Inhibitori klijanja u sjemenu mrkve, peršina i kopra i njihovo uklanjanje ispiranjem

Skomrak, Antonia

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:281270

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Antonia Skomrak

INHIBITORI KLIJANJA U SJEMENU MRKVE, PERŠINA I KOPRA I NJIHOVO UKLANJANJE ISPIRANJEM

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET
Hortikultura - Povrćarstvo

Antonia Skomrak

INHIBITORI KLIJANJA U SJEMENU MRKVE, PERŠINA I KOPRA I NJIHOVO UKLANJANJE ISPIRANJEM

DIPLOMSKI RAD

Mentorica: izv. prof. dr. sc. Ivanka Žutić
Neposredna voditeljica: dr. sc. Sanja Radman

Zagreb, 2016.

Ovaj diplomski rad je ocijenjen i obranjen dana _____

s ocjenom _____ pred Povjerenstvom u sastavu:

1. Izv. prof. dr. sc. Ivanka Žutić _____
2. Doc. dr. sc. Božidar Benko _____
3. Doc. dr. sc. Martina Grdiša _____

Neposredna voditeljica: dr. sc. Sanja Radman

SAŽETAK

Klijanje sjemena započinje samo ukoliko su zadovoljeni osnovni uvjeti klijanja poput dovoljne količine vode, topline i kisika. Međutim, kod nekih biljnih vrsta poput onih iz porodice Apiaceae neće doći do očekivanog klijanja ni u idealnim uvjetima što direktno utječe na ukupni prinos i prihod same proizvodnje tih kultura. Razlog tome je proces mirovanja (dormantnosti) sjemena, uglavnom uzrokovan prisutnošću inhibitora klijanja u sjemenoj ovojnici. Taj problem je osobito izražen u ekološkoj poljoprivredi gdje nije dozvoljena primjena kemijskih sredstava za tretiranje sjemena i gdje je veća ovisnost o prirodnim uvjetima.

Cilj ovog rada bio je utvrditi prisutnost i utjecaj inhibitora klijanja u sjemenu peršina, mrkve i kopra na energiju klijanja i ukupnu klijavost te ispitati mogućnost njihovog uklanjanja primjenom predsjetvenih tretmana ispiranja sjemena. U prvoj fazi pokusa ispitivan je utjecaj destilirane vode, $KMnO_4$ i EKO-RAST-a na klijanje sjemena navedenih vrsta, u usporedbi s netretiranim sjemenom (kontrola). Uzorci otopina u kojima se sjeme močilo korišteni su za naklijavanje sjemena rotkvice u drugom dijelu pokusa. Ovim istraživanjem dokazana je prisutnost inhibitora klijanja u sjemenoj ovojnici peršina, a najbolje su odstranjeni primjenom preparata EKO-RAST (80 % ukupne klijavosti). Za mrkvu i kopar primjena tretmana ispiranja sjemena nije potrebna niti ekonomski opravdana, budući da je visok postotak klijanja zabilježen upravo u kontrolnim netretiranim varijantama (90 % i 96,7 % ukupne klijavosti).

Ključne riječi: dormantnost, inhibitori klijanja, Apiaceae, EKO-RAST

ABSTRACT

Seed germination begins only if the essential conditions are fulfilled such as: sufficient quantity of water, specific higher temperature and oxygen. However, some plant species such as the ones from the Apiaceae family will not germinate not even in adequate conditions which influence directly overall harvest and the production those cultures. The main reason is seed dormancy which is present because of inhibitors in seed coats of these species. This is especially problem in organic production where application of chemical products is not allowed and the need for natural conditions is higher.

The aim of this study was to determine the presence and influence of germination inhibitors in seed of parsley, carrot and dill on germination viability, total germination and to test the possibility of their removal by applying soaking seed treatments before sowing. The influence of distilled water, $KMnO_4$ and EKO-RAST on seed of parsley, carrot and dill was examined in the first phase of the experiment. Their comparison were made with seed in which has not been used any treatment of soaking (control). The solution samples were used for germination radish seed in the second part of the experiment. This study demonstrated the presence of inhibitors of germination in seed coat of parsley and they were best removed by using product EKO-RAST (80% of germination). The seed soaking treatment application for carrot and dill is not necessary and economically justifiable, since it was a high percentage of germination observed in the untreated control variants (90% and 96.7% germination).

Key words: dormancy, inhibitors of germination, Apiaceae, EKO-RAST

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. PREGLED LITERATURE 2
2.1. Opće karakteristike vrsta iz porodice Apiaceae 2
2.2. Morfološka i biološka svojstva sjemena mrkve, peršina, kopra i rotkvice 2
2.2.1. Peršin 2
2.2.2. Mrkva 3
2.2.3. Kopar 4
2.2.4. Rotkvica 5
2.3. Energija klijanja i ukupna klijavost sjemena 5
2.3.1. Energija klijanja 5
2.3.2. Ukupna klijavost sjemena 6
2.4. Dormantnost sjemena 6
2.4.1. Čimbenici koji inhibiraju klijanje sjemena 7
2.4.2. Kategorije dormantnosti 7
2.4.2.1. Primarna i sekundarna dormantnost 7
2.4.2.2. Fiziološka dormantnost 8
2.4.2.3. Morfološka dormantnost 9
2.4.2.4. Morfofiziološka dormantnost 9
2.4.2.5. Fizikalna dormantnost 10
2.4.2.6. Kombinirana (fiziološka + fizikalna) 10
2.4.3. Načini prekidanja dormantnosti sjemena 10
2.4.3.1. Temperaturni tretmani 10
2.4.3.2. Skarifikacija 11
2.4.3.3. Ispiranje sjemena 12
2.4.3.4. Kemijski tretmani (biljni hormoni) 13
3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA 15
3.1. Postavljanje i provedba pokusa 15
3.2. Korišteni preparati za tretiranje sjemena 19
3.3. Statistička obrada podataka 19
4. REZULTATI 20
4.1. POKUS I 20
4.1.1. Peršin 20
4.1.2. Mrkva 21
4.1.3. Kopar 23
4.1.4. Usporedba ukupne klijavosti vrsta iz porodica Apiaceae 25
4.2. POKUS II 26
5. RASPRAVA 29
6. ZAKLJUČAK 32
7. LITERATURA 33

1. UVOD

Štitarke (Apiaceae) su dvogodišnje povrtne kulture porijeklom iz kontinentalnog i mediteranskog područja Europe i Azije, koje u prvoj godini svog razvoja formiraju zadebljali korijen radi kojeg se i uzgajaju, a u drugoj godini razvijaju cvjetnu stabljiku na čijem je vrhu cvat štitac po kojem su i dobile ime (Lešić i sur., 2004).

Klijanje sjemena povrtnih vrsta je proces koji počinje čim su osigurani osnovni uvjeti, kao što su dovoljna količina vode, topline i kisika. Međutim, u nekoliko vrsta iz porodice Apiaceae unatoč zadovoljenim uvjetima može doći do sporog i nejednoličnog klijanja, što se pripisuje pojavi koja se naziva dormantnost sjemena, odnosno postojanju inhibitornih tvari u sjemenoj ljusci te nezrelosti embrija (Pill, 1986). Taj problem je najizraženiji u peršina posebno u poljskim uvjetima uzgoja, jer može uvjetovati nedovoljan sklop, manji prinos i teškoće u provedbi agrotehničkih mjera (Vardjan, 1987; Parac, 1994). Rezultatima istraživanja dokazano je da ispiranjem sjemena peršina u trajanju od pola sata u destiliranoj aeriranoj vodi dolazi do uklanjanja inhibitora iz sjemene ljuske peršina (Hassel i Kretchman, 1992; Borošić i sur., 2006).

Budući da nije dovoljno istražen problem dormantnosti sjemena kod peršina uzrokovan inhibitorima klijanja u sjemenoj ljusci, provedeno je i ovo istraživanje s pretpostavkom mogućnosti pojave inhibitora klijanja i kod drugih vrsta iz porodice Apiaceae (mrkva i kopar). Cilj ovog rada bio je utvrditi prisutnost topivih inhibitora klijanja u sjemenu peršina, mrkve i kopra te njihov utjecaj na energiju klijanja i ukupnu klijavost sjemena. Sa svrhom što bržeg i ujednačenijeg klijanja istraživane su mogućnosti njihova uklanjanja primjenom predsjetvenih tretmana ispiranja dopuštenih u ekološkoj poljoprivredi poput destilirane vode, otopine kalijevog permanganata i komercijalnog preparata EKO-RAST. Postojanje mogućih inhibitora klijanja u sjemenu peršina, mrkve i kopra dokazivano je potom u drugom dijelu pokusa na način da se sjeme rotkvice močilo u otopinama koje su bile korištene za ispiranje spomenutih vrsta. Na temelju promatrane dinamike klijanja, energije klijanja i ukupne klijavosti rotkvice zaključilo se o postojanju inhibitora u navedenim vrstama, odnosno o mogućnosti njihova ispiranja.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Opće karakteristike vrsta iz porodice Apiaceae

Lešić i sur. (1993) definiraju sjemenku kao mladu biljku koja je privremeno u stadiju mirovanja, a sastoji se od embrija (klice), hranidbenog staničja (endosperma) i sjemene ljuske. S obzirom na različitost biljnih vrsta, sjemenke mogu imati različite uređaje koji im pomažu u rasprostranjivanju (dlake, različite krilate tvorevine, bodlje i sl.).

Vrste iz porodice Apiaceae imaju plod koji se naziva kalavac, a sastoji se od dva jednosjemena plodića koji se kasnije razdvoje (Lešić i sur., 2004). Na svakom plodu štitarki razlikuje se izvana 5 uzdužnih rebara (juga), a ispod njih nalazi se provodna žila. Između glavnih rebara česta je pojava i sporednih rebara. Između glavnih rebara najčešće se nalaze udubine ispod kojih su karakteristični sekretni kanali s eteričnim uljem. Sjemenke vrsta iz porodice Apiaceae teško bubre jer su bogate uljima pa zbog toga i polagano kliju u usporedbi sa ostalim kulturama (Lešić i sur., 1993).

Štitarke tek u drugoj godini razvijaju cvjetnu stabljiku na čijem je vrhu cvat štitac (Lešić i sur., 2004). Cvatnja traje oko mjesec dana, i to na način da prvo cvatu rubni, a zatim centralni štitići na štitcu prvog reda, što traje tijekom 7-10 dana. Oko osam dana nakon početka cvatnje štitca prvog reda počinje cvatnja štitaca drugog reda, a 10-12 dana nakon njih cvatu štitci trećeg reda (Lešić, 1993).

2.2. Morfološka i biološka svojstva sjemena mrkve, peršina, kopra i rotkvice

2.2.1. Peršin

Sjeme peršina (*Petroselinum crispum* L.) je bojom, dužinom, širinom i oblikom vrlo slično sjemenu mrkve, samo što na uzdužnim rebrima nema bodlje (slika 1). Moguće ga je zamijeniti sa sjemenom celera koje izgleda potpuno isto, samo je manjih dimenzija (Toth, 2012a). U usporedbi sa ostalim vrstama iz porodice štitarki, sjeme peršina može se prepoznati i po svom specifičnom mirisu (Lešić i sur., 1993). Broj sjemenki po gramu iznosi od 700 do 900. Sjeme peršina sporo bubri i klija zbog prisutnosti inhibitora klijanja u sjemenu (Lešić i sur., 2004), a niče na temperaturi od 2 do 3 ^{o}C (Agroklub, s.a./a). Prema Pravilniku o metodama uzorkovanja i ispitivanja kvalitete sjemena (NN 99/2008) kao optimalna

temperatura potrebna za klijanje navodi se 20 °C. Klijavost peršina traje 2 do 3 godine (Lešić i sur., 1993).



Slika 1. Sjeme peršina (http://www.gardenfresco.co.uk)

2.2.2. Mrkva

Sjeme mrkve (*Daucus carota* L.) je sivosmeđe boje, dužine 2 do 3 mm te širine 1 do 2 mm (slika 2). Ima oblik polumjeseca, a na uzdužnim rebrima koje ima na površini, nalaze se sitne bodlje koje se prilikom dorade sjemena uklanjaju (Lešić i sur., 2004; Toth, 2012a; Vrdoljak, 2015). Između uzdužnih rebara (u brazdicama) nalaze se sitni kanalići u kojima se izlučuje eterično ulje što daje osebujan miris sjemenu. Zbog prisutnog eteričnog ulja sjeme mrkve teško bubri i veoma polagano klije (Lešić i sur., 2004; Matotan, 2010).

Jednosjemeni plod može se koristiti kao sjeme, koje je vrlo sitno, a u jednom gramu može se nalaziti čak od 700 do 900 sjemenki (Lešić i sur., 2004). Klijanje i nicanje počinje već pri temperaturi od 3 do 4 °C, no u takvim uvjetima period nicanja je izuzetno dugačak, a kao optimalnu temperaturu za klijanje i nicanje Lešić i sur. (2004) spominju temperaturu od 20 ^{o}C. Klijavost mrkve može se sačuvati 3 do 4 godine (Lešić i sur., 1993).



Slika 2. Sjeme mrkve (http://dir.indiamart.com)

2.2.3. Kopar

Sjeme kopra (*Anethum graveolens* L.) je nešto većih dimenzija (slika 3) u usporedbi sa spomenutim vrstama; dužine 5 mm, širine 3 do 4 mm te promjera 0,5 do 1 mm (Agroklub, s.a./b). Sjemenka je izdužena, spljoštena, rebrasta i krilata, dok su rubovi prošireni, tanki i kožasti (Lešić i sur., 2004; Toth, 2012a). Krilca su svijetlosmeđe boje, a središnji dio s vidljivim uzdužnim rebrima tamnosmeđe je boje (Toth, 2012a). Masa 1000 sjemenki kopra iznosi 1 do 2 g (Agroklub, s.a./b; Agroportal, 2014). Sjeme kopra sporo klija, a optimalna temperatura klijanja je od 8 do 10 ^{o}C, nakon čega sjeme proklija za 10 do 17 dana. Klijavost kopra traje 2 do 3 godine (Žutić, 2009; Agroklub, s.a./b).



Slika 3. Sjeme kopra (Toth, 2012a)

2.2.4. Rotkvica

Rotkvica (*Raphanus sativus* L. var. *sativus*) jednogodišnja je povrtna vrsta iz porodice krstašica (Brassicaceae) porijeklom iz istočnog Mediterana i prednje Azije (slika 4). Plod rotkvice naziva se komuščica (duga 3 do 7 cm i promjera oko 1 cm) u kojoj se nalazi 3 do 6 sjemenki, svijetlosmeđe do crvenkaste boje te nepravilno okruglog oblika. Sjeme je promjera od 2,5 do 4 mm, a u 1 gramu ima 100 do 160 sjemenki (Lešić i sur., 1993; Lešić i sur., 2004). Minimalna temperatura za klijanje sjemena iznosi 2 do 3 °C, optimalna temperatura za rast je od 16 do 20° C te može podnijeti niske temperature do -4 °C (Agroklub, s.a./c; Kantoci, 2006). Lešić i sur. (1993) navode da klijavost sjeme rotkvice može zadržati 4 do 5 godina.



Slika 4. Sjeme rotkvice (Toth, 2012a)

2.3. Energija klijanja i ukupna klijavost sjemena

2.3.1. Energija klijanja

Prema Pravilniku o metodama uzorkovanja i ispitivanja kvalitete sjemena (NN 99/2008), energija klijanja utvrđuje se kao informativni podatak o broju normalnih klijanaca ispitan i utvrđen u laboratorijskim uvjetima prema ukupnom broju sjemenki stavljenih na klijanje, utvrđen nakon proteka vremena predviđenog za ovo ocjenjivanje odnosno za utvrđivanje energije klijanja.

Žutić (2011) ističe kako energija klijanja označava „živost“ sjemena, tj. što više sjemenki proklija u što kraćem roku, to je potencijal sjemena veći.

2.3.2. Ukupna klijavost sjemena

Prema Pravilniku o metodama uzorkovanja i ispitivanja kvalitete sjemena (NN 99/2008), ukupna klijavost sjemena jest u laboratorijskim uvjetima ispitan i utvrđen broj normalnih klijanaca prema ukupnom broju sjemenki stavljenih na klijanje, utvrđen nakon proteka vremena predviđenog za završno ocjenjivanje, iz uzorka jedne partije sjemena.

Prema Žutić (2011), klijavost sjemena je svojstvo koje pokazuje koliko će se biljaka razviti od 100 sjemenki i izražava se u %. Klijavost sjemena je uglavnom ≥ 85 %, dok je kod vrsta iz porodice Apiaceae nešto niža (≈65 %).

2.4. Dormantnost sjemena

Dormantnost sjemena predstavlja oblik biološkog prilagođavanja biljke koji onemogućuje prijevremeno klijanje sjemena već na samoj biljci, kao i klijanje u nepogodno doba godine sve dok se ne steknu uvjeti u kojima je moguć daljnji razvoj biljke. U tom razdoblju dormancije ili mirovanja sjeme nije sposobno klijati čak ni u uvjetima različitih kombinacija uobičajenih abiotskih čimbenika (temperature, vlage, kisika, svjetla, mraka i drugih čimbenika) koji su inače povoljni za njegovo klijanje. Ova pojava od izuzetnog je značaja za mnoge biljne vrste, posebice za višegodišnje kontinentalne vrste, jer omogućava preživljavanje sjemena tijekom hladnog zimskog razdoblja (Dubravec i Regula, 1995; Bewley, 1997; Baskin i Baskin, 2004; Čmelik i Perica 2007; Žutić, 2011).

Ovaj fenomen divljim vrstama osigurava da prežive prirodne katastrofe, smanjuje konkurenciju između jedinki iste vrste te sprječava klijanje izvan sezone. Suprotno tome, kultivirane vrste selektiraju se za brzo i ujednačeno klijanje nakon čega slijedi brzo nastajanje sadnica, a sve to s ciljem postignuća zadovoljavajućeg prinosa biljaka (Finkelstein i sur., 2008).

Na temelju brojnih istraživanja, uočeno je da je zrelo sjeme brojnih vrsta dormantno, a pored toga postoje razni urođeni mehanizmi za odgađanje klijavosti (Finch-Savage i Leubner-Metzger, 2006).

2.4.1. Čimbenici koji inhibiraju klijanje sjemena

Prema Vardjan (1987), sjeme koje je u stanju mirovanja (zrelo sjeme) klijat će u uvjetima s dovoljno vode, kisika i topline. Međutim, ponekad sjeme ne klije zbog unutarnjih, u sjemenu lokaliziranih čimbenika poput biljnih hormona (abscizinska i giberelinska kiselina), čak i ako su svi vanjski uvjeti zadovoljeni. Kemijski sastav tvari koje izazivaju dormantnost vrlo je različit, a njihovo akumuliranje uz istovremeno smanjivanje aktivatora rasta pridonosi dormantnosti sjemena (Čmelik i Perica, 2007).

Stanje mirovanja sjemena okarakterizirano je povećanjem sadržaja abscizinske (ABA) i smanjenjem sadržaja giberelinske kiseline (GA). Aktivnost ovih dvaju hormona prisutnih u sjemenu odvija se u različito doba „života“ sjemena pa tako ABA uzrokuje mirovanje, dok GA ima ključnu ulogu u klijanju sjemena (Karssen i Lacka, 1986; Koornneef i sur., 2002). Nedovoljna količina ABA tijekom razvoja sjemena dovodi do izostanka primarne dormancije i obrnuto, prejaka ekspresija gena koji kontroliraju biosintezu abscizinske kiseline pojačava dormantnost i odlaže mogućnost klijanja (Finkelstein i sur., 2002; Čmelik i Perica 2007).

2.4.2. Kategorije dormantnosti

2.4.2.1. Primarna i sekundarna dormantnost

Primarna dormantnost razvija se prilikom sazrijevanja sjemena na matičnoj biljci, a gubi se vrlo brzo nakon odvajanja od matične biljke (Vardjan, 1987; Toth, 2012b). To je endogena dormantnost, a uzrokovana je dormenima - kemijskim tvarima koje se nalaze u integumentima sjemenog zametka (iz kojeg nastaje zaštitni omotač sjemena), ali ih ima i u samom embriju. Dormeni sprječavaju klijanje sjemena čak i u uvjetima povoljnim za njegovo klijanje, sve dok se ne razgrade pod utjecajem niskih temperatura tijekom zimskog perioda, nakon čega je klijanje moguće čim temperature porastu (Vokurka, 2006).

Sekundarna dormantnost javlja se nakon rasprostiranja zrelog sjemena, što u prirodi predstavlja vrlo korisno biološko prilagođavanje, kojim se sprječava klijanje sjemena u nepovoljnom dijelu godine. Na taj se način omogućava klijanje u najpovoljnijem razdoblju, kako bi isklijale sjemenke i mlade biljčice u juvenilnoj fazi preživjele (Vardjan, 1987; Toth, 2012b). Upravo zbog sekundarne dormantnosti pri nepovoljnim ekološkim uvjetima poput nedovoljne količine vlage u tlu ili previsoke i preniske temperature, sjeme neće proklijati iako

su dormeni razgrađeni pod utjecajem niskih temperatura. Tek kada ekološki uvjeti budu povoljni, a sjeme prođe stadij vernalizacije (jarovizacije) ili stratifikaciju, može proklijati (Vokurka, 2006).

Prema Čmelik i Perica (2007) u počecima sistematizacije dormantnosti sjemena, postojala je podjela dormantnosti sjemena na dva osnovna tipa:

- endogena dormantnost
    - fiziološka,
    - morfološka,
    - morfofiziološka
- egzogena dormantnost
    - fizikalna,
    - kemijska,
    - mehanička.

Baskin i Baskin (2004) naglašavaju važnost strukturiranja različitih tipova dormantnosti sjemena, odnosno da se stvori međunarodno prihvatljiv sustav klasifikacije, kojeg bi koristili znanstvenici širom svijeta. Spomenuti autori su tako proširili podjelu dormantnosti sjemena na pet razreda:

- fiziološka,
- morfološka,
- morfofiziološka,
- fizikalna i
- kombinirana (fiziološka + fizikalna).

2.4.2.2. Fiziološka dormantnost

Prema Žutić (2011) fiziološka dormantnost je ona koja je uvjetovana kemijskim inhibitorima klijanja prisutnim u sjemenoj ljusci, endospermu ili klici. Ovo je najzastupljeniji oblik dormantnosti kojeg Baskin i Baskin (2004) dijele na tri razine: dugotrajna (duboka), prijelazna i kratkotrajna dormantnost.

a) Dugotrajna (duboka) dormantnost

Odlikuje se nemogućnošću klijanja ili razvojem abnormalnih klijanaca ukoliko sjeme nije bilo izloženo određeno vrijeme hladnoj ili toploj stratifikaciji. Nije ju moguće prekinuti egzogenim tretmanom sa giberelinskom kiselinom. Sjemenu je potrebno 3 do 4 mjeseca hladne stratifikacije kako bi proklijalo.

b) Prijelazna dormantnost

Kod prijelazne dormantnosti embrij stvara normalne klijance. Egzogeni tretman sa giberelinskom kiselinom potiče klijanje, ali ne kod svih vrsta. Sjemenu je potrebno 2 do 3 mjeseca hladne stratifikacije kako bi se prekinula dormantnost, a u uvjetima suhog skladištenja sjemena taj se period još dodatno skraćuje.

c) Kratkotrajna dormantnost

Kao i kod prijelazne dormantnosti, embrij stvara normalne klijance. Dormantnost se može prekinuti na nekoliko načina: tretmanom sa giberelinskom kiselinom, hladnom (od 0 do 10 ^{o}C) ili toplom ($\geq$15 ^{o}C) stratifikacijom te skarifikacijom (oštećivanjem sjemene ovojnice i/ili endokarpa). Još jedan od načina nadvladavanja kratkotrajne fiziološke dormantnosti je ispiranje sjemena tekućom vodom u razdoblju od nekoliko sati do nekoliko dana, ukoliko sjemena ovojnica sadrži topive inhibitorne tvari (Žutić, 2011).

2.4.2.3. Morfološka dormantnost

Prema Finch-Savage i Leubner-Metzger (2006), morfološka dormantnost vidljiva je u sjemenkama čiji je embrij nedovoljno razvijen (u smislu veličine), ali normalno diferenciran. Takav embrij nije fiziološki dormantan, već mu je potrebno određeno razdoblje kako bi započeo rast i klijanje.

2.4.2.4. Morfofiziološka dormantnost

Sjeme s ovakvom vrstom dormantnosti također ima embrij koji nije dovoljno razvijen, ali pored toga sadrži i fiziološke komponente dormancije. S ciljem prekida dormantnosti potrebni su tretmani za prekid mirovanja, kao npr. stratifikacija (hladna ili topla u definiranom

razdoblju) ili se mirovanje može prekinuti tretmanom s giberelinskom kiselinom (Čmelik i Perica 2007).

2.4.2.5. Fizikalna dormantnost

Fizikalna dormantnost uzrokovana je nepropusnošću sjemene ovojnice za vodu i plinove koji su prijeko potrebni za klijanje sjemena. Ovaj oblik dormantnosti može se prekinuti jedino mehaničkim (primjenom finih zrnaca pijeska koja u uvjetima centrifuge oštećuju sjemenu ovojnicu) ili kemijskim (primjenom agresivnih kemijskih tvari poput sumporne kiseline, vodikovog peroksida, mravlje kiseline i dr. u trajanju od nekoliko minuta do 1 sat) oštećivanjem sjemene ljuske, odnosno skarifikacijom (Finch-Savage i Leubner-Metzger, 2006; Žutić, 2011).

2.4.2.6. Kombinirana (fiziološka + fizikalna)

Sjeme s ovakvim tipom dormantnosti sadrži fiziološki dormantni embrij te slabo propusnu sjemenu ovojnicu za vodu i plinove. Sjeme nekih vrsta prevlada dormantnost tijekom skladištenja u sušnim uvjetima ili na polju u roku od nekoliko tjedana nakon sazrijevanja, čak iako sjemena ovojnica i dalje ne propušta vodu. Kod nekih vrsta potrebno je sjeme izložiti hladnoj stratifikaciji u razdoblju od nekoliko tjedana nakon što se prekine fizikalna dormantnost, odnosno nakon što sjeme započne upijati vodu prije klijanja (Baskin i Baskin, 2004).

2.4.3. Načini prekidanja dormantnosti sjemena

2.4.3.1. Temperaturni tretmani

Kao jedan od postupaka svladavanja dormantnosti sjemena Ujević i Kovačević (1972) spominju kako se sjeme treba postaviti na vlažnu podlogu pri temperaturi od 5 do 10 ^{o}C u razdoblju od 7 dana, a zatim prenijeti u termostat sa temperaturom od 20 do 30 ^{o}C.

Prema Pevalek-Kozlina (2003), sjemenke brojnih vrsta neće proklijati ukoliko nisu bile neko vrijeme izložene niskim temperaturama (0 do 10 ^{o}C). Stratifikacija je izlaganje vlažnog

sjemena (sjemenke moraju biti prethodno namočene u vodi) utjecaju niskih (od 4 do -18 ^{o}C) temperatura tijekom određenog razdoblja s ciljem smanjenja sadržaja inhibitora, odnosno, povećanja količine aktivatora klijanja, posebice giberelina (Pevalek-Kozlina, 2003; Žutić, 2011; Toth, 2012b). Tijekom stratifikacije, koja se izvodi u manje ili više kontroliranim uvjetima (optimalna temperatura i vlažnost), vrijeme mirovanja sjemena se znatno skraćuje, dok bi u prirodi zbog kolebanja temperature i vlažnosti to razdoblje bilo znatno duže. Tijekom stratifikacije dolazi do naglog ubrzavanja rasta embrija, povećavaju se aktivnost hidrolitičkih enzima i intenzitet disanja, što vodi brzoj sintezi nukleinskih kiselina. Paralelno sa spomenutim procesom smanjuje se sadržaj inhibitora, a povećava sadržaj aktivatora u sjemenu (u prvom redu giberelina). Prilikom tretiranja sjemena nekih vrsta giberelinom, postiže se isti efekt kao i pri izlaganju sjemena niskim temperaturama (Dubravec i Regula, 1995).

Bitno je razlikovati stratifikaciju sjemena, kao jedan od načina prekidanja dormantnosti sjemena, od jarovizacije, odnosno vernalizacije, kao jedne od etapa organogeneze biljke u kojoj treba biti zadovoljena potreba za određenom temperaturom zraka koja je odlučujući čimbenik za prijelaz iz vegetativne u generativnu fazu u kasnijem razdoblju života biljke. S obzirom na različitost uvjeta vanjske sredine, kao i vrsta i njihovih kultivara, ne mogu se precizno navesti optimalne i ograničavajuće temperature jarovizacije. Kod dvogodišnjih povrtnih vrsta (uključujući porodicu Apiaceae) za prijelaz iz vegetativne u generativnu fazu u pravilu su potrebne niže pozitivne temperature (u rasponu od 2 do 10, odnosno 15 ^{o}C) tijekom kraćeg ili dužeg razdoblja (od 2 do 24 tjedna), koje omogućuju potrebne fiziološke promjene (Toth, 2012b; Vukadinović, s.a.). Učinak vernalizacije može se poništiti periodom visokih temperatura (25 do 30 ^{o}C) nakon vernalizacije, čime dolazi do nastavka vegetativne faze (Lešić i sur., 1993; Vukadinović i sur., 2014).

2.4.3.2. Skarifikacija

Prema Palfi (2007) i Obajgor (2013), za uklanjanje nepropusne barijere kod sjemena koje nije u mogućnosti klijati zbog postojanja tvrde ovojnice ili endogenih čimbenika koristi se skarifikacija (mehanička ili kemijska).

Mehanička skarifikacija uglavnom uključuje primjenu finih zrnaca pijeska koja u uvjetima centrifuge oštećuju sjemenu ovojnicu (Žutić, 2012). Za mehaničku skarifikaciju koristi se

brusni papir, skalpel, nož ili igla pomoću kojih se može napraviti otvor na sjemenoj ovojnici i na taj način omogućiti ulazak vode u sjemenku. S obzirom da je to vrlo dugotrajan i nepraktičan proces ukoliko postoji velik broj sjemenki, koriste se komercijalno dostupni mehanički skarifikatori (visoka cijena, nepraktični za znanstvena istraživanja), manji strojevi poput malih čaša obloženih brusnim papirom te električni skarifikatori s jednom brzinom (Obajgor, 2013).

Kemijska skarifikacija uključuje primjenu koncentrirane 96 do 98 %-tne sumporne kiseline (H_2SO_4) za močenje sjemena. Vrijeme tijekom kojeg će sjeme biti močeno u kiselini ovisi o biljnoj vrsti, a nakon određenog vremena sjeme se izvadi iz kiseline i višekratno ispire. Tretiranje sjemena sumpornom kiselinom je jedna od najučinkovitijih i najjednostavnijih metoda kojom se povećava klijavost za 10 do 90 %. Cilj ovog tretmana je da se omekša sjemena ovojnica, stoga upotreba sumporne kiseline zahtijeva veliku pažnju kako se klica ne bi oštetila (Obajgor, 2013).

2.4.3.3. Ispiranje sjemena

Prema Ujević i Kovačević (1972) problem smanjene klijavosti sjemena uzrokovane prirodnim toksičnim supstancama u istome, odstranjuje se namakanjem i ispiranjem u vodi. Žutić (2011) također spominje ispiranje sjemena tekućom vodom u trajanju od nekoliko sati do nekoliko dana kod sjemena u čijoj su ovojnici prisutni topivi inhibitori klijanja.

Obajgor (2013) navodi kako je uranjanje sjemena u vruću vodu temperature od 60 do 70 ºC jedna od najučinkovitijih metoda kojom sjeme brojnih vrsta postaje propusno. Kod ovog postupka sjeme se stavi u platnenu vrećicu ili u materijal poput filtera za čaj te se moči u vrućoj vodi tijekom određenog vremena, a zatim se izvadi iz vode i hladi na sobnoj temperaturi ili uranjanjem u hladnu vodu.

2.4.3.4. Kemijski tretmani (biljni hormoni)

Dormantnost sjemena mnogih biljnih vrsta može se svladati egzogeno dodanim regulatorima rasta poput giberelina, citokinina, kinetina, etilena i drugih (Lešić, 1993; Pevalek-Kozlina 2003).

Giberelini su kemijski spojevi (fitohormoni) koji pripadaju diterpenima, a u biljci potiču izduživanje i dijeljenje stanica, cvatnju, zametanje plodova (partenokarpiju), stimuliraju produžni rast stabljike, pojačavaju apikalnu dominaciju, prekidaju dormantnost vršnih pupova i dormanost sjemenki. U suštini giberelini su giberelinske kiseline, a označuju se sa „GA_n“, gdje n predstavlja redni broj dotičnog giberelina. GA_3 ($C_{19}H_{22}O_6$) i GA_7 imaju najveću praktičnu primjenu te se uspješno primjenjuju u povrćarstvu. Egzogena primjena giberelina ne samo da pospješuje klijanje, već ga omogućuje čak i kada nisu prisutni potrebni okolišni uvjeti. Tako se biljnim vrstama koje zahtijevaju određeno razdoblje niskih temperatura ili vrstama kojima treba svjetlost da bi proklijale, dodaju giberelini i te će vrste moći klijati i pri višim temperaturama, odnosno u uvjetima tame (Dubravec i Regula, 1995; Pevalek-Kozlina, 2003; Dumičić, 2004).

Citokinini su N^6 supstituirani derivati adenina, a odlikuju se polifunkcionalnošću te su u većini slučajeva u neraskidivoj vezi s drugim fitohormonima i prirodnim inhibitorima rasta. Brojni su pozitivni učinci citokinina: stimulativno djeluju na diobu i izduživanje stanica kao i na rast korijenovog vrha i inicijaciju korijenove kape, odgađaju starenje listova, utječu na povećanje uroda nekih biljnih vrsta (pšenica, ječam, vinova loza, itd.), stimuliraju cvatnju, potiču povećavanje stanica u kotiledonima i listovima, sprječavaju starenje cvjetova i plodova, utječu na prekid dormantnosti i klijanje sjemena, povećavaju tolerantnost biljaka na visoke i niske temperature, gljivične infekcije kao i na intenzitet otvaranja puči i transpiraciju (Dubravec i Regula, 1995; Pevalek-Kozlina 2003).

Kinetin ili **6-furfurilaminopurin** ($C_{10}H_9N_5O$) je modificirani oblik adenina, sastojka DNA. Kinetin potiče diobu i izduživanje stanica, morfogenezu, usporava gubitak proteina i produžava razdoblje do žućenja listova, utječe na klijanje sjemena (sjeme tretirano kinetinom povećane je snage usvajanja vode) te kod nekih vrsta potiče cvatnju (Dubravec i Regula, 1995; Pevalek-Kozlina 2003; Biology Disscusion, 2013).

Etilen (C_2H_4) je plinoviti regulator rasta koji pripada skupini olefina, a njegovi fiziološki učinci su brojni: potiče dozrijevanje plodova, starenje listova i cvjetova, otpadanje listova, cvjetanje, pojačava razgradnju klorofila i izaziva nastanak karotenoida koji plodovima daju žutu boju, prekida dormantnost sjemenki i pupova, a može i izazvati anomalne pojave u rastu biljaka (Dubravec i Regula, 1995; Pevalek-Kozlina 2003).

3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

3.1. Postavljanje i provedba pokusa

Serije monofaktorijalnih pokusa postavljene su tijekom proljeća 2016. godine, u razdoblju od 30. ožujka 2016. do 6. svibnja 2016. godine na Zavodu za povrćarstvo Agronomskog fakulteta u Zagrebu. U svrhu ovog istraživanja korišteno je ekološki uzgojeno sjeme mrkve, peršina, kopra i rotkvice tvrtke Vilmorin (slika 5).



Slika 5. Sjeme peršina, mrkve, kopra i rotkvice iz ekološkog uzgoja (Foto: A. Skomrak)

U prvom dijelu pokusa korištene su tri biljne vrste iz porodice Apiaceae i tri tretmana ispiranja sjemena te netretirano sjeme. Pokus je započeo 30. ožujka močenjem 100 sjemenki mrkve, peršina i kopra u trajanju od 30 minuta u 100 ml destilirane vode, 2 %-tnoj otopini kalijevog permanganata ($KMnO_4$) te 0,5 %-tnoj otopini EKO-RAST-a, uz povremeno miješanje radi aeracije otopine (slika 6). Dio sjemena predstavljao je kontrolu pa nije korišten niti jedan od tretmana ispiranja. Nakon ispiranja (močenja) otopina je profiltrirana kroz filter papir (slika 7), a uzorci otopina u kojima je sjeme močeno spremljeni su u boce za drugi dio pokusa.



Slika 6. Peršin, mrkva i kopar u otopinama $KMNO_4$, EKO-RAST-a i destiliranoj vodi (Foto: A. Skomrak)



Slika 7. Filtriranje otopine (Foto: A. Skomrak)

Poslije sušenja na sobnoj temperaturi, sjemenke su smještene u Petrijeve posude (31. ožujka) što je prikazano na slici 8. Petrijeve posude su potom postavljene na klijanje u kontrolirane uvjete klima komore (temp. 20 °C; rel. vlažnost 80 %) te je sjeme redovito kontrolirano i prema potrebi vlaženo destiliranom vodom (slika 9).



Slika 8. Prikaz sjemena postavljenog u Petrijeve posude (Foto: A. Skomrak)



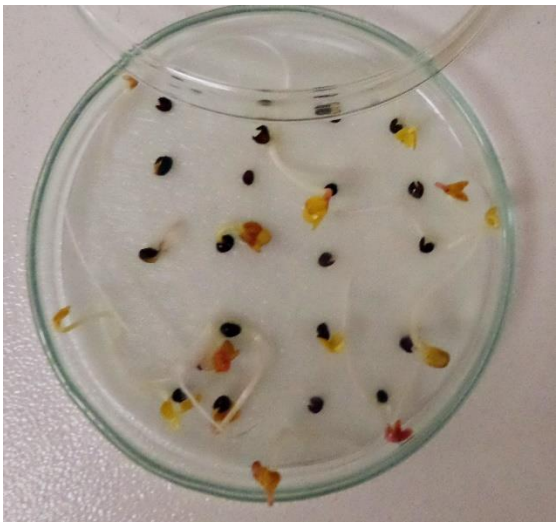
Slika 9. Prikaz Petrijevih posuda u klima komori (Foto: A. Skomrak)

U drugom dijelu pokusa naklijavano je sjeme rotkvice koje je predsjetveno tretirano otopinama (slika 10) u kojima je bilo močeno sjeme mrkve, peršina i kopra.



Slika 10. Prikaz otopina $KMNO_4$, EKO-RAST-a i destilirane vode nakon ispiranja peršina, mrkve i kopra (Foto: A. Skomrak)

Kao i u prvom dijelu pokusa, namakanje je uz povremenu aeraciju trajalo 30 min, a nakon toga sjeme se sušilo na sobnoj temperaturi i potom je stavljeno u Petrijeve posude (slika 11), pa u klima komoru na klijanje (2. svibnja).



Slika 11. Naklijavanje sjemena rotkvice (Foto: A. Skomrak)

Oba pokusa postavljena su u 3 ponavljanja, pri čemu je svako tretiranje u repeticiji bilo zastupljeno jednom Petrijevom posudom sa 20 sjemenki. Kako bi se utvrdila energija klijanja (prvo ocjenjivanje) i ukupna klijavost (završno ocjenjivanje), sjeme peršina, mrkve i kopra promatrano je svaki drugi dan, a sjeme rotkvice svaki dan. Kod svakog promatranja, klijavost navedenih vrsta iskazivana je u postocima.

Trajanje ispitivanja za pojedine biljne vrste određeno je Pravilnikom o metodama uzorkovanja i ispitivanja kvalitete sjemena (Narodne novine, 99/2008). U tablici 1 prikazani su dani predviđeni za praćenje energije klijanja i ukupne klijavosti sjemena peršina, mrkve, kopra i rotkvice prema Pravilniku te stvarni dani ocjenjivanja klijavosti u provedenom istraživanju.

Tablica 1. Trajanje ocjenjivanja klijavosti (broj dana nakon sjetve).

	Pravilnik o metodama uzorkovanja i ispitivanja kvalitete sjemena		**Provedeno istraživanje**	
Vrsta	Prvo ocjenjivanje (energija klijanja)	Završno ocjenjivanje (ukupna klijavost)	Prvo ocjenjivanje (energija klijanja)	Završno ocjenjivanje (ukupna klijavost)
Peršin	**10**	**28**	**8**	**15**
Mrkva	**7**	**14**	**4**	**15**
Kopar	**7**	**21**	**4**	**15**
Rotkvica	**4**	**10**	**1**	**4**

Vidljivo je da su prvo (energija klijanja) te završno ocjenjivanje (ukupna klijavost) svih vrsta u pokusu definirani nekoliko dana ranije u odnosu na Pravilnik. Za peršin je energija klijanja definirana 8. dana nakon sjetve (8. travnja), dok je ukupna klijavost utvrđena 15. dana nakon sjetve (15. travnja). Energija klijanja mrkve definirana je 4. dana nakon sjetve (4. travnja), a ukupna klijavost 15. dana nakon sjetve (15. travnja), što je bio slučaj i kod kopra. Već prvog dana nakon sjetve definirana je energija klijanja rotkvice (3. svibnja), a ukupna klijavost utvrđena je 4. dana nakon sjetve (6. svibnja). U Pravilniku se navodi da je vrijeme prvog ocjenjivanja odnosno energija klijanja sjemena dano približno, ali mora odgovarati vremenu kad su klice dostigle razvojnu fazu u kojoj se mogu ocijeniti njihova bitna svojstva. Nadalje, navodi se da ispitivanje može završiti prije propisanog vremena ako se najveća moguća klijavost, točnije ukupna klijavost postigne brže, što je bio slučaj i u ovom istraživanju.

3.2. Korišteni preparati za tretiranje sjemena

Destilirana voda

Prema Pravilniku o metodama uzorkovanja i ispitivanja kvalitete sjemena (NN 99/2008), prirodne supstancije u perikarpu ili u sjemenoj epidermi koji su ujedno i inhibitori klijavosti, moguće je otkloniti ispiranjem tekućom vodom pri temperaturi od 25 °C prije nego se sjeme stavi na klijanje. Nakon ispiranja sjeme je potrebno osušiti na temperaturi od najviše 25 °C.

Kalijev permanganat

Kalijev permanganat ($KMnO_4$) ili hipermangan su sitni kristali svjetlucavog metalnog sjaja, tamnocrvene boje, koja zbog površinske redukcije često prelazi u ljubičastu. Dobro se otapa u vodi (voda prima ljubičastu boju) i organskim otapalima (poput piridina, octene kiseline, metanola i acetona), ali njih sporije oksidira (http://www.pse.pbf.hr). Prema Uredbi Komisije EZ (2008) u ekološkoj poljoprivredi dopuštena je upotreba $KMnO_4$, a navodi se pod kategorijom ostale tvari iz tradicionalne uporabe u ekološkom uzgoju.

Kameno brašno EKO-RAST

EKO-RAST je prirodno mineralno gnojivo (56 % silicija) koje pospješuje bolju klijavost sjemena te povećava otpornost biljaka prema bolestima i štetočinama čime se u prosjeku postiže 50 % veći prinos i 100 %-tna kvaliteta plodova. Uz silicij, sadrži i značajne mikro- i makroelemente poput fosfora, kalija, magnezija, željeza, kalcija i aluminija, čime se ubrzava stvaranje izdanka, listova i plodova (Green Building Council Croatia, 2014).

3.3. Statistička obrada podataka

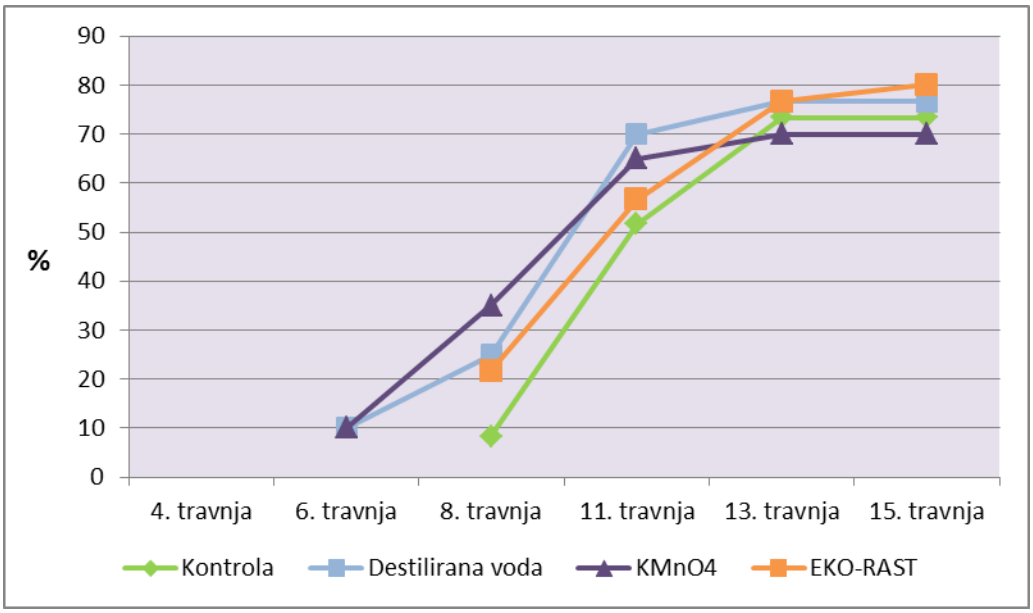
Za statističku obradu podataka korišten je program SAS® Software v. 9.3 (2010). Razlike između istraživanih tretmana za energiju klijanja te ukupnu klijavost svake pojedine vrste statistički su obrađene analizom varijance (ANOVA), a utvrđene značajne razlike između srednjih vrijednosti testirane su LSD testom na razini signifikantnosti $p \leq 0,01$.

4. REZULTATI

4.1. POKUS I

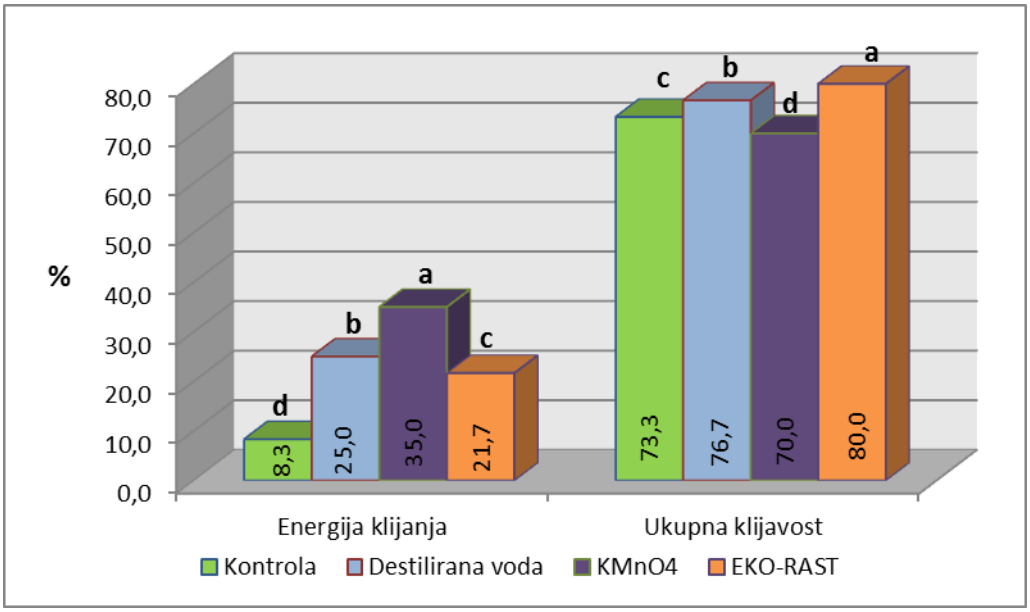
4.1.1. Peršin

Iz grafikona 1 vidljiva je dinamika klijanja peršina u periodu od 4. do 15. travnja, nakon tretmana ispiranja destiliranom vodom, kalijevim permanganatom ($KMnO_4$) i EKO-RAST-om te bez ispiranja (kontrola). Početak klijanja peršina zabilježen je 6. travnja pri ispiranju destiliranom vodom i $KMnO_4$, a u oba tretmana klijavost je bila 10 %. U kontrolnim varijantama i tretmanu EKO-RAST-om klijanje peršina počelo je dva dana kasnije (8. travnja) i iznosilo je 8,3 %, odnosno 21,7 %. Na tretmanima s destiliranom vodom i $KMnO_4$ istog je dana zabilježena klijavost od 25,0 %, odnosno, 35,0 %. U sljedećem promatranju (11. travnja) spomenuti preparati i dalje zadržavaju najviši postotak klijavosti (70,0 % za destiliranu vodu te 65,0 % za $KMnO_4$), dok je u kontroli proklijalo 51,7 %, a u tretmanu EKO-RAST-om 56,7 % sjemenki. U zadnja dva promatranja (13. i 15. travnja), unatoč nešto kasnijem početku klijanja peršina korištenjem otopine EKO-RAST, najviši postotak proklijalih sjemenki (76,7 i 80 %) zabilježen je kod primjene upravo ovog preparata. Suprotno tome, iako je tretman $KMnO_4$ potaknuo početno klijanje peršina i potencijalno ispiranje inhibitora, u tom je tretmanu u posljednja dva ocjenjivanja utvrđen najmanji postotak klijanaca (70 %), obzirom na destiliranu vodu (76,7 %) i kontrolu (73,3 %).



Grafikon 1. Dinamika klijanja netretiranog sjemena peršina (kontrola) i nakon predsjetvenog ispiranja destiliranom vodom, $KMnO_4$ i preparatom EKO-RAST

U grafikonu 2 prikazan je utjecaj predsjetvenog tretiranja sjemena ispiranjem destiliranom vodom, $KMnO_4$ i EKO-RAST-om na energiju klijanja (8. dan nakon sjetve) te ukupnu klijavost (15. dan nakon sjetve) peršina u odnosu na netretirane varijante. Prema dobivenim rezultatima vidljivo je da su korišteni preparati značajno utjecali na energiju klijanja i ukupnu klijavost peršina, a te su razlike statistički opravdane ($p \leq 0,01$). Najvećom energijom klijanja istaklo se sjeme tretirano sa $KMnO_4$ (35,0 %), dok je netretirano sjeme peršina (kontrola) očekivano imalo najnižu energiju klijanja (8,3 %). Pokazalo se da je ispiranje destiliranom vodom bilo djelotvornije u ispiranju inhibitora klijanja u odnosu na EKO-RAST (energija klijanja 25 i 21,7 %). Promatrajući ukupnu klijavost iz istog je grafikona vidljivo da je opisani trend promijenjen. Naime, najviši postotak ukupne klijavosti zabilježen je kod tretiranja sjemena EKO-RAST-om (80 %), a najniži korištenjem $KMnO_4$ (70,0 %), što je upravo suprotno rezultatima utvrđenim kod energije klijanja.



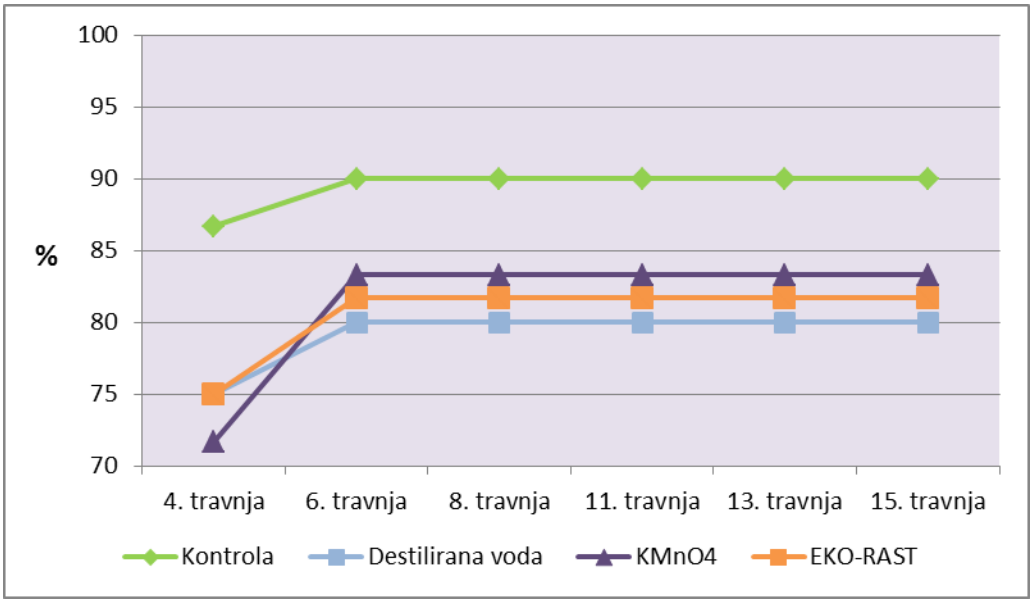
Različita slova pridodana vrijednostima energije klijanja i ukupne klijavosti označavaju da se tretmani značajno razlikuju prema LSD testu, **p≤0,01**

Grafikon 2**.** Utjecaj predsjetvenog tretiranja sjemena na energiju klijanja i ukupnu klijavost peršina (%)

4.1.2. Mrkva

U grafikonu 3 prikazana je dinamika klijanja mrkve od početka klijanja do završnog promatranja (4. – 15. travnja) u kontroli te nakon tretmana ispiranja destiliranom vodom, $KMnO_4$ i EKO-RAST-om. Iz grafikona se vidi da je klijanje u svim tretmanima započelo 4.

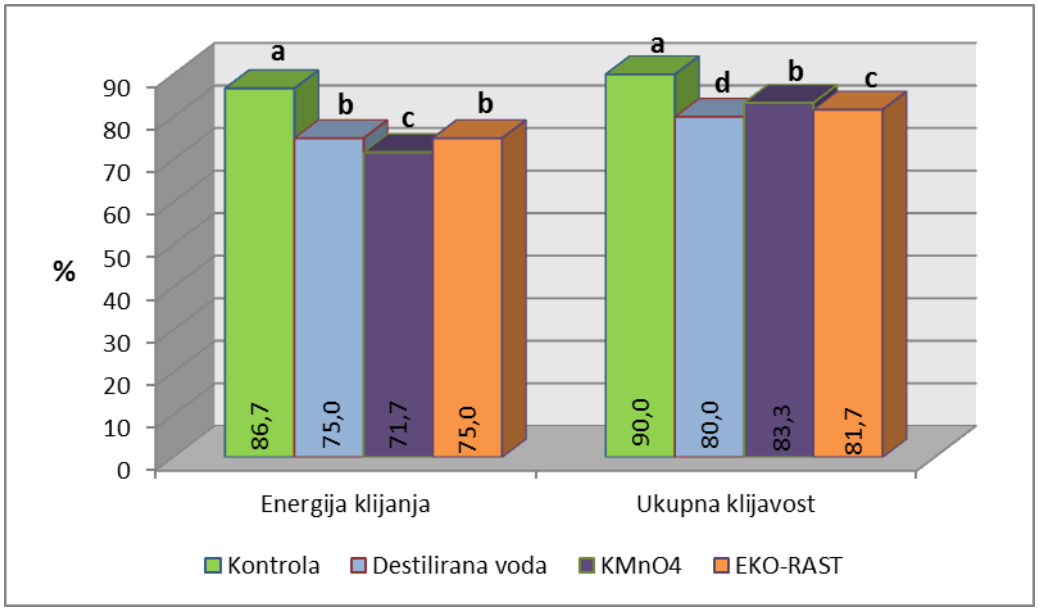
travnja, što se razlikuje u odnosu na peršin. Tog je datuma najviša klijavost sjemena zabilježena u kontrolnom tretmanu bez tretiranja (86,7 %), a najniža pri tretiranju s $KMnO_4$ (71,7 %). Primjenom destilirane vode i EKO-RAST-a klijavost sjemena bila je identična i iznosila je 75 %. Kod sljedećeg promatranja (6. travnja) u kontroli je i dalje zabilježeno najviše proklijalih sjemenki (90 %), zatim slijedi tretiranje s $KMnO_4$ (83,3 %) i EKO-RAST-om (81,7 %), a najmanja je klijavost utvrđena primjenom destilirane vode (80 %), što predstavlja nešto drugačiji trend u odnosu na prvo očitavanje. Klijavost postignuta u ovom očitavanju nije se mijenjala do kraja razdoblja promatranja (15. travnja).



Grafikon 3. Dinamika klijanja netretiranog sjemena mrkve (kontrola) i nakon predsjetvenog ispiranja destiliranom vodom, $KMNO_4$ i preparatom EKO-RAST

Utjecaj različitih tretmana na energija klijanju (4. dan nakon sjetve) te ukupnu klijavost (15. dan nakon sjetve) sjemena mrkve prikazan je u grafikonu 4. Vidljive su značajne razlike ($p \leq 0,01$) u postotku klijavosti ovisno o tretmanu. Za razliku od peršina, opravdano najveća energija klijanja (86,7 %) te ukupna klijavost (90,0 %) sjemena mrkve utvrđeni su u varijantama u kojima nisu primijenjeni predsjetveni tretmani (kontrola). Promatrajući dalje energiju klijanja može se vidjeti da se vrijednosti postignute tretmanima destiliranom vodom i EKO-RAST-om nisu statistički razlikovale (75 %), ali i da su bile opravdano veće u odnosu na tretman s $KMnO_4$ (71,7 %), kojim su ostvarene najmanje vrijednosti. Međutim, trend se mijenja pri završnom promatranju sjemena, pa je primjena $KMnO_4$ dala visoku klijavost (83,3

%) odmah nakon kontrole i bila opravdano učinkovitija u odnosu na EKO-RAST (81,7 %) i destiliranu vodu (80,0 %).

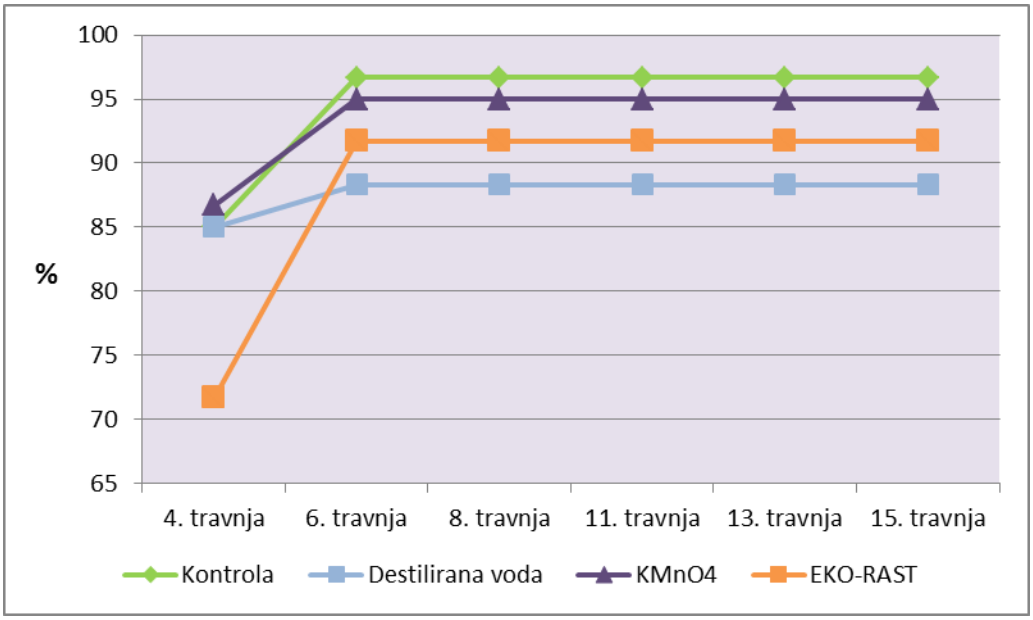


Različita slova pridodana vrijednostima energije klijanja te ukupne klijavosti označavaju da se tretmani značajno razlikuju prema LSD testu, **p≤0,01**

Grafikon 4. Utjecaj predsjetvenog tretiranja sjemena na energiju klijanja i ukupnu klijavost mrkve (%)

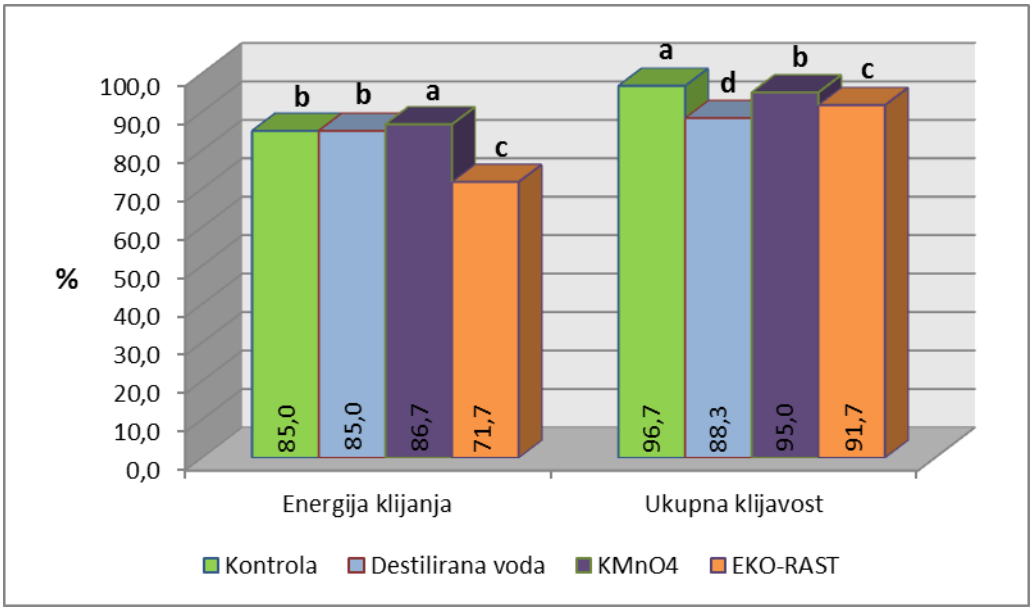
4.1.3. Kopar

Dinamika klijanja netretiranog sjemena kopra (kontrola) i onog ispiranog destiliranom vodom, $KMnO_4$ i EKO-RAST-om praćena u periodu od 4. do 15. travnja vidljiva je iz grafikona 5. Uočava se da je početak klijanja u svim tretmanima utvrđen 4. travnja, pri čemu se u postotku proklijalih sjemenki kopra istaknuo tretman s $KMnO_4$ (86,7 %), dok su u tretmanu destiliranom vodom i kod netretiranog sjemena postignute nešto niže, ali međusobno iste vrijednosti (85 %). Kod kopra tretiranog EKO-RAST-om istog je datuma zabilježena najniža klijavost (71,7 %), što ukazuje na inhibitorno djelovanje EKO-RAST-a na klijanje sjemena kopra. Tijekom sljedećih promatranja (6. - 15. travnja), mijenja se trend utjecaja tretiranja pa je najniža klijavost (88,3 %) zabilježena nakon tretiranja sjemena destiliranom vodom, dok je kao i kod mrkve, najveći postotak klijavosti utvrđen u kontroli (96,7 %), a zatim je uslijedio $KMnO_4$ (95,0 %).



Grafikon 5. Dinamika klijanja netretiranog sjemena kopra (kontrola) i nakon predsjetvenog ispiranja destiliranom vodom, $KMNO_4$ i preparatom EKO-RAST

Grafikon 6 prikazuje energiju klijanja (4. dan nakon sjetve) te ukupnu klijavost (15. dan nakon sjetve) sjemena kopra. U oba promatranja utjecaj tretmana na klijavost kopra bio je statistički opravdan ($p \leq 0,01$). Najveću energiju klijanja imalo je sjeme tretirano s $KMnO_4$ (86,7 %), dok je tretman s EKO-RAST-om inhibirao klijanje sjemena kopra budući da su zabilježene vrijednosti (71,7 %) opravdano niže u odnosu na netretirano sjeme (kontrola 85,0 %). Istog datuma (4. travnja) u energiji klijanja netretiranog sjemena i onoga ispiranog u destiliranoj vodi nije bilo statistički opravdanih razlika ($p \leq 0,01$). Promatrajući ukupnu klijavost utvrđene su statistički opravdane razlike između svih tretmana ($p \leq 0,01$), pri čemu je opravdano najviša vrijednost zabilježena kod kontrolne varijante (96,7 %), a najniža kod tretmana destiliranom vodom (88,3 %). Između primjene $KMnO_4$ i EKO-RAST-a također su utvrđene statistički opravdane razlike, pri čemu se tretman $KMnO_4$ (95,0 %) pokazao boljim u odnosu na EKO-RAST (91,7 %).



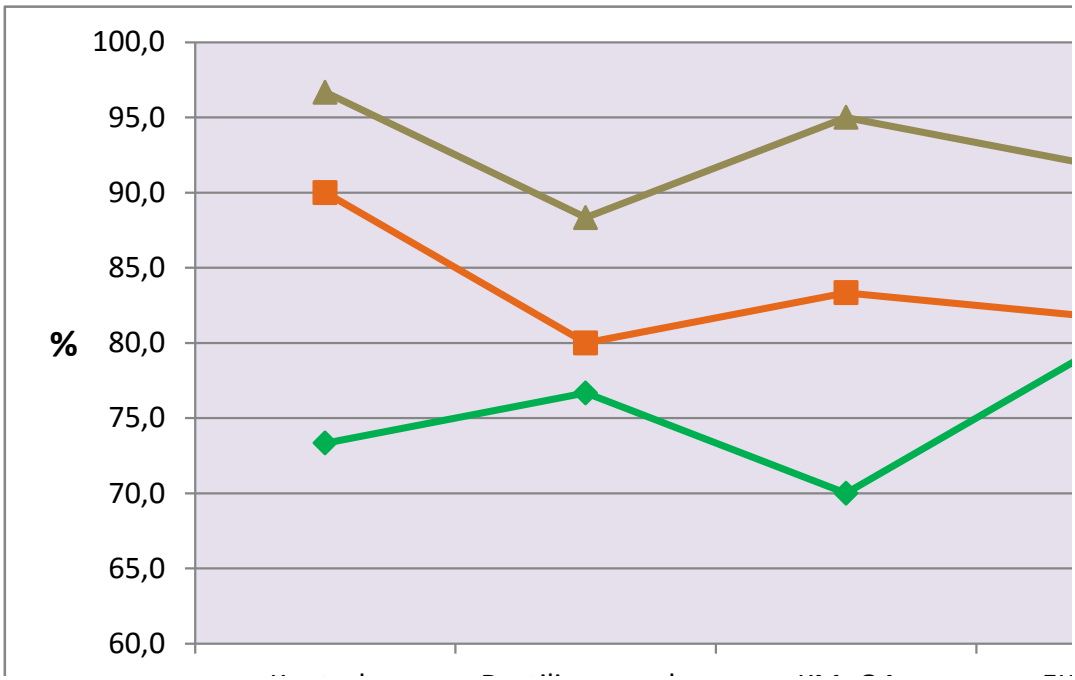
Različita slova pridodana vrijednostima energije klijanja te ukupne klijavosti označavaju da se tretmani značajno razlikuju prema LSD testu, **p≤0,01**

Grafikon 6. Utjecaj predsjetvenog tretiranja sjemena kopra na energiju klijanja i ukupnu klijavost (%)

4.1.4. Usporedba ukupne klijavosti vrsta iz porodica Apiaceae

U grafikonu 7 usporedno je prikazana ukupna klijavost sjemena mrkve, peršina i kopra postignuta u završnom promatranju. Očekivano, najniža klijavost u svim tretmanima zamijećena je kod peršina, što potvrđuje pretpostavku o postojanju inhibitora klijanja u njegovom sjemenu. Općenito gledano, kopar je imao najveću klijavost, a iza njega slijedi mrkva sa također relativno visokom ukupnom klijavošću.

Primjena predsjetvenih tretmana imala je podjednak učinak na klijavost sjemena kopra i mrkve, na što ukazuje sličan linijski prikaz ukupne klijavosti za ove dvije vrste (grafikon 7). Kod peršina je učinak korištenih predsjetvenih tretmana bio obrnut. Tu je slaba klijavost utvrđena u kontroli bez ispiranja, dok su kod mrkve i kopra upravo u kontrolnim varijantama zabilježene najveće vrijednosti. Vidljivo je, dakle, da tretmani destiliranom vodom, $KMnO_4$ i EKO-RAST-om inhibitorno utječu na klijanje sjemena kopra i mrkve, dok je kod peršina inhibitorni učinak imalo samo predsjetveno ispiranje sjemena s $KMnO_4$.

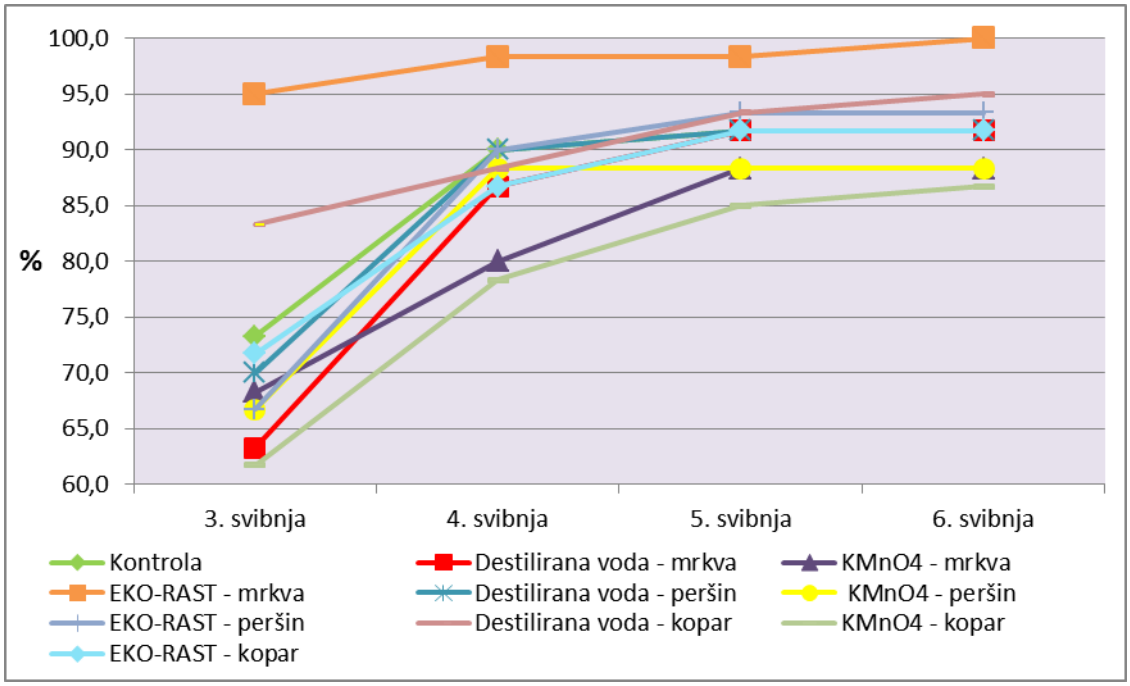


Grafikon 7. Ukupna klijavost sjemena peršina, mrkve i kopra pri različitim predsjetvenim tretmanima

4.2. POKUS II

U grafikonu 8 prikazana je dinamika klijanja netretiranog sjemena rotkvice (kontrola) te nakon ispiranja u destiliranoj vodi i otopinama $KMnO_4$ i EKO-RAST-a u kojima je bilo močeno sjeme peršina, mrkve i kopra. Prvog dana promatranja (3. svibnja) zabilježena je najveća klijavost rotkvice nakon ispiranja u otopini EKO-RAST-a u kojoj je bila močena mrkva (95,0 %). Isti trend nastavlja se do zadnjeg dana promatranja (6. svibnja), kada je rotkvica dosegla najveći mogući postotak klijavosti (100,0 %). Iz navedenog bi se moglo zaključiti da u mrkvi nisu prisutni inhibitori klijanja, odnosno da je EKO-RAST čak pospješio klijanje jer je ova vrijednost viša od vrijednosti klijavosti rotkvice postignute u kontrolnom tretiranju zadnjeg dana promatranja (91,7 %). Nadalje, visoki postotak klijavosti rotkvice prvog dana promatranja zabilježen je kod tretmana s destiliranom vodom u kojoj je bilo močeno sjeme kopra (83,3 %). Sljedećih dana (4. i 5. svibnja) bilo je tretmana koji su pokazivali i bolje rezultate od navedenog, međutim, ipak je zadnjeg dana promatranja tu zabilježena visoka vrijednost klijavosti (95,0 %). Najniže vrijednosti tijekom svih dana promatranja zabilježene su kod rotkvice koja je bila tretirana s otopinom $KMnO_4$ u kojoj je prethodno bilo močeno sjeme kopra (86,7 % proklijalog sjemena zadnjeg dana promatranja).

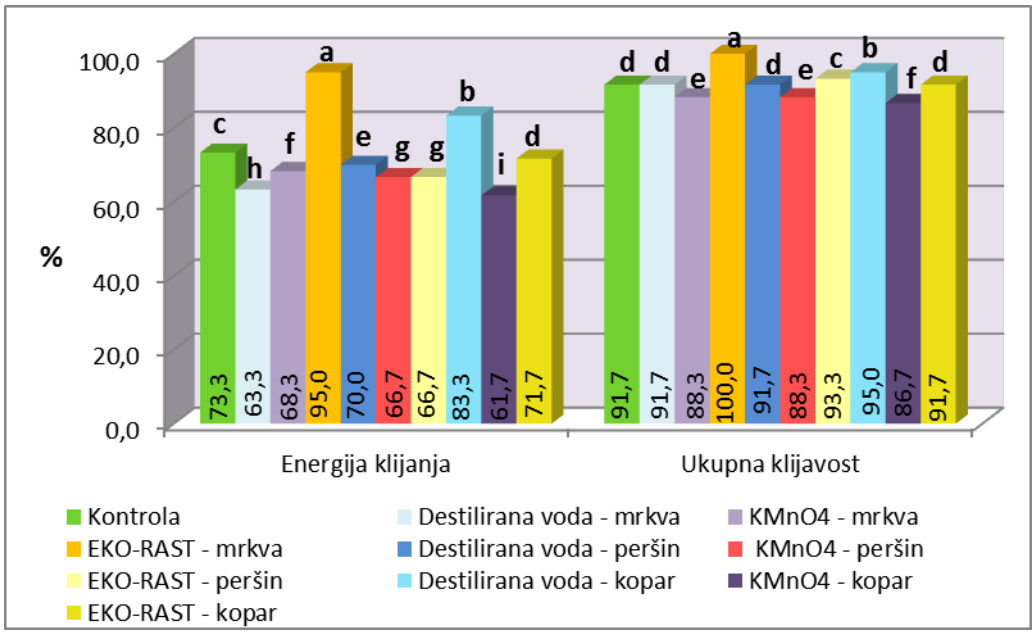
Općenito, zadnjeg dana promatranja među nižim vrijednostima postotka klijavosti rotkvice bili su upravo tretmani s $KMnO_4$ u kojemu su bili močeni mrkva, peršin i kopar, iako su te vrijednosti varirale tijekom ostalih dana promatranja.



Grafikon 8. Dinamika klijanja netretiranog sjemena rotkvice (kontrola) i sjemena tretiranog destiliranom vodom i otopinama $KMNO_4$ i preparata EKO-RAST u kojima je prethodno bilo močeno sjeme peršina, mrkve i kopra

Promatrajući grafikon 9, vidljive su značajne razlike ($p \leq 0,01$) u energiji klijanja (1. dan nakon sjetve) i ukupnoj klijavosti (4. dan nakon sjetve) sjemena rotkvice u kontrolnoj netretiranoj varijanti te nakon svih primijenjenih tretmana. Opravdano najvećom energijom klijanja istaknula se rotkvica tretirana otopinom EKO-RAST-a u kojoj je prethodno bilo močeno sjeme mrkve, a isti trend nastavio se i prema ukupnoj klijavosti rotkvice, gdje je zabilježena najviša moguća klijavost (100 %). Promatrajući energiju klijanja, odmah nakon spomenutog tretmana slijedi sjeme rotkvice tretirane destiliranom vodom u kojoj je bilo močeno sjeme kopra (83,3 %), a potom i netretirano sjeme rotkvice (kontrola, 73,3 %). Kod rotkvice tretirane otopinom $KMnO_4$ u kojoj je močeno sjeme peršina, kao i otopinom EKO-RAST-a s močenim sjemenom mrkve nema statistički opravdanih razlika ($p \leq 0,01$) gledajući energiju klijanja (66,7 %). Statistički najmanja energija klijanja sjemena rotkvice utvrđena je u tretmanima s destiliranom vodom u kojoj je močeno sjeme mrkve (63,3 %) i s otopinom $KMnO_4$ u kojoj je močeno sjeme kopra (61,7 %).

Kao i kod energije klijanja, vidljivo je da je opravdano najveća ukupna klijavost sjemena rotkvice ($p \leq 0,01$) zabilježena u tretmanu s otopinom EKO-RAST-a u kojoj je bilo močeno sjeme mrkve (100 %), dok je značajno najmanja klijavost zabilježena pri tretmanu otopinom $KMnO_4$ s prethodno močenim sjemenom kopra (86,7 %). Odmah nakon najučinkovitijeg tretmana slijedi tretman destiliranom vodom u kojoj je bilo močeno sjeme kopra (95,0 %) te tretman otopinom EKO-RAST-a u kojoj je bilo močeno sjeme peršina (93,3 %). U kontrolnim varijantama, kao i u tretmanima s destiliranom vodom i močenim sjemenom mrkve, zatim s destiliranom vodom i močenim sjemenom peršina te s otopinom EKO-RAST-a i močenim sjemenom kopra nije bilo statistički opravdanih razlika u ukupnoj klijavosti sjemena rotkvice (91,7 %). Osim u već spomenutom tretmanu s otopinom $KMnO_4$ u kojoj je bilo močeno sjeme kopra, i u ostalim tretmanima koji uključuju $KMnO_4$ (s močenim sjemenom mrkve/peršina) utvrđena je najmanja ukupna klijavost sjemena rotkvice. Navedena činjenica govori da je općenito primjena $KMnO_4$ rezultirala smanjenom ukupnom klijavošću sjemena rotkvice.



Različita slova pridodana vrijednostima energije klijanja te ukupne klijavosti označavaju da se tretmani značajno razlikuju prema LSD testu, **$p \leq 0,01$**

Grafikon 9. Energija klijanja i ukupna klijavost sjemena rotkvice (%) nakon različitih predsjetvenih tretmana

5. RASPRAVA

Zbog dokazanog postojanja inhibitora klijanja u sjemenkama peršina (Pill, 1986; Vardjan, 1987; Hassell i Kretchman, 1992; Parac, 1994), a s ciljem njihovog uklanjanja te u nedostatku podataka o prisutnosti i utjecaju inhibitora u sjemenu na klijanje mrkve i kopra, postavljeno je istraživanje kako bi se definirao i pokušao riješiti problem sporog i neujednačenog klijanja spomenutih vrsta te se time pospješio njihov ukupan prinos.

Prisutni inhibitori uvjetuju da sjeme tih vrsta u poljskim uvjetima nejednoliko i sporo niče, što je posebno problem u ekološkoj poljoprivredi, gdje je veća ovisnost o prirodnim uvjetima i nisu dozvoljena kemijska sredstva za tretiranje sjemena. U ekološkoj poljoprivredi dozvoljeno je primjenjivati postupke predsjetvenog tretiranja sjemena u svrhu prekidanja dormantnosti, poput izlaganja niskim ili visokim temperaturama te ispiranja sjemena anorganskim, organskim ili biološkim tvarima popisanim u legislativi koja prati ovaj sustav poljoprivredne proizvodnje (Uredba Komisije EZ, 2008; Žutić, 2011; Žutić, 2014).

U provedenom istraživanju uočene su visoko signifikantne razlike između utjecaja pojedinih tretmana gledajući energiju klijanja i ukupnu klijavost peršina. Najbrži početak klijanja peršina zabilježen je u tretmanima destiliranom vodom i $KMnO_4$, koji su se pokazali kao dobri preparati za ispiranje inhibitora klijanja iz sjemena peršina, bolji u odnosu na tretman EKO-RAST-om. Pozitivan učinak destilirane vode na sjeme peršina 'Berlińska' navode Grzesik i Janas (2014) kod kojih je destilirana voda značajno smanjila broj dana do klijanja, povećala broj proklijalih sjemenki, poboljšala metaboličku aktivnost i ubrzala pojavu i rast sadnica. U našem istraživanju se $KMnO_4$, osim što je rezultirao bržim nicanjem, istaknuo i opravdano najvećom energijom klijanja (35,0 %) u odnosu na ostala dva tretmana ispiranja, dok je netretirano sjeme peršina očekivano imalo najnižu vrijednost ovog svojstva (8,3 %). Navedeno je suprotno rezultatima koje prikazuju Borošić i sur. (1995), kod kojih razlika u energiji klijanja sjemena peršina ispranog destiliranom vodom (64,9 %) i kontrolnog, netretiranog sjemena (64,1 %) nije bila statistički opravdana. Prema spomenutim autorima, ukupna klijavost netretiranog sjemena peršina porasla je na 72,6 %, a nakon tretmana destiliranom vodom na 74,6 %, što je podjednako rezultatima našeg istraživanja (kontrola: 73,3 %; destilirana voda: 76,7 %).

Suprotno od utjecaja na energiju klijanja, kao tretman s najvećim učinkom na ukupnu klijavost sjemena peršina istaknuo se preparat EKO-RAST (80 %), a kao najlošiji $KMnO_4$ (70

%), koji je prethodno rezultirao najvećom energijom klijanja i uz to ubrzao klijanje sjemena. Tretman sa $KMnO_4$ imao je nižu vrijednost i u odnosu na kontrolu (73,3 %), što je sukladno rezultatima Ritz i Slamić (1986), kod kojih je sjeme uljane repice u kontroli također imalo višu vrijednost (90,12 %) od sjemena tretiranog $KMnO_4$ (87,3 %). Temeljem istraživanja Samobor i sur. (2010) te gledajući ukupan urod pšenice, cijenu koštanja tretmana, pokrivenost zrna sredstvom i konačan učinak zaštite, spomenuti autori zaključuju kako tretiranje sjemena pšenice kombinacijom EKO-RAST-a i Bordoške juhe (3 % + 3 %) može uspješno zamijeniti konvencionalni proizvod Vitavax 200FF. Pozitivno djelovanje EKO-RAST-a uočeno je i u ovom istraživanju, budući da je najbolje isprao inhibitore klijanja u sjemenoj ovojnici peršina te rezultirao najvećom ukupnom klijavošću peršina (80 %). Suprotno ovom istraživanju, Megla (2015) spominje da primjena preparata EKO-RAST Vrtko nije opravdana u uzgoju presadnica buhača.

Može se zaključiti da je primjena tretmana ispiranja sjemena peršina destiliranom vodom, EKO-RAST-om i $KMnO_4$ opravdana, budući da je rezultirala ranijim početkom klijanja sjemena (destilirana voda, KMnO4) te većom klijavošću (EKO-RAST, destilirana voda) u odnosu na kontrolu. Iako je EKO-RAST u najvećoj mjeri isprao inhibitore klijanja kod peršina, očekivalo se kako će otopina EKO-RAST-a u kojoj je prethodno bilo močeno sjeme peršina inhibirati klijanje sjemena rotkvice. Međutim, to nije bio slučaj te je ovim tretmanom postignuta visoka ukupna klijavost rotkvice (93,3 %). Bolji su bili tretmani s otopinom EKO-RAST-a s močenim sjemenom mrkve i destiliranom vodom s močenim sjemenom kopra.

Promatrajući dinamiku klijanja mrkve, kao i energiju klijanja te ukupnu klijavost, najvišim vrijednostima istaknulo se netretirano sjeme mrkve (90 % proklijalih sjemenki na kraju promatranja pokusa) iz čega se može zaključiti kako primijenjeni tretmani djeluju inhibirajuće na klijanje sjemena mrkve. Prvog dana promatranja opravdano najniža klijavost sjemena mrkve zabilježena je u tretmanu otopinom $KMnO_4$ (71,7 %), dok se već pri drugom mjerenju mijenja trend te do kraja promatranja mrkva tretirana $KMnO_4$ ima visok postotak klijavosti od 83,3 % (odmah iza kontrole). Pozitivan utjecaj $KMnO_4$ na intenzitet rasta i razvoja korjenčića kukuruza uočili su i Ritz i Slamić, (1986). Spomenuti autori su promatranjem sjemena kukuruza nakon 7. i 9. dana zabilježili kako $KMnO_4$ daje 70 % više stabljičica, odnosno 50 % više od kontrole. Iako je primjena $KMnO_4$ kod mrkve rezultirala visokim postotkom ukupne klijavosti, primjena otopine $KMnO_4$ s močenim sjemenom mrkve kod rotkvice rezultirala je niskom ukupnom klijavošću od 88,3 % (lošiji je bio jedino tretman $KMnO_4$ s močenim

sjemenom kopra). Promatrajući ukupnu klijavost mrkve, najniža vrijednost (80,0 %) zabilježena je nakon tretmana destiliranom vodom, što znači da je voda inhibirala klijanje sjemena. Suprotno tome, Žutić i Dudai (2006) spominju slab, ali pozitivan učinak ispiranja sjemena kadulje tekućom vodom. Odmah iza destilirane vode, niski učinak na ukupnu klijavost sjemena mrkve zabilježen je kod treriranja otopinom EKO-RAST-a (81,7 %), dok je tretiranje otopinom EKO-RAST-a s močenim sjemenom mrkve djelovalo stimulirajuće na klijanje sjemena rotkvice te je zabilježen najveći mogući postotak ukupne klijavosti (100 %) korištenjem ovog tretmana.

Prvog dana promatranja klijavosti kopra istaknuo se tretman otopinom $KMnO_4$ sa 86,7 % proklijalih sjemenki, no taj se trend promijenio već drugog dana promatranja, kada je najveća klijavost zabilježena kod netretiranog sjemena kopra te se zadržala do zadnjeg dana ispitivanja (96,7 %). Primjenu $KMnO_4$ kao stimulatora rasta istraživali su i Ritz i Slamić (1986), koji su došli do zaključka kako tretiranje sjemena suncokreta i uljane repice s $KMnO_4$ u koncentraciji 0,001 % nije značajno utjecalo na povišenje klijavosti. Promatrajući energiju klijanja kopra nakon tretmana destiliranom vodom, kao i netretiranog sjemena kopra, nisu zabilježene statistički opravdane razlike. Nadalje, EKO-RAST je rezultirao najnižom energijom klijanja (71,7 %), čak nižom nego kod netretiranog sjemena kopra (85,0 %) te bi se moglo zaključiti kako je EKO-RAST djelovao inhibitorno na početno klijanje kopra. Žutić i sur. (2015) istraživali su utjecaj gnojiva Agrovit i preparata EKO-RAST Vrtko na razvoj lisne površine arnike te se pokazalo kako primjena kombinacije tih gnojiva nije bila opravdana. Spomenuti autori ističu da je primjena gnojiva EKO-RAST Vrtko rezultirala površinom listova statistički podjednakom onoj razvijenoj na netretiranom supstratu.

Promatrajući ukupnu klijavost sjemena kopra utvrđene su statistički opravdane razlike ($p \leq 0,01$) između svih tretmana pa je tako najviša vrijednost zabilježena kod kontrole (96,7 %), a najniža kod tretmana destiliranom vodom (88,3 %). Dok je kod kopra primjena destilirane vode rezultirala najnižom ukupnom klijavošću, kod sjemena rotkvice je tretman destiliranom vodom u kojoj je prethodno bilo močeno sjeme kopra rezultirao vrlo visokom ukupnom klijavošću (95 %), što je odmah iza tretmana otopinom EKO-RAST-a s močenim sjemenom mrkve. Visoka ukupna klijavost zabilježena je kod kopra tretiranog otopinom $KMnO_4$ (95 %), dok je kod rotkvice primjena otopine $KMnO_4$ s močenim sjemenom kopra rezultirala najnižom vrijednošću ukupne klijavosti rotkvice (86,7 %).

6. ZAKLJUČAK

U istraživanju provedenom s ciljem utvrđivanja utjecaja predsjetvenih tretmana ispiranja sjemena na uklanjanje inhibitora klijanja prisutnih u sjemenu peršina, mrkve i kopra može se izdvojiti nekoliko zaključaka obzirom na faze provođenja pokusa:

1. faza pokusa

- Opravdano je tretiranje sjemena peršina otopinom EKO-RAST-a, koji se pokazao kao najbolji preparat za ispiranje inhibitora prisutnih u sjemenoj ovojnici peršina jer je rezultirao najvećom ukupnom klijavošću sjemena peršina (80 %). U odnosu na ostale tretmane, primjena $KMnO_4$ nije opravdana jer je rezultirala najmanjom ukupnom klijavošću (70 %).
- Netretirano sjeme mrkve i kopra imalo je najveću ukupnu klijavost (90 % i 96,7 %), a ispiranje ovog sjemena destiliranom vodom imalo je inhibirajući učinak na klijanje jer je rezultiralo najmanjom ukupnom klijavošću (80 % i 88,3 %).

2. faza pokusa

- Najučinkovitija u povećanju klijavosti sjemena rotkvice bila je otopina EKO-RAST-a u kojoj je prethodno bilo močeno sjeme mrkve jer je značajno povećala energiju klijanja (95,0%) i ukupnu klijavost (100 %) u odnosu na netretirano sjeme (73,3 i 91,7 %).
- Primjena otopine $KMnO_4$, bez obzira da li je u njoj prethodno bilo močeno sjeme peršina, mrkve ili kopra rezultiralo je najmanjom ukupnom klijavošću sjemena rotkvice (86,7 do 88,3 %).
- Otopina EKO-RAST-a u kojoj je prethodno bilo močeno sjeme peršina nije inhibirala klijanje sjemena rotkvice, iako je to bilo očekivano s obzirom da je spomenuti preparat najbolje uklonio inhibitore klijanja iz sjemena peršinu.

Ovim je pokusom dokazana prisutnost inhibitora klijanja u sjemenoj ovojnici peršina, a najučinkovitije su odstranjeni močenjem sjemena u otopini preparata EKO-RAST. Sjeme mrkve i kopra nije potrebno niti ekonomski opravdano predsjetveno tretirati ispiranjem jer je ukupna klijavost najveća kod netretiranog sjemena.

7. LITERATURA

1. Agroklub. (s.a./a). Dostupno na: <http://www.agroklub.com/sortna-lista/povrce/persin-korjenas-170/>. Pristupljeno 17.5.2016.
2. Agroklub. (s.a./b). Dostupno na: <http://www.agroklub.com/sortna-lista/ljekovito-bilje/kopar-350/>. Pristupljeno 17.5.2016.
3. Agroklub. (s.a./c). Dostupno na: <http://www.agroklub.com/sortna-lista/povrce/rotkvica-178/>. Pristupljeno 2.6.2016.
4. Agroportal. (2014). Dostupno na: <http://www.agroportal.hr/eko-i-hobi/ljekovite-biljke/19542>. Pristupljeno 17.5.2016.
5. Baskin J. M., Baskin C. C. (2004). A classification system for seed dormancy. Seed science research. 14(1): 1-16.
6. Bewley J. D. (1997). Seed germination and dormancy. The Plant Cell. 9: 1055–1066.
7. Biology Disscusion. (2013). Dostupno na: <http://www.biologydiscussion.com/plants/growth-hormones/8-major-physiological-effects-of-kinetin-plants/23438>. Pristupljeno 26.6.2016.
8. Borošić J., Lešić R., Parac I. (1995). Uklanjanje inhibitora klijanja iz sjemena peršina. Zbornik sažetaka: Kvalitetnim kultivarom i sjemenom u Europu. Zagreb, Hrvatska:63.
9. Borošić, J., Novak, B., Žutić, I., Toth, N. (2006). Germination inhibitors from parsley seed. In: Book of Program and Abstracts of 4th International Symposium on Seed, Transplant and Stand Establishment of Horticultural Crops: Translating seed and seedling physiology into technology, December 3-6, San Antonio, Texas, USA: 49.
10. Čmelik Z., Perica S. (2007). Dormantnost sjemena voćaka. Sjemenarstvo. 24(1): 51-58.
11. Dubravec K. D., Regula I. (1995). Fiziologija bilja. Školska knjiga, Zagreb.
12. Dumičić G. (2004). Utjecaj giberelinske kiseline (GA_3) na rast i prinos artičoke (*Cynara scolymus* L.). Magistarski rad. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
13. Finch-Savage W. E., Leubner-Metzger G. (2006). Seed dormancy and the control of germination. New Phytologist. 171(3): 501-523.

14. Finkelstein R. R., Gampala S. S., Rock C. D. (2002). Abscisic acid signaling in seeds and seedlings. The Plant Cell. 14: S15-S45.

15. Finkelstein R., Reeves W., Ariizumi T., Steber C. (2008). Molecular aspects of seed dormancy. Plant Biology.59: 387-415

16. Green Building Council Croatia. (2014). Dostupno na: <http://www.gbccroatia.org/upload/clanci/2015/04/2015-04-24/71/ekorastopisiproizvodniprogram.pdf>. Pristupljeno 31.5.2016.

17. Grzesik M., Janas R. (2014). Physiological method for improving seed germination and seedling emergence of root parsley in organic systems. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. 59(3): 80-86.

18. Hassell R. L., Kretchman D. W. (1992). Location and removal of natural-occuring germination inhibitors found in parsley seed. Hortscience. 27(6): 577.

19. Horvat D. (2013). Ubiranje sjemena povrtnih kultura. U: Ubiranje i čuvanje sjemena povrća i cvijeća Gospodarski list. 15: 40-44. Dostupno na: <http://www.gospodarski.hr/Publication/2013/15/ubiranje-i-uvanje-sjemena-povra-i-cvijea/7846#.VuFnY_nhDIU>. Pristupljeno 10.3.2016.

20. Kantoci D. (2006). Rotkvice – sjetva cijele godine. Gospodarski list. 8: 11. Dostupno na: <http://www.gospodarski.hr/Publication/2006/8/rotkvice-sjetva-cijele-godine/6907#.V0_Aa_mLTIU>. Pristupljeno 1.5.2016.

21. Karssen C. M., Lacka E. (1986). A revision of the hormone balance theory of seed dormancy: studies on gibberellin and/or abscisic acid-deficient mutants of *Arabidopsis thaliana*. U: Plant Growth Substances 1985, Springer-Verlag, Berlin, 315–323.

22. Koornneef M., Bentsink L., Hilhorst H. (2002). Seed dormancy and germination. Current Opinion in Plant Biology. 5(1): 33-36.

23. Lešić R., Pavlek P., Cvjetković B. (1993). Proizvodnja povrtnog sjemena. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

24. Lešić R., Borošić J., Buturac I., Herak-Ćustić M., Poljak M., Romić D. (2004). Povrćarstvo. Zrinski d.d., Čakovec.

25. Matototan Z. (2010). Sjeme mrkve iz vlastitog uzgoja. Dostupno na: <http://www.agroklub.com/povrcarstvo/sjeme-mrkve-iz-vlastitog-uzgoja/3160/>. Pristupljeno 17.5.2016.

26. Megla M. (2015). Uzgoj presadnica buhača uz primjenu stimulatora rasta. Diplomski rad. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

27. Narodne novine (99/2008). Pravilnik o metodama uzorkovanja i ispitivanja kvalitete sjemena. Br. 99/2008. Dostupno na: <http://narodne-novine.nn.hr/>. Pristupljeno 20.6.2016.

28. Obajgor T. (2013). Buđenje sjemena mračnjaka (*Abutilon theophrasti* Med.) iz stanja dormantnosti. Diplomski rad. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

29. Palfi, M. (2007). Skarifikacija sjemena lucerne (*Medicago sativa* L.) kiselinom. Sjemenarstvo. 24(1): 5-16.

30. Parac I. (1994). Mogućnosti uklanjanja inhibitora klijanja iz sjemena peršina. Diplomski rad. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

31. PSE - Periodni sustav elemenata. http://www.pse.pbf.hr/hrvatski/elementi/k/spojevi.html . Pristupljeno 1.6.2016.

32. Pevalek-Kozlina B. (2003). Fiziologija bilja. Profil International, Zagreb.

33. Pill W. G. (1986). Parsley emergence and seedling growth from raw, osmoconditioned, and pregerminated seeds. HortScience. 21(5): 1134-1136.

34. Ritz J., Slamić F. (1986). Djelovanje nekih konzervanata i stimulatora rasta na klijavost sjemena uljanog bilja. Agronomski glasnik. 48(5-6): 15-34.

35. Samobor V., Horvat D., Jošt M. (2010). Efikasnost predsjetvenog tretiranja sjemena pšenice u ekološkoj poljoprivredi. Sjemenarstvo. 27(3-4): 113-124.

36. SAS®/STAT 9.3. 2010. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

37. Toth N. (2012a). Opće povrćarstvo. Morfologija sjemena povrća. Interna skripta Agronomskog fakulteta u Zagrebu

38. Toth N. (2012b). Opće povrćarstvo. Čimbenici fruktifikacije povrtnih vrsta. Interna skripta Agronomskog fakulteta u Zagrebu

39. Ujević A., Kovačević J. (1972). Ispitivanje sjemena. Zavod za ispitivanje sjemena, Zagreb.

40. Uredba Komisije EZ (2008). Uredba Komisije (EZ) br. 889/2008, o podrobnim pravilima za provedbu Uredbe 834/08 u pogledu ekološke proizvodnje, označavanja i stručne kontrole (SL L 250,18.9.2008). Dostupno na: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX:32008R0889>. Pristupljeno 1.6.2016.

41. Vardjan M. (1987). Mehanizam dormantnosti semena. Semenarstvo. 4-6: 134-162

42. Vukadinović V. (s.a.). Dostupno na: <http://vladimir-vukadinovic.from.hr/tekstovi/Vernalizacija_ozimih_usjeva.pdf>. Pristupljeno 17.5.2016

43. Vokurka A. (2006). Oplemenjivanje voćaka i vinove loze. Dormantnost i stratifikacija sjemena. Interna skripta Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu: 25-28.

44. Vrdoljak M. (2015). Utjecaj LED osvjetljenja na klijavost mrkve i špinata. Diplomski rad. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku

45. Vukadinović V., Jug I., Đurđević B. (2014). Ekofiziologija bilja. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku.

46. Žutić I., Dudai N. (2008). Factors affecting germination of Dalmatian sage (*Salvia officinalis*) seed. Acta Horticulturae 782:121-125.

47. Žutić I. (2009). Odabrana poglavlja predavanja iz predmeta „Osnove uzgoja aromatičnog i ljekovitog bilja“. Interna skripta Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

48. Žutić I. (2011). Odabrana poglavlja predavanja iz predmeta „Suvremena proizvodnja aromatičnog i ljekovitog bilja“. Interna skripta Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

49. Žutić I. (2012). Krupnoća i dozrelost povrtnog sjemena. Gospodarski list. 6: 40-41. Dostupno na: <http://www.gospodarski.hr/Publication/2012/6/krupnoa-i-dozrelost-povrtnog-sjemena/7604#.VuFgA_nhDIU>. Pristupljeno 10.3.2016.

50. Žutić I. (2014). Odabrana poglavlja predavanja iz predmeta „Organsko-biološka proizvodnja povrća“. Interna skripta Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

51. Žutić I., Moscarda S., Radman S., Fabek S., Toth N., Benko B. (2015). Uzgoj presadnica arnike (*Arnica montana*) uz primjenu bio-stimulatora rasta. Zbornik radova 50. hrvatskog i 10. međunarodnog simpozija agronoma, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet: 276-280.

Izvori slika:

Slika 1. Sjeme peršina <http://www.gardenfresco.co.uk/growing-herbs/parsley>. Pristupljeno 22.6.2016.

Slika 2. Sjeme mrkve <http://dir.indiamart.com/impcat/carrot-seeds.html>. Pristupljeno 22.6.2016.

Slika 3. Sjeme kopra (izvor: Toth N. 2012a. Opće povrćarstvo. Morfologija sjemena povrća. Interna skripta Agronomskog fakulteta u Zagrebu)

Slika 4. Sjeme rotkvice (izvor: Toth N. 2012a. Opće povrćarstvo. Morfologija sjemena povrća. Interna skripta Agronomskog fakulteta u Zagrebu)

Slika 5. Sjeme peršina, mrkve, kopra i rotkvice iz ekološkog uzgoja (Foto: A. Skomrak)

Slika 6. Peršin, mrkva i kopar u otopinama KMNO4, EKO-RAST-a i destiliranoj vodi (Foto: A. Skomrak)

Slika 7. Filtriranje otopine (A. Skomrak)

Slika 8. Prikaz sjemena postavljenog u Petrijeve posude (Foto: A. Skomrak)

Slika 9. Prikaz Petrijevih posuda u klima komori (Foto: A. Skomrak)

Slika 10. Prikaz otopina KMNO4, EKO-RAST-a i destilirane vode nakon ispiranja peršina, mrkve i kopra (Foto: A. Skomrak)

Slika 11. Naklijavanje sjemena rotkvice (Foto: A. Skomrak)