in sklepamo lahko, da so spremembe v metabolizmu pred razvojem kalčka povezane z nadaljnjim razvojem mlade rastline. Težavno je razlikovati med tem, kar je ključno za kalitev, in tem, kar ni. Nove analitske metode so v zadnjih letih omogočile odkritje številnih podrobnosti, ki se zgodijo med kalitvijo semen. V zadnjih letih so ugotovili, da se encimi, ki so odgovorni za tvorbo in razgradnjo hormonov, tvorijo povsem na novo med kalitvijo semen. V zadnjih letih so uspeli določiti tudi ključne gene, odgovorne za tvorbo encimov pri različnih vrstah rastlin, rižu, ječmenu in prosu (Nonogaki in sod., 2010).

Glavna naloga semen severnoevropskih rastlin je, da se izognejo kalitvi med ali tik pred ostro zimo, pogosto se zdi najboljša možnost, da se začne kalitev pri relativno veliki temperaturi. Med raziskavo 31 vrst angleških listnatih rastlin je arktično-alpska vrsta, *Dryas octopetala* L., za kalitev zahtevala največjo osnovno temperaturo. Ta prilagoditev ji onemogoča, da bi kalila prehitro, že ob prvi otoplitvi, kar bi povzročilo propad mladih rastlin. Šele ko se vreme konec zimskega obdobja ustali, nastopijo večje temperature, ki spodbudijo kalitev (Trudgill in sod., 2000).

2.4.1 Dostopnost vode med kalitvijo

Večina semen lahko ohranja živost (viabilnost) pri zelo majhni vsebnosti vlage. Živost takih semen se celo podaljša s sušnimi razmerami (do približno -350 MPa vodnega potenciala). Nasprotno pa druge vrste v semenu potrebujejo veliko vlago (približno $-1,5$ MPa do -5 MPa) (Murdoch in Ellis, 2000).

Voda je ključnega pomena za kalitev. Med kalitvijo ločimo tri faze odvzema vode: (1) vpijanje (sprejem) vode, pri kateri semenska lupina postane prepustna in embrio (ter endosperm) vpijata vodo; (2) aktivacija, pri kateri se začnejo razvojni procesi, seme pa porabi razmeroma malo vode; in (3) rast, pri kateri se kalček izdolžuje ter prebije semensko lupino. Količino prejete vode uravnava prepustnost semenske lupine, ki je stik med semenom in tlemi (Bradford, 1995).

Seme je lahko popolnoma zasičeno z vodo, pa vseeno ne bo kalilo, če ne bo prišlo do prekinitve dormance ali ne bodo izpolnjene druge zahteve, potrebne za kalitev. Seme z neprepustno semensko lupino lahko veliko let preživi v zemlji, četudi je obdano z vodo (Thompson, 2000).

Kikuzawa in Koyama (1999, cit. po Fenner in Thompson, 2005) sta ugotavljala, kako velikost semena vpliva na njegovo vsrkavanje vode in njegove zahteve po vodi med kalitvijo. Pri poskusu s 14 vrstami semen sta prišla do ugotovitve, da imajo majhna semena dve glavni prednosti pri kaljenju. (1) Veliko hitreje vsrkajo maksimalno količino vode kot

večja semena in (2) bolj verjetno je, da padejo na vlažno podlago, s čimer se zmanjša možnost izsušitve (Fenner in Thompson, 2005).

Ključnega pomena je dolžina obdobja sprejemanja vode v seme. Če je predolgo, pride do nepovratnih fizioloških sprememb. Med kalitvijo je pomembno tudi izmenjavanje vlažnih in suhih ciklov. Vsaka vrsta se odziva drugače, zato splošnega pravila ni. Odziv semen različnih vrst na vzorec padavin med kalitvijo lahko določi, katera vrsta se bo uveljavila. Hiter odziv na padavine je lahko koristen, če je obdobje padavin dovolj dolgo, da mlada rastlina dovolj zraste, da preživi poznejše sušno obdobje. Počasen odziv oziroma zakasnjena kalitev je prednost predvsem pri vrstah v okoljih, kjer so obdobja padavin kratka, vendar pogostejša.

2.4.2 Pomen temperature za kalitev semen

Pri mnogih vrstah je kalitev zmanjšana ali do nje sploh ne pride pri konstantnih temperaturah. Kalivost se hitro poveča pri nihanju temperatur, odziv na temperaturna nihanja pa je povezan tudi z nizko ravniyo aktivne oblike fitokroma (P_{fr}) v semenu (Probert, 2000).

Odvisnost med potrebno svetlobo in temperaturnim nihanjem je pri različnih vrstah rastlin različna. Včasih lahko svetloba popolnoma nadomesti nihanje temperature, medtem ko v večini primerov vpliv svetlobe zgolj zmanjša amplitudo, potrebno za začetek kalitve. Pri vrstah z zelo majhnimi semeni se kalitev sproži s temperaturnim nihanjem in svetlobo. Če je seme v temi, do kalitve ne pride (Thompson in Grime, 1983).

Raziskava kalivosti pri naraščajoči temperaturi in pri svetlobi je pokazala, da je kalivost rastlin močno okoljsko pogojena. Le pri 42 % od 66 vrst rastlin vlažnih območij so naraščajoče temperature vplivale na kalivost (Thompson in Grime, 1983). To odraža spomladanske razmere na vlažnih območjih, ko se zmanjšuje količina vode in narašča temperatura, v plitvinah in blatu pa prihaja do velikih nihanj temperature (Fenner in Thompson, 2005).

Majhna semena, ki padejo globlje, v kakšno razpoko, imajo majhne možnosti za preživetje. Kalček oziroma mlada rastlina se težko prebije na površje med drugimi rastlinami. Ker spreminjanje temperature običajno nakazuje vegetacijsko vrzel ali to, da je seme tik pod površjem, ali oboje, je stimulacija kalitve s pomočjo spreminjanja temperature pri rastlinah z majhnimi semeni precej običajna. Povezava med velikostjo semena in temperaturnim odzivom pa ni zmeraj preprosta (Pearson in sod., 2002).

Čeprav je za kalitev v naravi gotovo ključna sprememba temperature, so podrobni laboratorijski poizkusi pokazali, da so se le semena določenih vrst odzivala na povišane temperature (Fenner in Thompson, 2005).

2.4.3 Vpliv svetlobe na kalitev semen

Semena potrebujejo za kalitev svetlobo. Ne obstajajo rastline, ki bi za kalitev nujno potrebovale temo (pri nekaterih vrstah tema zgolj pospešuje kalitev). Odzivi semen na svetlobo so pomembni za preprečitev kalitve semen v času in okolju, ki ne bi bila primerna za razvoj rastline. Zmožnost zaznavati spremembe svetlobe v okolju daje semenu nekaj podatkov o kraju in času kalitve. Možnosti za uspešen razvoj so lahko odvisne od tega, ali je kaleče seme prekrito s tlemi ali je na površini. Svetloba pa ni edini omejujoči dejavnik, ampak tudi prisotnost kisika. Če je seme zakopano, je pomembna globina, saj je od globine setve odvisna tudi količina kisika, ki ga ima seme na razpolago za kalitev. Globlje, ko je seme, manj je na razpolago kisika, in pri določeni globini seme zaradi premajhne količine kisika ne more kaliti. Zato kalitev prepreči ta dejavnik. To je v praksi pogosto vzrok, da seme ponovno preide v dobo mirovanja (sekundarna doba mirovanja (poglavje 2.4.1)). Če je seme na površini, je odločilna količina sence, ki jo daje okoliška vegetacija. V nekaterih primerih ima pomembno vlogo pri času kalitve dolžina dneva (Densmore, 1997; Osterc in Rusjan, 2013).

Zmožnost zaznave intenzivnosti, količine ali valovne dolžine svetlobe ter obdobja svetlobe daje semenu potrebne informacije o okolju. Kalica, vzklila iz semena, ki je ležalo v večji globini, morda ne bo mogla doseči površine. To tveganje je največje pri majhnih semenih, zato je sposobnost zaznave svetlobe (ali njeno odsotnost) zelo pomembna za preživetje rastlin z majhnimi semeni. Količina svetlobe v tleh se hitro zmanjšuje z globino. Izmerljiva »količina« svetlobe redko prodira več kot nekaj milimetrov globoko (Bliss in Smith, 1985; Tester in Morris, 1987). Če je v tleh veliko prosojnih delcev, recimo kremenovih, svetloba prodre malo globlje. Zato ni presenetljivo, da je mnogo rastlin z majhnimi semeni fotoblastičnih, torej za kalitev potrebujejo svetlobo oziroma tema zavira njihovo kalitev.

Določene družine rastlin, kot so na primer metuljnice (*Fabaceae*) in trave (*Poaceae*), kalijo takoj, že v temi, ne glede na velikost semena. Semena iz družin ostričevk (*Cyperaceae*) in nebinovk (*Asteraceae*) pa večinoma za kalitev potrebujejo svetlobo. Kljub temu imajo vrste, ki kalijo v temi, po navadi tudi po nekaj semen, ki so svetlobno občutljiva. Pri nekaterih vrstah (npr. *Rumex obtusifolius* L.) lahko kratko obdobje pri visokih temperaturah (5 minut pri 35 °C) izniči potrebo po svetlobi (Takaki in sod., 1981).

Seme, ki leži na površini tal, lahko prizadene zelo intenzivna sončna svetloba. Močno sončno sevanje negativno vpliva na seme (Fenner in Thompson, 2005).

2.4.4 Vpliv klimatskih sprememb

Posledice klimatskih sprememb na prilagoditev semen so kompleksne in daljnosežne. Na splošno naj bi otoplitev pozitivno vplivala na razmnoževanje rastlin s semeni, vendar se je to mnenje morda uveljavilo zato, ker je bilo več pozornosti posvečene hladnejšim predelom planeta. Na primer alpska populacija nemškega sviščevca (*Gentianella germanica* (Willd.) E.F.Warb.) naredi komaj kaj semen v hladnih letih, zato bi bilo pričakovati, da bo v toplejšem podnebnju naredila več semen (Wagner in Mitterhofer, 1998). Izkazalo pa se je, da povečana produkcija ne vpliva nujno tudi na povečanje

populacij arktičnih in alpskih rastlin. Niti pri alpski *Ranunculus acris* L. niti pri arktični *Saxifraga oppositifolia* L. posledica simuliranih klimatskih sprememb ni bila večja gostota populacije. Preživetje in rast (pri *Ranunculus*) ter produkcija semen (pri *Saxifraga*) sta imeli pri poskusu negativen trend zaradi konkurence drugih vrst z boljšimi odzivi na spremenjeno podnebje (Stenstrom in sod., 1997; Totland, 1999).

V južnem Tibetu so izvedli poskus, s katerim so preverjali hipotezo, da bodo zaradi toplejšega podnebja semena dreves, ki tvorijo drevesno mejo (na 4200–4600 m), bolj občutljiva na pogoste zmrzali v zgodnji rastni dobi. Med rastno sezono se povečuje pogostost, intenzivnost in trajanje zmrzali na južnih pobočjih, kar uničuje mlade rastline. To bi utegnil biti razlog, da se drevesna meja zaradi klimatskih sprememb v zadnjih 200 letih ni premaknila (Shen in sod., 2014).

Podnebno segrevanje ima lahko presenetljive učinke na alpske rastline. Dolgotrajno spremljanje razvoja petih vrst šopastih trav v obdobju obilnega semenenja (*Chionochloa* spp.) na Novi Zelandiji je pokazalo, da so za obilno cvetenje krive nenavadno visoke temperature prejšnjih let (McKone in sod., 1998). Obilno semenenje *Chionochloa* spp. omogoča, da semena še na rastlini preživijo napad žuželk. Višje temperature zmanjšajo razlike v času cvetenju in žuželkam vsako leto omogočajo napad na isto rastlinsko vrsto. Spremenjeni vzorci obilnega semenenja kot odgovor na podnebno segrevanje tako vplivajo tudi na druge vrste (Fenner in Thompson, 2005).

Opazna posledica večje semenitve in boljšega preživetja semen v povezavi s podnebnim segrevanjem je dvig drevesne meje. Zaradi prilagoditve in boljše kalitve semen so se v zadnjih 50 letih v Skandinaviji nekatere drevesne vrste naselile 120 do 375 m višje. Mnogim rastlinam, ki tvorijo podrast in se razmnožujejo vegetativno (na primer: *Vaccinium myrtillus* L. in *Phyllodoce caerulea* (L.) Bab.), v istem času ni uspelo povečati njihovega življenjskega prostora (Kullman, 2002).

Dolgoročen vpliv spremenjenega vzorca padavin je težko napovedati. Delno zaradi manj zanesljivih napovedi padavin, delno pa zato, ker na rastlino lahko bistveno vplivajo količina, čas in zanesljivost padavin (Fenner in Thompson, 2005).

Dormanca semen se pri mnogih temperaturno občutljivih vrstah konča z ohladitvijo, zato je ena možnih posledic podnebnega segrevanja, da se pri nekaterih semenih zaradi premile zime dormanca ne bo prekinila (Vleeshouwers in Bouwmeester, 2001).

2.4.5 Mikrotopografija površja tal

Kalitev semen je odvisna od razmer v njihovem neposrednem okolju, ki se za mnoga semena meri v milimetrih. Mikrotopografija površja tal je odločilnega pomena za poselitev rastlinskih vrst. Prva zahteva je dovolj varen prostor, da bo seme kalilo. Potrebna je nekaj stopinj naklona površja, da se seme ujame v razpoki, ki preprečuje, da ga bi ga odnesel veter ali dež. Mikropodročja drugih organizmov lahko ustvarijo primeren prostor za kalitev. Za kalitev je pomembna tudi ustrezna tekstura substrata, ki obdaja seme (Fenner in Thompson, 2005). Te mikrotopografske posebnosti še posebej pridejo do izraza pri

gorskih vrstah rastlin, če njihova semena kalijo v naravi. V naravnih razmerah pridejo semena teh rastlin, zaradi mikrotopografskih posebnosti, pogosto v zelo ugodne razmere, čeprav je splošno gledano gorsko okolje za kalitev zelo neugodno. Semena lahko zato vzkalijo, čeprav tega niti ne pričakujemo.

3 MATERIAL IN METODE

3.1 MATERIAL

V poskus so bile vključene naslednje gorske trajnice: *Linaria alpina* L. Mill., *Gentiana lutea* L., *Gentiana purpurea* L., *Arnica montana* L., *Dianthus sylvestris* Wulf., *Fragaria vesca alpina* L., *Androsace integra* (Maxim.) Hand.-Mazz. in *Campanula alpina* Jacq.

Linaria alpina L. Mill. (alpska madronščica) sodi v družino črnobinovk (*Scrophulariaceae*). Je nizka (5 do 15 cm visoka) enoletnica do večletnica z ležečim do pokončnim stebлом. Ima podolgovate sivo zelene, mesnate liste, ki so razvrščeni po tri do štiri v vretencu. Raste po meliščih od 1600 do 3000 m visoko. Cveti od julija do septembra. Temno vijolični cvetovi imajo dve oranžni gubi. Raste v gručicah (Ravnik, 2004).

Gentiana lutea L. (košutnik ali rumeni svišč) sodi v družino sviščevk (*Gentianaceae*). Je trajna, do 120 cm visoka zelika, ki lahko doseže starost tudi do 50 let. V tleh ima kratko, debelo koreniko in dolge, mesnate razraščene korenine. Podzemni deli so zunaj rjavi in znotraj rumeni. Steblo je okroglo, votlo in na zgornjem delu žlebičasto. Cvetovi so v vretencih po trije do deset v zalistjih. So temno rumeni, s petimi venčnimi listi, ki so med seboj zrasli. Cveti junija in avgusta do 2000 m visoko. Rastlina zacveti pozno, pogosto po sedmem do desetem letu starosti. Košutnik je cenjena zdravilna rastlina. Številni poskusi so pokazali, da dobro uspeva v vrtnih tleh in da ima enake zdravilne učinkovine kot samorasle rastline v gorah (Willfort, 1997).

Gentiana purpurea L. (purpurni svišč) je trajnica iz družine sviščevk (*Gentianaceae*). Zraste od 20 do 60 cm visoko in ima valjasto, krhko koreniko. Listi so jajčasto suličasti, spodnji imajo peclje, zgornji pa so sedeči. Cvetovi so zvonasti in purpurno rdeče barve, znotraj pa so rumenkasti. Raste na rušnatih, vlažnih pobočjih, po alpskih planinah in travnatih mestih na apnenčastih tleh na nadmorski višini od 1000 do 2500 m in cveti od julija do septembra (Purpurni svišč ..., 2013). Pri nas ne uspeva.

Arnica montana L. (navadna arnika) je zelnata trajnica iz družine nebinovk (*Asteraceae*). Iz korenike požene do 60 cm visoko steblo, na katerem sta največkrat po dva para listov, pri dnu pa je obdano z rozetasto razvrščenimi listi. Vsa rastlina je dlakava. Navadno ima le eno socvetje, močno rumene barve. Cveti od maja do avgusta po suhih travnikih in pašnikih od nižine do alpskega pasu (Ravnik, 2004).

Dianthus sylvestris Wulf. (divji klinček) je zelnata trajnica iz družine klinčnic (*Caryophyllaceae*). Raste po skalnatih in travnatih pobočjih, od nižine do alpskega pasu. Zraste do 30 cm. Olistana stebelca so v šopih, kjer se razvije posamezen, rahlo dišeč, rožnat cvet. Cveti julija in avgusta (Ravnik, 2004).

Fragaria vesca subsp. alpina L. (alpski jagodnjak) je zelnata trajnica iz družine rožnic (*Rosaceae*). Zraste od 15 do 20 cm visoko. Ima užitne, majhne, aromatične plodove (*Fragaria vesca* ..., 2015).

Androsace integra (Maxim.) Hand.-Mazz. (oklep) je redka rastlina iz družine jegličevk (Primulaceae). Zraste do 10 cm. Rožnati cvetovi so v enostavnem kobulu. Raste na Kitajskem, na 2500 do 3000 m nadmorske višine.

Campanula alpina Jacq. (alpska zvončnica) spada v družino zvončičevk (Campanulaceae). Raste v vzhodnih Alpah v visokogorju.

3.2 ZASNOVA POSKUSA

Izpeljali smo dva ločena poskusa v dveh časovnih obdobjih oz. v različnih razmerah. Prvi poskus smo postavili jeseni 2013 in smo ga izvajali na prostem. Drugi poskus smo izvedli v kontroliranih razmerah, leta 2015. Semena rastlin, ki smo jih uporabili v poskusih, so bila kupljena prek interneta in poslana po pošti iz semenske hiše v Devonu v Angliji.

3.2.1 Poskus na prostem 2013

Semena vseh vrst smo pred setvijo razdelili na polovico. Prvi del semen smo shranili v hladilniku, kjer je potekala hladna stratifikacija. Drugi del semen smo oktobra 2013 razdelili na tri dele, za tri obravnavanja: (1) kontrola (24-urno namakanje semen v bidestilirani vodi), (2) brušenje semen in (3) 24-urno namakanje semen v raztopini giberelinske kisline (GA_3) v koncentraciji 500 delcev na milijon (ppm). En dan pred setvijo smo semena prvega in drugega obravnavanja namakali v bidestilirani vodi, semena tretjega obravnavanja pa v giberelinski kislini. Naslednji dan smo semena drugega obravnavanja tik pred setvijo ročno pobrusili z brusnim papirjem. Brusili smo vsako seme posebej, po občutku. Število posejanih semen je bilo pri posamezni vrsti različno. Večinoma smo imeli pri posameznem obravnavanju od 5 do 10 semen. Prvi del semen smo pustili v hladilniku pri 4 °C 8 tednov. Ko smo semena vzeli po 8 tednih iz hladilnika, smo jih za setev pripravili enako kot tista, ki smo jih sejali brez skladiščenja v hladilniku (enaka obravnavanja).

Semena smo sejali posamično v stiroporaste gojitvene plošče (premer 4 cm) v mešanico šote in kremenčevega peska (1:1). Posejana semena smo natančno označili po pripadajočem obravnavanju. Stiroporaste plošče s semeni smo namestili na vrt v Preserju pod Krimom, na betonsko ploščo.

Prva semena so kalila ob koncu zime oziroma v začetku pomladi 2014. Jeseni 2014 smo rastline presadili v večje plastične lončke.

3.2.2 Kalilni poskus v rastni komori 2015

Tudi pri tem poskusu smo semena vseh vrst razdelili na dva dela. Prvi del semen smo 12. maja obravnavali brez predhodne izpostavitve nizkim temperaturam, medtem ko smo drugi del semen izpostavili nizkim temperaturam (4 °C, 8 tednov). Semena smo za razliko od prvega poskusa kalili v rastni komori v kontroliranih razmerah (22 °C in 16 ur svetlobe).

Pri obeh skupinah semen smo uporabili naslednja obravnavanja (enako kot v poskusu na prostem): (1) kontrola (H_2O), (2) brušeno seme + GA_3 , (3) brušeno seme + H_2O in (4) 24-urno namakanje semen v giberelinski kislini (GA_3).

Po stratifikacijskih obravnavanjih smo v steklene petrijevke položili kalilni papir in nanj enakomerno razporedili semena. Število semen je bilo pri vrstah in obravnavanjih različno. Na kalilni papir smo kanili ustrezno količino bidestilirane vode, da je bil papir napojen. Odvečno vodo smo odlili. Petrijevko smo zaprli in jo oblepili s parafilmom. Petrijevke smo odnesli v rastno komoro, kjer smo jih razporedili na police. Po 2 do 3 dneh smo petrijevke odprli in pregledovali. Večinoma smo le dodali po par kapljic destilirane vode, če je bil papir suh. Ob močnih glivičnih okužbah semen smo kalilni papir zamenjali in v nekaterih primerih poskušali seme razkužiti z etanolom. Močno okužena semena smo zavrgli. Zabeležili smo število semen, ki so vzklila, in število tistih, ki so bila okužena. Po osmih tednih hladne stratifikacije smo 1. julija 2015 semena razdelili na štiri dele in ponovili vse postopke kot v poskusu brez predhodnega hladnega obravnavanja.

Spremljali smo uspešnost kalitve, okuženost semen ter začetni razvoj vzklilih semen. Skrbno smo popisovali kalitev in menjavali okužen kalilni papir, če je prišlo do razrasta plesni in bakterij.

Arniko smo posadili v šotne lončke in jih v majhni kalilni posodi privajali na zunanje razmere. Na začetku rasti smo v kalilni posodi zagotavljali 100% zračno vlago in jo nato postopno zmanjševali. Po enem mesecu rastlin nismo več pokrivali, še vedno pa so rastle v rastlinjaku.

3.2.2.1 Spremljanje rasti rastlin iz kalilnega poskusa

V prvem delu kalilnega poskusa smo posadili dve rastlini arnike iz tretjega in dve iz četrtega obravnavanja. Po začetni rasti so rastline postopoma propadle. Po poznejši analizi so bile krive preveč vlažna zemlja, visoka zračna vlaga v kalilni posodi in zelo visoke zunanje temperature. V drugem delu kalilnega poskusa smo prav tako posadili dve rastlini arnike iz tretjega in dve iz četrtega obravnavanja. Te štiri rastline smo spremljali pri njihovi rasti. Dve rastlini sta čez zimo propadli (vsaka iz enega obravnavanja), dve pa rasteta naprej. Viden je razvoj novih listov (pomlad, 2016).

3.3 STATISTIČNA ANALIZA

Podatke smo obdelali v programu Excel. Po metodah opisne statistike smo analizirali podatke o kalivosti in okuženosti glede na razlike pri:

- semenih brez hladnega obravnavanja in semenih s predhodnim hladnim obravnavanjem;
- brušenih semenih in semenih brez brušenja;
- semenih, ki smo jih 24 ur namakali v bidestilirani vodi, in semenih, ki smo jih 24 ur namakali v giberelinski kislini.

Za lažjo predstavbo so rezultati prikazani v grafični obliki.

Rezultate pri alpski madronščici smo analizirali s pomočjo logistične regresije. Proučevali smo vpliv dejavnikov na kalivost, ki je bila neodvisna spremenljivka. Uporabili smo statistični program R. Pri ostalih vrstah uporaba logistične regresije ni bila smiselna, saj je bilo v poskus zajetih premajhno število semen.

4 REZULTATI

4.1 POSKUS NA PROSTEM

Prva so kalila semena alpske madronščice (*Linaria alpina* Mill.), aprila leta 2014. 11. maja so poganjki merili 3 cm. Vzklilo je 11 rastlin ali 22,9 % vseh posejanih rastlin iz vseh obravnavanj skupaj. Od 48 semen divjega klinčka (*Dianthus sylvestris* Wulf.) so vzklila tri semena. Posejali smo tudi 40 semen alpskega jagodnjaka (*Fragaria vesca alpina* L.). Zrastle so štiri rastline, ki smo jih presadili v večje lončke (preglednica 2, slika 1). Zaradi premajhnega števila kalečih semen pri različnih obravnavanjih ne moremo primerjati rezultatov in z gotovostjo trditi, pri katerem obravnavanju semena najbolj kalijo. Zato so rezultati podani v preglednici 2, kot skupno število vzkaljenih semen.

Preglednica 2: Prikaz rezultatov skupne kalivosti posameznih rastlin pri poskusu na prostem, spomladi 2014

Vrsta	Število posejanih semen (n)	Število vzkaljenih semen (n)	Delež kalitve (%)
Alpska madronščica	48	11	22,9
Divji klinček	48	3	6,3
Alpski jagodnjak	40	4	10,0



Slika 1: Alpska madronščica ob vzniku na prostem, april 2014

Konec maja so se pri alpski madronščici začeli kazati prvi cvetni nastavki. Cvetele so vse rastline, vse do poznega septembra (slika 2). Prvo leto rastline divjega klinčka in alpskega jagodnjaka niso cvetele.



Slika 2: Alpska madronščica ob začetku cvetenja in poznem cvetenju v prvem letu po setvi na prostem, 2014

Vseh 11 rastlin alpske madronščice smo jeseni presadili v posamezne plastične lončke. Majhen volumen stiroporne plošče so namreč rastline do takrat že prerastle s svojimi dolgimi koreninami. Čez zimo je propadlo 7 rastlin, zato smo spremljali rast le štirih. 2. maja 2015 je zacvetela najbolj razraščena rastlina. Drugi dve sta odprli popke teden dni pozneje. Prva rastlina je imela en cvet in tri popke, na enem poganjku dolžine 38 cm. Druga rastlina je imela na štirih poganjkih, skupne dolžine 42 cm, devet odprtih cvetov. Tretja rastlina je imela na dveh poganjkih, skupne dolžine 33 cm, tri cvetove in tri popke. Četrta rastlina ni cvetela. Imela je sedem poganjkov, skupne dolžine 20 cm. Čez 22 dni (31. maja) sta druga in tretja rastlina odcveteli, prva je imela še en cvet in četrta tri cvetove (preglednica 3).

Preglednica 3: Rast in razvoj rastlin alpske madronščice (*Linaria alpina* Mill.) v drugem letu, 2015

Rastlina	Število poganjkov (n)	Dolžina poganjkov (cm)	Število cvetov (n)	Začetek cvetenja	Konec cvetenja
1	1	38	4	2. maj	začetek junija
2	4	42	9	9. maj	31. maj
3	2	33	6	9. maj	31. maj
4	7	20	-	-	-



Slika 3: Cvetova alpske madronščice iz poskusa na prostem



Slika 4: Cvetovi alpske madronščice v visokogorju slovenskih Alp (očitna je razlika v barvi med slikami 3 in 4)

Jeseni 2014 smo tudi rastline divjega klinčka presadili v večje lončke. Obilno so cveteli naslednje leto, 31. maja 2015. Najbolj razrašččen je pognal kar 14 cvetnih stebel (slika 5). Druga rastlina je imela en cvet in tretja tri cvetove.

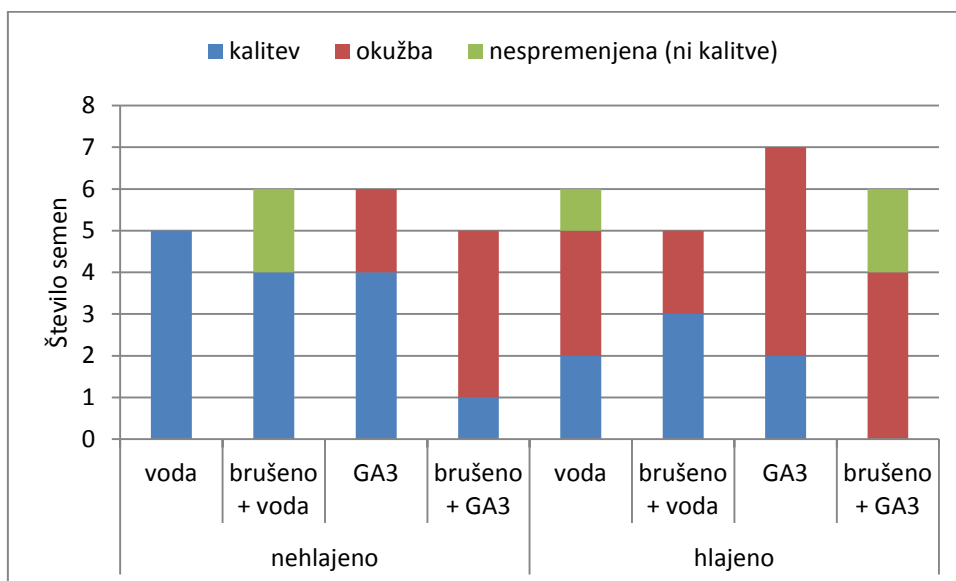


Slika 5: Divji klinček (*Dianthus sylvestris* Wulf.) iz poskusa na prostem ob polnem cvetenju, 2015

Leta 2015 so rastline alpskega jagodnjaka pognale pet do šest listov, vendar tudi v drugem letu niso cvetele.

4.2 POSKUS V RASTNI KOMORI

Semena navadne arnike, ki smo jih takoj kalili (brez hladnega obravnavanja), so kalila veliko bolje kot tista, ki smo jih osem tednov pustili v hladilniku. Največ, 5 semen je kalilo pri obravnavanju, pri katerem smo semena zgolj namakali v vodi, 4 semena v obravnavanju, pri katerem smo semena še dodatno obrusili pred kalitvijo oz. smo jih namakali v giberelinski kislini. Pri obravnavanju, pri katerem smo semena po namakanju v giberelinski kislini še dodatno brusili, je vzkalilo le eno seme. Pri kalitvi semen navadne arnike brez hladnega obravnavanja je prišlo do okužbe semen le pri obravnavanjih z giberelinsko kislino. Semena, ki smo jih predhodno izpostavili hladnemu obravnavanju (hlajeno), so se okužila pri vseh obravnavanjih. Pri obravnavanju, pri katerem smo semena namakali v giberelinski kislini in jih še dodatno brusili, ni vzkalilo nobeno seme. Pri semenih, ki smo jih zgolj namakali v giberelinski kislini oz. v vodi, sta vzkalili 2 semeni, pri tistih, namočenih v vodi in še dodatno brušenih, pa so vzkalila 3 semena (slika 6).

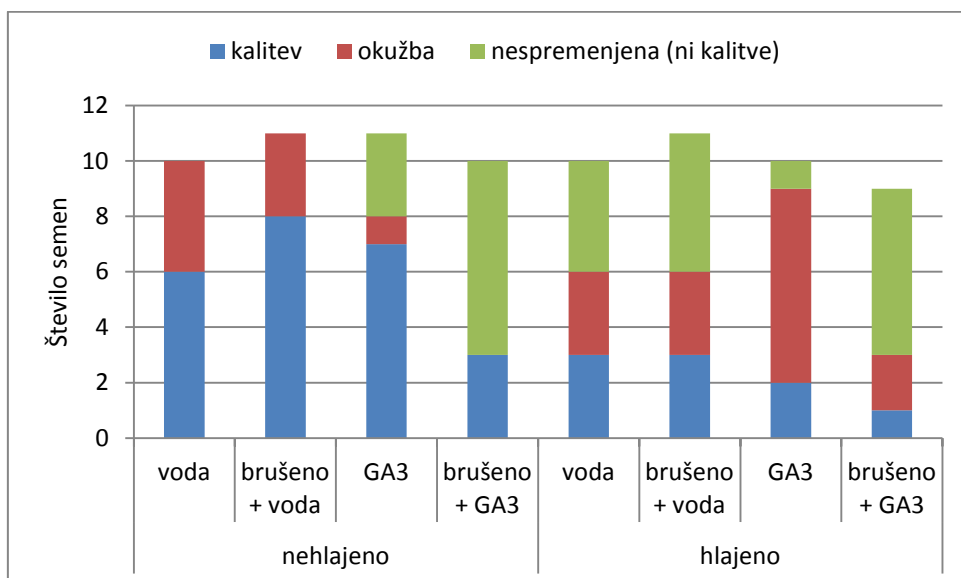


Slika 6: Kalitev, okužba in nespremenjena semena (ni kalitve) pri vrsti navadna arnika (*Arnica montana* L.) za posamezna obravnavanja brez hladnega tretiranja (nehajeno) in pri hladnem tretiranju (hlajeno)

Statistična obdelava rezultatov kalitve semen alpske madronščice je pokazala, da interakcija med predhodnim hladnim obravnavanjem ter obdelavo semen pred setvijo ni statistično značilna.

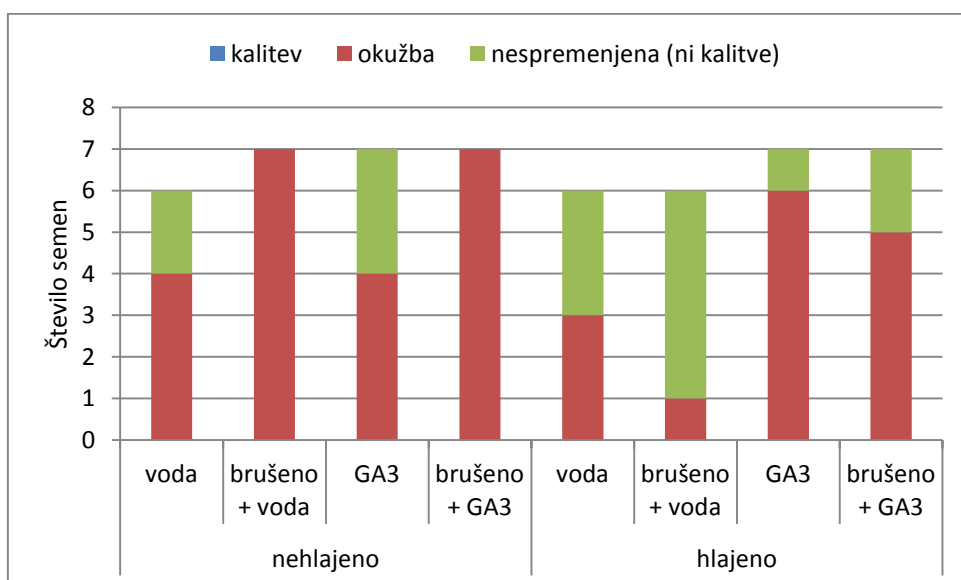
Semena alpske madronščice so bolje kalila, če niso bila predhodno hladno tretirana. Kalitev je bila 3,9-krat večja kot v primeru hladnega tretiranja semen pred kalitvijo, za vsa obravnavanja. Prav tako so bila semena ob takojšnji setvi manj okužena kot semena, ki smo jih hladno tretirali (slika 7).

Pri namakanju v giberelinski kislini so semena tudi kalila, vendar je opazna manjša okuženost oziroma se nekaleča semena niso okužila in so ostala nespremenjena. Pri obravnavanjih pri hladnem tretiranju so bila semena bolj okužena. Pri vseh obravnavanjih (razen obravnavanju nehajeno, brušeno + GA3) je prišlo do okužbe, vendar se pri nobenem niso okužila vsa semena (slika 7).



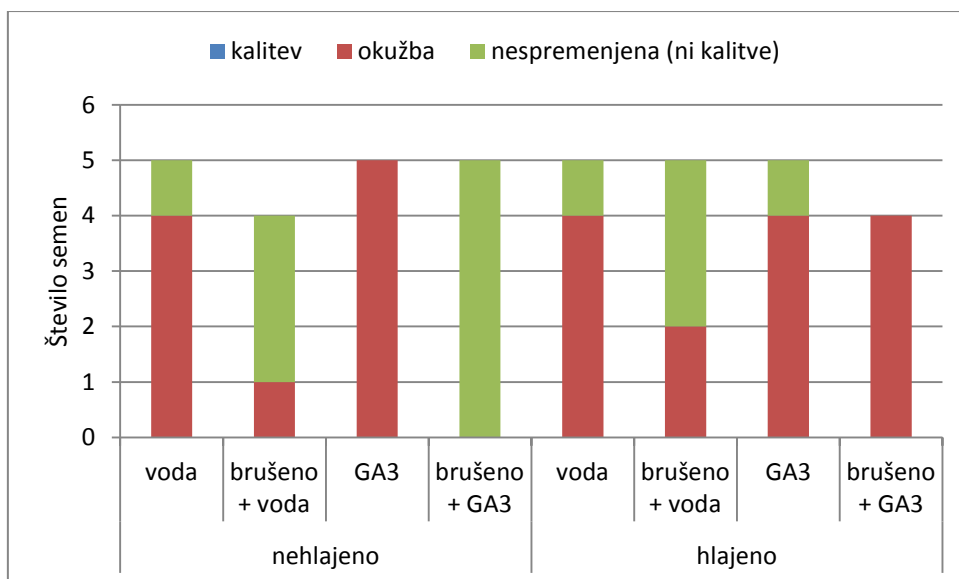
Slika 7: Kalitev, okužba in nespremenjena semena (ni kalitve) pri vrsti alpska madronščica (*Linaria alpina* Mill.) za posamezna obravnavanja brez hladnega tretiranja (nehlajeno) in pri hladnem tretiranju (hlajeno)

Semena košutnika niso kalila pri nobenem obravnavanju. Pri brušenju semen se je okužilo več semen kot pri semenih, ki jih nismo brusili. Pri hladnem obravnavanju je razvidna večja okuženost semen košutnika pri namakanju v giberelinski kislini. Pri obravnavanju z vodo je prišlo do manjše okuženosti semen oziroma je več kot pol semen ostalo neokuženih (slika 8).



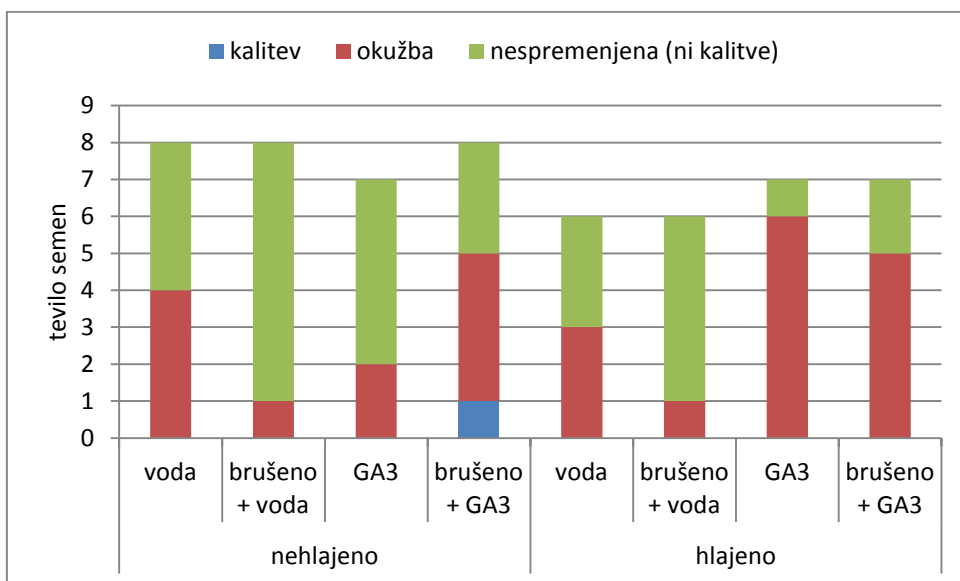
Slika 8: Kalitev, okužba in nespremenjena semena (ni kalitve) pri vrsti košutnika (*Gentiano lutea* L.) za posamezna obravnavanja brez hladnega tretiranja (nehlajeno) in pri hladnem tretiranju (hlajeno)

Stara semena košutnika (iz prvega poskusnega leta) niso kalila pri nobenem obravnavanju. Pri semenih, ki smo jih namakali v giberelinski kislini, je prišlo do 100% okužbe, pri semenih, ki pa smo jih še dodatno brusili, do okužbe ni prišlo in so semena ostala nespremenjena. Okužba je bila prisotna pri vseh obravnavanjih semen košutnika iz prvega poskusnega leta pri hladnem obravnavanju, ne glede na obravnavanja. Pri brušenju in namakanju semen v vodi sta bili okuženi le 2 semeni, 3 semena pa so ostala nespremenjena. Pri namakanju v vodi in giberelinski kislini je ostalo neokuženo (nespremenjeno) le po 1 seme (slika 9).



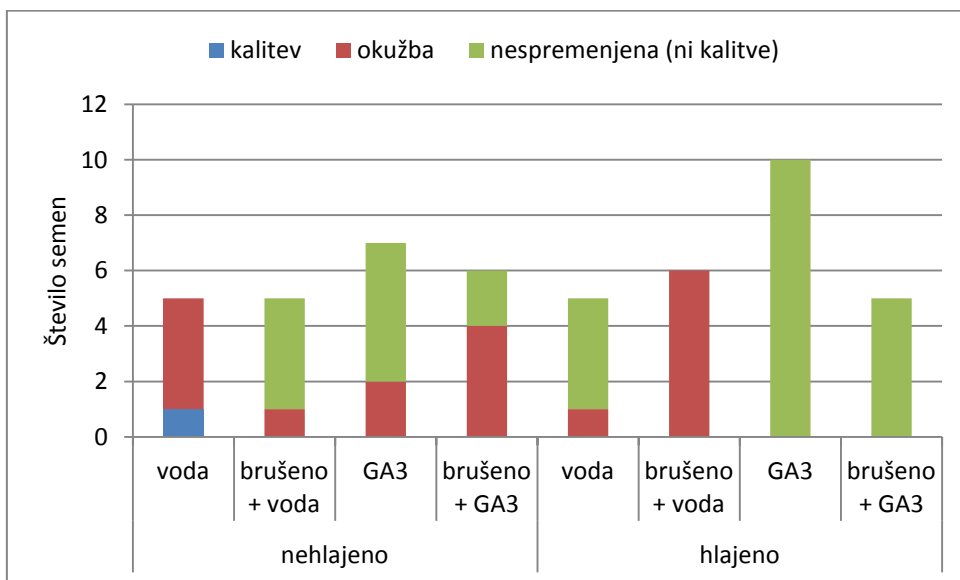
Slika 9: Kalitev, okužba in nespremenjena semena (ni kalitve) pri vrsti košutnik (*Gentiano lutea* L.) iz prvega poskusnega leta za posamezna obravnavanja brez hladnega tretiranja (nehlajeno) in pri hladnem tretiranju (hlajeno)

Pri zvončnici je okuženost semen pri namakanju v giberelinski kislini le malo večja kot pri namakanju v bidestilirani vodi. Pri obravnavanju namakanja v giberelinski kislini in brušenju je 1 seme vzkliklo, 4 so se okužila in 3 so ostala nespremenjena. Pri hladnem obravnavanju je prišlo do večje okužbe semen zvončnice pri namakanju v giberelinski kislini, vendar se niso okužila vsa semena (slika 10).



Slika 10: Kalitev, okužba in nespremenjena semena (ni kalitve) pri vrsti zvončnica (*Campanula alpina* Jacq.) za posamezna obravnavanja brez hladnega tretiranja (nehlajeno) in pri hladnem tretiranju (hlajeno)

Pri oklepu (*Androsace integra* (Maxim.) Hand.-Mazz.) je bila okužba semen največja pri namakanju semen v bidestilirani vodi, vendar je vseeno vzklilo 1 seme. Pri vseh drugih obravnavanjih do kalitve ni prišlo. Pri hladnem obravnavanju semen oklepa je razvidna večja okuženost pri namakanju v bidestilirani vodi kot v giberelinski kislini, kjer do okužbe sploh ni prišlo. Do okužbe je prišlo pri vseh semenih drugega obravnavanja (brušeno + voda) (slika 11).



Slika 11: Kalitev, okužba in nespremenjena semena (ni kalitve) pri vrsti oklep (*Androsace integra* (Maxim.) Hand.-Mazz.) za posamezna obravnavanja brez hladnega tretiranja (nehlajeno) in pri hladnem tretiranju (hlajeno)

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Gorske rastline so se na ostre življenjske razmere prilagodile z ustrezno zgradbo in razrastjo. Veliko jih ima močno razvit koreninski sistem, ki jim zagotavlja preskrbo z vodo in hranili, obenem pa jih močno pritrja k podlagi. Večina jih je blazinaste ali rušnate razrasti. Stebla so blizu skupaj. S tem zadržujejo vlago, odpadli lističi pa ostanejo v blazini in ustvarjajo humus; tako rastlina dobi nekaj hranilnih snovi. Značilna lastnost je tudi dlakavost listov, s čimer se varujejo pred čezmernim oddajanjem vode in škodljivimi ultravijoličnimi žarki (Ravnik, 2004).

Pri poskusu na prostem so kalila le semena vrste alpska madronščica in vrste divji klinček. Vzklilo je 22,9 % semen alpske madronščice, ki so vse preživele in bujno cvetele že v prvem letu po setvi. Jeseni so semenile. Rastline, ki so uspešno prezimile, so spomladi bujno pognale. Tudi v rastni komori so semena alpske madronščice kalila uspešneje kot semena drugih vrst v poskusu. Pri tem je pomembno poudariti, da se je kot uspešnejša pokazala direktna setev, brez predhodnega hladnega tretiranja semen. Ta rezultat kaže, da so semena s hladnim skladiščenjem izgubila kalivost. Semena, namočena v vodi, so kalila bolje kot tista, namočena v giberelinski kislini. Ta rezultat nakazuje, da nezmožnost kalitve semen pri alpski madronščici ni v neustreznem hormonskem razmerju, temveč gre očitno za druge vzroke nekalitve (Osterc in Rusjan, 2013). Na splošno se je alpska madronščica izkazala kot manj zahtevna za kalitev in nadaljnje gojenje. V nižinskih razmerah je alpska madronščica višja, bujnejša, po pričakovanjih so cvetovi manjši in manj izrazite kontrastne barve (glej sliki 3 in 4). V gorah so rastline izpostavljene veliko večjim temperaturnim nihanjem, pogosto pa so poletne noči zelo hladne. Zato rastline ohranjajo t. i. blazinasto rast. Prav tako je v goratih, kamnitih predelih, kjer raste alpska madronščica, malo hranil. V nižinskih razmerah imajo rastline ugodnejše razmere za rast.

Pri divjem klinčku (*Dianthus sylvestris* Wulf.) so vzklile le tri rastline, ki pa so uspešno rastle naprej in v drugem letu konec maja obilno cvetele. Cvetenje smo zabeležili tudi v letu 2016. Divji klinček je majhen, vendar oblikuje gost šop trdnih listov, ki se zdijo neobčutljivi za vremenske razmere. Naredi zelo dolge nitaste in goste korenine. V kalilnem poskusu semena divjega klinčka nismo imeli na voljo.

Pri kalilnem poskusu v rastni komori so semena arnike (*Arnica montana* L.) dvakrat bolje kalila pri obravnavanju brez predhodnega hladnega obravnavanja kot po hladni stratifikaciji. Enako je bilo pri vrsti *Linaria alpina* L. Mill. Pričakovali smo, da bodo bolje kalila semena, ki smo jih hladno stratificirali, vendar ni bilo tako. Prav tako so bila semena pri hladni stratifikaciji pri obeh vrstah bolj okužena (glej sliki 8 in 13). Morda so bila semena določeno obdobje hranjena na hladnem že v semenski hiši, kjer smo jih naročili (to iz priloženega potrdila ni bilo povsem jasno), in smo zato boljše rezultate dobili pri direktni setvi. Semena arnike v poskusu na prostem niso kalila. Morda je bil kriv preveč peščen substrat, zaradi česar se je kaleče seme izsušilo. Se je pa torej pokazalo, da imajo kontrolirane razmere pri kalitvi semen prednost, saj razmere lahko veliko bolje in natančneje kontroliramo. V kalilnem poskusu smo v petrijevkah zagotavljali potrebno vlago, pa seveda stalno temperaturo in osvetlitev, kar poudarjata tudi Osterc in Rusjan

(2013). Pri arniki so semena, ki niso bila brušena, kalila nekoliko bolje od brušenih, okuženost pa je bila v obeh primerih enaka. Pri arniki so semena, namočena v vodi, kalila dvakrat bolje kot tista, namočena v giberelinski kislini. Izrazito večja pa je bila okuženost semen, namočenih v giberelinski kislini (slika 6). Očitno pri arniki samo s hladnim tretiranjem ne odpravimo nezmožnosti kalitve. Pri arniki tudi brušenje oz. tretiranje semen z giberelini ni prineslo izboljšanja kalitve. To kaže na to, da nezmožnost kalitve očitno ni nujno povezana s problemom otrdele lupine oz. neustreznim hormonskim razmerjem. Je pa res, da smo v našem poskusu preizkusili le eno koncentracijo giberelinske kisline, ki morda ni bila najbolj ustrezna (Osterc in Rusjan, 2013).

Semena košutnika (*Gentiana lutea* L.) v našem poskusu niso kalila v nobenem obravnavanju. Najverjetneje so bila semena nekaliva. Lahko so bila še nedozorela oziroma prehitro pobrana in skladiščena na neprimernem mestu, da je prišlo do izsušitve in propada semen. Opazili smo veliko okuženost semen z glivami, ki je bila dvakrat večja pri obravnavanjih, pri katerih semena nismo brusili (slika 8). Čeprav so bila brušena semena površinsko bolj izpostavljena, rezultati kažejo manjšo okuženost. Zato lahko sklepamo, da smo z brušenjem delno odstranili problem okuženosti. Okuženost semen bi torej bil lahko pomemben vzrok za nekalivost semen, ne samo košutnika, temveč morda tudi arnike in zvončnice. Semen v naših poskusih pred setvijo nismo razkuževali, predvsem zato, ker smo jih naročili iz priznane semenske hiše in nismo pričakovali tolikšnih problemov z okuženostjo. V morebitnih bodočih kalilnih poskusih bi bilo treba semena pred setvijo površinsko razkužiti.

Da je okuženost semen lahko povzročila problem nekalitve v naših poskusih, posredno potrjujejo tudi raziskave Kušarjeve in Baričevičeve (2006), v katerih so uspeli kaliti košutnikova semena veliko bolje. Semena dveh ekotipov bratinskega košutnika (*Gentiana lutea* L. subsp. *symphyandra* Murb.) so bila sicer nabrana v naravi. Gojenje rastlin za poskus se je pričelo s setvijo semen po predhodnem namakanju v raztopini giberelinske kisline (0,4 mg/ml). Vznik pri obeh ekotipih je bil od 58–81 %. Presajanje v lončke je uspešno prestalo 76–92 % sejancov.

Semena gorskih rastlin imajo različne mehanizme za začetek kalitve. V kontroliranih razmerah (petrijevke, rastna komora) jim nudimo optimalne razmere, pri čemer imajo enako dobre razmere za rast in razvoj tudi mikroorganizmi. Kalilnega poskusa nismo delali v aseptičnih (sterilnih) razmerah, prav tako semena nismo razkužili. Glede na veliko okuženost semen bi bilo treba semena verjetno obdelati s fungicidom, da bi se izognili okuženosti z glivami.

Zdrava semena so pogosto naravno odporna na mikroorganizme. Če kolonije gliv in bakterij opazimo kmalu potem, ko smo semena položili na kalilni papir, to najpogosteje nakazuje, da semena niso kaliva, so šibka ali so razmere za kalitev izrazito neugodne. Pri semenih, ki kalijo pri zmernih do visokih temperaturah, se mikroorganizmi pogosto naselijo tako na kalilni podlagi kot na semenih. V takem primeru lahko uporabimo fungicid. Pri tem je treba paziti na ustrezno koncentracijo, da ne zavremo ali preprečimo kalitve. Razvoj mikroorganizmov lahko skušamo preprečiti tudi z znižanjem temperature pri kalitvi in s strogimi ukrepi glede čistoče. Delovne površine, posode, petrijevke in kalilni papir morajo biti čisti. Semena lahko delno steriliziramo tako, da jih prelijemo z

vrelo (ali skoraj vrelo) vodo, ali tako, da jih prelijemo z 0,01-odstotno raztopino vodikovega peroksida (Young in Young, 1999).

Pomembno raziskavo o vrstah dormance pri 28 gorskih rastlinah so opravili Schwenbacher in sod. (2011). Objavili so seznam visokogorskih rastlin (preglednica 1), v katerem sta opredeljena tip in raven dormance. Seznam lahko služi kot dragocena pomoč pri nadaljnjih raziskavah. Za vsak tip in raven dormance lahko predvidimo potrebne tipične stratifikacijske postopke za odpravo dormance. Zato je v bodoče smiselno uporabiti le stratifikacijske postopke, ki so primerni za posamezno vrsto, in ne različnih, kot smo jih uporabili v našem poskusu.

5.2 SKLEPI

Glede na dobljene rezultate lahko sklepamo, da je razmnoževanje gorskih rastlin s semeni težavno, vendar je mogoče in lahko tudi uspešno. Določene vrste kalijo hitreje kot druge in njihovo gojenje ni problematično (npr. pri *Linaria alpina* L. Mill.), medtem ko druge kalijo le po uporabi določenih stratifikacijskih tehnik. S poskusi nam ni uspelo preizkusiti vseh stratifikacijskih postopkov (oziroma preizkušati različnih koncentracij pri obdelavi z giberelinsko kislino, različnih obdobjih hladne stratifikacije itd.), zato semena treh vrst rastlin niso kalila v nobenem obravnavanju. Semena smo naročili prek spleta, kar se je izkazalo za zelo priročno možnost, saj bi jih bilo sicer treba pridobiti v gorskem okolju, natančno v času zrelosti semen. Izkazalo pa se je, da kakovosti kupljenih semen ni mogoče preveriti oziroma se nanjo zanesti.

Tipov dormance v našem primeru ni mogoče zanesljivo navesti, saj v grafičnih prikazih kalivosti posameznih rastlin vidimo, da so kalila semena pri vseh obravnavanjih (npr. alpska madronščica) ali pa pri nobenem (npr. košutnik). Pri zvončnici (*Campanula alpina* Jacq.) je vzklilo le eno seme, ki je bilo tretirano z giberelinsko kislino in brušeno, kar predpostavlja morfološko-fiziološko dormanco (MFD). Za trden dokaz eno seme ni dovolj. V preglednici 1 je za navedeno vrsto zvončnice *Campanula scheuchzeri* ugotovljena prav tako morfološko-fiziološka dormanca (MFD).

Glavne ugotovitve, ki smo jih pridobili, so naslednje:

- Alpska madronščica je uspešno kalila, rastla in se sama razmnožila naprej.
- Divji klinček in alpski jagodnjak sta kalila in cvetela leta 2015 in 2016.
- Semena arnike so vzklila, vendar rastline niso cvetele, zaradi počasne rasti.
- Semena *Androsace integra* (Maxim.) Hand.-Mazz., *Campanula alpina* Jacq. in *Gentiana lutea* L. niso kalila.
- Alpska madronščica in divji klinček, posejana na prosto leta 2013, sta se uspešno razvila in v letih 2014 in 2015 cvetela in naredila seme.

Za uspešno gojenje v prodajne namene bi bilo treba nadaljevati s kalilnimi poskusi, da bi za posamezne vrste natančneje optimizirali stratifikacijske postopke. Gojenje bi morali začeti z rastlinami, ki uspešneje kalijo, kot je po naših izkušnjah alpska madronščica. Preizkusiti bi morali tudi semena različnih semenskih hiš ter tudi semena, ki bi jih nabrali

sami, saj je kakovost matičnega materiala za uspeh kalitve odločilna. Prav tako bi bilo treba preučiti možnosti vegetativnega razmnoževanja, česar naš poskus ni zajemal.

6 POVZETEK

Nekatere vrste gorskih rastlin so manj problematične za gojenje in se uspešno prilagodijo gojenju v nižinskih razmerah. Njihov habitus se spremeni, saj imajo ugodnejše rastne in vremenske razmere. V visokogorju imajo rastline manj hranil, krajšo rastno dobo in manj ugodne podnebne razmere. Preučevali smo kalitev semen različnih vrst gorskih rastlin. Semena smo naročili prek spletne strani Plant world seeds, ki ima sedež v Devonu v Angliji.

Poglavitni problem, ki se pojavlja pri razmnoževanju gorskih rastlin s semeni, je, da za vsako vrsto posebej ne moremo vedeti, kakšen tip dormance (če sploh) je zanjo značilen. V osnovi poznamo fiziološko, morfološko in fizično dormanco. Največ gorskih rastlin ima fiziološko dormanco, sledita morfološka in fizična dormanca. Poznamo tudi kombinacije. Najbolj kompleksna je morfološko-fiziološka dormanca, znana pri družinah sviščevk (*Gentianaceae*), zvončičevk (*Campanulaceae*) in zlatičevk (*Ranunculaceae*). Za mnogo vrst v literaturi ni podatkov o dormanci, saj raziskav na tem področju ni veliko.

Pri visokogorski vrsti *Linaria alpina* L. Mill. zaradi premajhnega števila semen nismo ugotovili, katero obravnavanje je dalo najboljše rezultate, vendar se je pokazala kot najprimernejša za gojenje. V preglednici 1 je za alpsko madronščico (*Linaria alpina* L. Mill.) navedena globoka fiziološka dormanca, ki se odpravi z daljšo hladno stratifikacijo. V našem poskusu pa so skoraj dvakrat bolje kalila semena, ki jih nismo hladno stratificirali. Semena, ki so bila na hladnem, so bila bolj okužena, zaradi česar je bila kalivost toliko slabša. Možno je, da so bila semena že pred prodajo skladiščena na hladnem, zaradi česar so dormanco že odpravila, in je hladno obravnavanje v poskusu povzročilo sekundarno dormanco. Zaradi majhnega števila semen pri posameznih obravnavanjih ne moremo priti do trdnih sklepov. Alpska madronščica je uspešno rastla v nezavarovanih nižinskih razmerah, bogato cvetela, semenila in rastla še naprej naslednje leto.

V našem poskusu sta bili delno uspešni vrsti *Arnica montana* L. (iz poskusa v rastni komori) in *Dianthus sylvestris* Wulf. (poskus na prostem). Pri arniki so rastlinice po kaljenju bolj občutljive, njihova rast je zelo počasna, zato rastlin nismo vzgojili v kratkem obdobju. Divji klinček ni cvetel isto leto, kot je vzklik, temveč šele naslednjo pomlad. Skoraj naenkrat je odprl rožnate cvetove na mnogih steblih. Ista rastlina cveti tudi letos, stara tri leta.

Semena drugih vrst rastlin niso kalila. Namakanje v giberelinski kislini v našem poskusu ni bilo uspešno.

Za naš poskus bi bilo nabiranje semen v visokogorju boljša možnost kot nakup semen v nespecializirani semenarski hiši.

Pri nadaljnjih poskusih gojenja rastlin, problematičnih zaradi dormance in posledično dolgega časa kalitve, je treba razmisliti o predhodni obdelavi semen z ustreznimi fitofarmaceutskimi sredstvi, ki bi preprečevala glivične okužbe.

Na podlagi rezultatov poskusa lahko sklenemo, da bi se dalo z nadaljnimi poskusi in izkušnjami ponudbo gorskih rastlin v vrtnarstvu, ki že zdaj vključuje nekaj znanih rastlin, kot sta encijan in planika, razširiti še s kakšno manj občutljivo in bolj prilagodljivo vrsto.

7 VIRI

- Attenborough D. 1996. Zasebno življenje rastlin. Ljubljana, Cankarjeva založba: 319 str.
- Batič F. 2013. Študijska gradiva s predavanj: Razmnoževanje rastlin. Katedra za aplikativno botaniko, ekologijo in fiziologijo rastlin.
<http://web.bf.uni-lj.si/ag/botanika/gradiva/Razmnozevanje%20rastlin.pdf> (13. April 2016)
- Baskin C. C., Milberg P., Andersson L., Baskin J. M. 2000. Seed dormancy-breaking and germination requirements of *Drosera anglica*, an insectivorous species of the northern hemisphere. *Acta Oecologica*, 22: 1–8
- Baskin J. M., Baskin C. C. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*, 14: 1–16
- Bliss D., Smith H. 1985. Penetration of light into soil and its role in the control of seed germination. *Plant, Cell and Environment*, 8: 475–483
- Bradford K. J. 1995. Water relations in seed germination rates. V: *Seed development and germination*. Kigel J., Galili G. (ur.). New York, Marcel Dekker: 351–396
- Chon Y. S., Jeong K. J., Lee S. W. in Yun J. G. 2015. Role of temperature and gibberellic acid in stimulating embryo elongation and radicle emergence of *hepatica asiatica* Nakai seeds. *Korean Journal of Horticultural Science & Amp. Technology*, 33, 3: 331–339
- Densmore R. V. 1997. Effect of day length on germination of seeds collected in Alaska. *American Journal of Botany*, 84: 274–278
- Fenner M., Thompson K., 2005. *The ecology of seeds*. Cambridge, University Press: 261 str.
- Fragaria vesca alpina*. 2015. Plant world seeds
http://www.plant-world-seeds.com/store/view_seed_item/2261 (11. maj 2016)
- Kebreab E., Murdoch A. J. 1999. A quantitative model for loss of primary dormancy and induction of secondary dormancy in imbibed seeds of *Orobanche* spp. *Journal of Experimental Botany*, 50: 211–219
- Kullman L. 2002. Rapid recent range-margin rise of tree and shrub species in the Swedish Scandes. *Journal of Ecology*, 90: 68–77
- Kušar A., Baričevič D. 2006. Poskusi pridelovanja bratinskega košutnika (*Gentiana lutea* L. subsp. *symphyandra* Murb.) na območju zahodne Slovenije. *Acta agriculturae Slovenica*, 87, 2: 213–224

- Nonogaki H., Bassel G. W., Bewley J. D. 2010. Germination - still a mystery. *Plant Science*, 179: 574–581
- McKone M. J., Kelly D., Lee W. G. 1998. Effect of climate change on mast-seeding species: frequency of mass flowering and escape from specialist insect seed predators. *Global Change Biology*, 4: 591–596
- Morpeth D. R., Hall A. M. 2000. Microbial enhancement of seed germination in *Rosa corymbifera* 'Laxa'. *Seed Science Research*, 10: 489–494
- Murdoch A. J., Ellis R. H. 2000. Dormancy, viability and longevity. V: *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. Fenner M. (ur.). Wallingford, CABI Publishing: 183–214
- Osterc G., Rusjan D. 2013. Drevesničarstvo in trsničarstvo: Gojenje lesnatih sadik in trtnih cepljenk. Ljubljana, Založba Kmečki glas: 112 str.
- Pearson T. R. H., Burslem D., Mullins C. E., Dalling J. W. 2002. Germination ecology of neotropical pioneers: interacting effects of environmental conditions and seed size. *Ecology*, 83, 2: 798–807
- Probert R. J. 2000. The role of temperature in seed dormancy and germination. V: *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. Fenner M. (ur.). Wallingford, CABI: 261–292
- Purpurni svišč. 2013. Wikipedija (15. sep. 2013).
https://sl.wikipedia.org/wiki/Purpurni_svi%C5%A1%C4%8D (11. maj 2016)
- Ravnik V. 2004. Rastlinstvo naših gora, ikonografija rastlin Julijskih in Kamniško-Savinjskih Alp ter Karavank. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 192 str.
- Schütz W. 2002. Dormancy characteristics and germination timing in two alpine *Carex* species. *Basic and Applied Ecology*, 3: 125–134
- Schwienbacher E., Navarro-Cano J. A., Neuner G., Erschbamer B. 2011. Seed dormancy in alpine species. *Flora*, 206: 845–856
- Shen W., Zhang L., Liu X., Luo T. 2014. Seed-based treeline seedlings are vulnerable to freezing events in the early growing season under a warmer climate: Evidence from a reciprocal transplant experiment in the Sergyemla Mountains, southeast Tibet. *Agricultural and Forest Meteorology*, 187: 83–92
- Spethmann W. 1997. Methoden der Gehölzvermehrung. V: *Die Baumschule*. Krüssmann G. (ur.). Berlin, Parey Verlag: 325–490

- Stenstrom M., Gugerli, F., Henry G. H. R. 1997. Response of *Saxifraga oppositifolia* L. to simulated climate change at three contrasting latitudes. *Global Change Biology*, 3: 44–54
- Takaki M., Kendrick R. E., Dietrich S. M. C. 1981. Interaction of light and temperature on the germination of *Rumex obtusifolius*. *Planta*, 152: 209–214
- Thompson K. 2000. The functional ecology of seed banks. V: *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. Fenner M. (ur.). Wallingford, CABI: 215–35
- Thompson K., Grime J. P. 1983. A comparative study of germination responses to diurnally-fluctuating temperatures. *Journal of Applied Ecology*, 20: 141–156
- Totland O. 1999. Effects of temperature on performance and phenotypic selection on plant traits in alpine *Ranunculus acris*. *Oecologia*, 120: 242–251
- Trudgill D. L., Squire G. R., Thompson K. 2000. A thermal time basis for comparing the germination requirements of some British herbaceous plants. *New Phytologist*, 145: 107–114
- Vleeshouwers L. M., Bouwmeester H. J. 2001. A simulation model for seasonal changes in dormancy and germination of weeds seeds. *Seed Science Research*, 11: 77–92
- Vodnik D. 2012. *Osnove fiziologije rastlin*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 141 str.
- Young J. A., Young C. G. 1999. *Collecting, processing and germinating seeds of wildland plants*. Portland, Oregon, Timber press: 221 str.
- Wagner J., Mitterhofer E. 1998. Phenology, seed development, and reproductive success of an alpine population of *Gentianella germanica* in climatically varying years. *Botanica Acta*, 111: 159–66
- Willfort R. 1997. *Zdravilne rastline in njih uporaba*. Maribor, Založba Obzorja: 576 str.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Gregorju OSTERCU za strokovno vodstvo in pomoč, doc. dr. Damijani KASTELEC za izdelavo logistične regresije, recenzentu doc. dr. Klemnu ELERJU za strokovni pregled in predsednici komisije za zagovor prof. dr. Metki HUDINA za končni pregled.

Hvala staršem, bratom in sestri ter dvojnemu diplomantu ekonomije nemške in slovenske univerze, Matiji Jerasu.

Alenki za podporo pri vpisu in študiju druge stopnje. Za nadstandard v stilu.

Mami Cvetki za ljubezen do rož in podporo pri študiju ter dobra kosila.

Tanji za pomoč in podporo ter jezikovni pregled.

Za podporo hvala prijateljem: Davorju, Igorju, Andreju, Blažu in Nicu.

Za življenjsko moč gre zahvala tudi: Maši, Mateji, Katarini, Tini, Maši, Lini, Marigone, Jani, Daši, Dori, Blanci, LinLin, Niki, Karmen, Sanji, Eli in Evi, ki mi je pokazala, kako to gre.