



VPLIV ELEKTRIČNEGA TOKA NA KALITEV IN RAST RASTLIN

Področje: biologija

Raziskovalna naloga

Avtorji: Benjamin GAŠPERIN
Marko KALITA
Mark MENCINGER

Mentorica: Barbara VEVAR, prof. bio. in gos.

Bohinjska Bistrica, april 2020

I KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	TEORETIČNI DEL	3
2.1	ELEKTRIKA IN ELEKTRIČNI TOK	3
2.1.1	KAJ JE ELEKTRIKA?	3
2.1.2	UČINKI ELEKTRIČNEGA TOKA	4
2.1.3	VPLIV ELEKTRIKE NA RAST IN RAZVOJ RASTLIN	4
2.2	KALITEV IN RAST RASTLIN	5
2.2.1	SEME IN DORMANCA	5
2.2.2	KALITEV RASTLIN	6
2.2.3	DOLOČANJE KALJIVOSTI SEMEN	7
2.2.4	RAST RASTLIN	7
3	EKSPERIMENTALNI DEL	8
3.1	METODOLOGIJA	8
3.1.1	OPIS VZORCA RAZISKAVE	10
3.1.2	Opis merskega instrumenta	11
3.1.3	OPIS POSTOPKA ZBIRANJA PODATKOV	11
3.1.4	OBDELAVA PODATKOV	12
3.2	REZULTATI	13
3.2.1	UGOTAVLJANJE VPLIVA ELEKTRIČNEGA TOKA NA KALJIVOST IN RAST PŠENICE IN FIŽOLA	13
3.2.2	VPLIV ELEKTRIČNEGA TOKA NA DELEŽ KALJIVOSTI, HITROST KALITVE IN RAST FIŽOLA	20
4	RAZPRAVA	25
5	ZAKLJUČEK	27
6	VIRI IN LITERATURA	28
7	PRILOGA	30

II KAZALO SLIK

<i>Slika 1: Arduino.</i>	9
<i>Slika 2: Merjenje napetosti z voltmetrom.</i>	9
<i>Slika 3: Električni krog v pladnjih s 100 fižolovimi semeni.</i>	9
<i>Slika 4: Semenska vrečka fižola.</i>	10
<i>Slika 5: Semenska vrečka božičnega žita.</i>	11
<i>Slika 6: Štetje semen z zobotrebeci.</i>	11
<i>Slika 7: Podatke smo sproti vpisovali v razpredelnico.</i>	12
<i>Slika 8: Izpostavljanje semen električnemu toku.</i>	13
<i>Slika 9: Pripravljen poskus s fižolom in pšenico (27. 1. 2020).</i>	15
<i>Slika 10: Kaliti so začela prva pšenična semena (31. 1. 2020).</i>	16
<i>Slika 11: Vsakodnevno merjenje pšeničnih bilk (3. 2. 2020).</i>	16
<i>Slika 12: Priprava poskusa s fižolom.</i>	17
<i>Slika 13: Štetje semen, ki so vzkli.</i>	21
<i>Slika 14: Kalitev in rast fižola pod različno električno napetostjo.</i>	24

III KAZALO GRAFOV

<i>Graf 1: Kalitev pšenice pri različni izpostavljenosti električnemu toku.</i>	15
<i>Graf 2: Rast pšenice pri različni izpostavljenosti električnemu toku.</i>	17
<i>Graf 3: Kalitev fižolovih semen pri različni izpostavljenosti električnemu toku.</i>	19
<i>Graf 4: Rast fižolovih rastlin pri različni izpostavljenosti električnemu toku.</i>	20
<i>Graf 5: Kalitev fižolovih rastlin pri različni izpostavljenosti električnemu toku.</i>	22
<i>Graf 6: Rast fižolovih rastlin pri različni izpostavljenosti električnemu toku.</i>	23

IV KAZALO TABEL

<i>Tabela 1: Shema izpostavljanja semen električnemu toku in ključne informacije.</i>	14
<i>Tabela 2: Kalitev pšenice pri različni izpostavljenosti električnemu toku.</i>	14
<i>Tabela 3: Rast pšenice pri različni izpostavljenosti električnemu toku (v mm).</i>	16
<i>Tabela 4: Osnovni podatki prvega poizkusa-fižol.</i>	18
<i>Tabela 5: Kalitev fižolovih semen pri različni izpostavljenosti električnemu toku.</i>	18
<i>Tabela 6: Rast fižolovih rastlin pri različni izpostavljenosti električnemu toku (v mm).</i>	19
<i>Tabela 7: Osnovni podatki drugega poizkusa.</i>	21
<i>Tabela 8: Kalitev fižolovih rastlin pri različni izpostavljenosti električnemu toku.</i>	22
<i>Tabela 9: Rast fižolovih rastlin pri različni izpostavljenosti električnemu toku (v cm).</i>	23

POVZETEK

V raziskovalni nalogi smo ugotavljali, kakšen vpliv ima električni tok na kalitev in rast rastlin. Raziskovalci so ugotovili, da ima električno polje s primerno napetostjo in nizkim tokom pozitiven učinek na rast rastlin, večje vrednosti pa povzročajo poškodbe. Kaljivost rastlin je odvisna od zunanje temperature, od kemijskega razmerja med hormoni v semenu ter od razpoložljivosti vode. Zanimalo nas je, če lahko z električnim tokom spodbudimo ali zavremo kalitev, kaljivost in rast rastlin. Želeli smo ugotoviti, ali ima električni tok enak vpliv na različne rastline. Naredili smo dva poskusa, v katerih smo za poskusni rastlini uporabili pšenico in fižol. V obeh poskusih smo vzpostavili električni krog in opazovali, šteli ter merili, kakšen vpliv ima električni tok na kalitev in rast rastlin. Pri prvem poskusu smo spreminjali dobo dovajanja električnega toka in vrsto rastlin, v drugem poskusu smo rastline izpostavili različni napetosti. Ugotovili smo, da elektrika ne vpliva na kalitev in kaljivost semen, z njo ne moremo prekiniti dormance semen. Rast spodbuja le pri nekaterih rastlinah in ne pri previsokih napetostih.

Ključne besede: elektrika, električni tok, rastline, biologija, rast, kalitev, kaljivost.

ABSTRACT

The thesis determines the influence of electric current on germination and growth of plants. Scientists report low electric field with just the right voltage and low electric current having beneficial effect on the growth of plants, whereas higher voltage causes damage. The germination speed of plants depends on temperature, chemical balance of the hormones in seeds and water. Our main object was to determine whether we can stimulate or slow down the germination, its speed and growth of plants. We designed two experiments and used wheat and bean seeds. In both experiments, electric current was created. We watched, counted, and measured the effect of the electric current on germination and growth of plants. The variable in the first experiment was the time of electric current exposure. In the second experiment we took the voltage

as the variable. The results showed no influence of the electricity on the germination and its speed in plants, we also proved we cannot stop dormancy with electricity. The electric current speed up growth in some plants and only in case of low voltage.

Key words: electricity, electric current, plants, biology, growth, germination, speed.

1 UVOD

Od nekdaj nas je zanimala rast rastlin in vpliv dejavnikov na rast. Brez kakršnekoli podlage se nam je pojavila želja po raziskovanju na tem področju. Ker smo v dobi moderne tehnologije in elektrike, se nam je zdelo praktično raziskovati vpliv elektrike na delovanje rastlin. Za našo raziskovalno nalogo smo se posebej osredotočili na kalitev in rast.

Hoteli smo dobiti osnovo, zato smo se odpravili v knjižnico, kjer smo pridobili nekaj začetnega znanja, še posebej o elektriki. Lotili smo se tudi iskanja podobnih raziskav. Na svetovnem spletu smo našli različne posnetke poskusov, ki so prikazovali, kako električni tok vpliva na rast rastlin. Ugotovili smo, da so rezultati teh poskusov zelo različni. Večinoma so namigovali na to, da ima električni tok pozitiven vpliv na kalitev in rast rastlin, v nekaterih poskusih pa jim tega ni uspelo dokazati. Zanimalo nas je, kdo ima prav. Ugotovili smo, da je to področje dokaj neraziskano.

Pred raziskavo smo izvedli poizkusni eksperiment. Pogovorili smo se, kako bi eksperiment varno in zanesljivo izvedli. S poizkusnim eksperimentom smo želeli najprej preizkusiti in na podlagi ugotovitev izboljšati metodologijo raziskave.

Pri raziskovanju smo si zastavili nekaj raziskovalnih vprašanj:

1. Ali izpostavljenost rastlin električnemu toku vpliva na kalitev rastlin?
2. Ali lahko z električnim tokom prekinemo dormanco semen in povzročimo, da semena, tretirana z električnim tokom, vzklijejo prej kakor semena, ki električnemu toku niso bila izpostavljena?
3. Ali lahko z električnim tokom povečamo kaljivost rastlin?
4. Ali izpostavljenost rastlin električnemu toku vpliva na rast rastlin?
5. Ali ima električni tok enak vpliv na kalitev in rast različnih vrst rastlin?

V nadaljevanju raziskovalne naloge smo s pomočjo različnih eksperimentov in postopkov zbiranja podatkov skušali odgovoriti na zastavljena raziskovalna vprašanja. Podali smo tudi ugotovitve, s katerimi smo potrdili ali ovrgli hipoteze:

Hipoteza 1: Izpostavljenost rastlin električnemu toku pospešuje kalitev rastlin. Rastline, ki bodo izpostavljene električnemu toku, bodo vzklije prej, kakor rastline, ki električnemu toku ne bodo izpostavljene.

Hipoteza 2: Z električnim tokom ne moremo povečati kaljivosti semen. Semena, tretirana z električnim tokom, bodo imela približno enako kaljivost kot semena kontrolne skupine.

Hipoteza 3: Izpostavljenost rastlin električnemu toku pospešuje rast rastlin.

Hipoteza 4: Električni tok ima različen vpliv na različne vrste rastlin.

2 TEORETIČNI DEL

2.1 ELEKTRIKA IN ELEKTRIČNI TOK

2.1.1 KAJ JE ELEKTRIKA?

Atomi so osnovni gradniki snovi. Sestavljeni so iz električno nabitega jedra in električno nabitega elektronskega oblaka. Sila, ki veže atome v molekule, pa tudi atome in molekule v snov, je električna sila. Električni naboj elektrona je negativen. Električni naboji, ki privlačijo elektrone, so pozitivni, tisti, ki odbijajo elektrone, pa negativni. Električni naboj je povezan z električnim tokom. Skozi presek žice, po kateri teče električni tok I , steče v času dt električni naboj dq , $dq = Idt$.

Izolatorji so snovi, po katerih se električni naboji ne morejo premikati. Po prevodnikih se električni naboji prosto gibljejo. Prevodniki so snovi, ki dopuščajo, da se elektroni gibajo po njih (npr. baker, aluminij, srebro, zlato ...). Najpogosteje uporabljen prevodnik je baker.

Ko med konca kovinskega vodnika priključimo vir napetosti, se elektroni začnejo gibati v nasprotni smeri električne poljske jakosti. V elektrolitih in trdnih ionskih prevodnikih povzroči električno polje gibanje ionov: pozitivnih v smeri električne poljske jakosti, negativnih pa v nasprotni smeri. V ioniziranem plinu povzroči električno polje gibanje ionov in elektronov. V teh in številnih drugih primerih steče električni tok. Enota za električni tok je amper (A). Smer električnega toka je po dogovoru smer gibanja pozitivnih električnih nabojev. Elektroni se gibljejo v nasprotni smeri električnega toka.

Ko se v nekem vozlišču električni tok združuje in cepi, je vsota tokov, ki pritekajo v vozlišče, enaka vsoti tokov, ki odtekajo iz vozlišča.

Električni naboji pa spremenijo lastnosti prostora. Prostor postane električno polje. Če v ta prostor postavimo električni naboj, nanj deluje električna sila. Izvor električnega polja je torej naelektreno telo, ki se obda z njim (Seliger, 2015).

2.1.2 UČINKI ELEKTRIČNEGA TOKA

Poznamo več učinkov električnega toka. Najbolj znana učinka sta verjetno svetlobni in toplotni učinek. Eden od učinkov pa je tudi magnetni učinek. Primer: okrog žice, po kateri teče električni tok, nastane magnetno polje, ki zavrti magnetno iglo (Repnik idr.).

Poznamo pa tudi kemijski učinek električnega toka. Primer: Če se z jezikom dotaknemo konca baterije, občutimo na jeziku nekaj kislega. To je posledica kemijskega razkrajanja sline, ko skozi njo teče električni tok (Repnik idr.).

2.1.3 VPLIV ELEKTRIKE NA RAST IN RAZVOJ RASTLIN

Prvi, ki je izvedel večje eksperimente o vplivu električnih polj na rastline, je bil finski profesor fizike Karl Lemström. Opazil je, da je vegetacija na Arktiki kljub nizkim temperaturam in malo svetlobe zelena in vitalna. Ko je pogledal letni prirastek dreves, je ugotovil, da je ta povečan v času največje aktivnosti severnega sija (aurora borealis) – takrat je v atmosferi največ šibkih električnih tokov. V številnih poskusih je nad polja obesil žico pod visoko napetostjo (električno polje je bilo okrog 10 kV/m) in v povprečju ugotovil 45% povečanje pridelka, rastline pa so bile bolj zelene in robustne od kontrol (Lemström, 1904 cit. po Goldsworthy, 2006).

Kasnejše raziskave Blackmana (1924) in Blackman in Leg (1924) (cit. po Goldsworthy, 2006) so pokazale, da je za efekte pomemben tok, ki se ob izpostavitvi električnemu polju pojavi v rastlinah ječmena (*Hordeum vulgare*), pšenice (*Triticum aestivum*) in ovsa (*Avena sativa*). Tok med 10^{-11} in 10^{-8} A je stimuliral rast rastlin, večje vrednosti pa so povzročale poškodbe. Pri tem je pomembno poudariti, da je do stimulacije rasti prišlo v 14 do 18 primerov; Briggs (1926, cit. po Goldsworthy, 2006) ni ugotovil nobenih efektov, medtem, ko je Murr (1963, cit. po Goldsworthy, 2006) opazil le bolj zeleno barvo izpostavljenih rastlin.

Dijaka Novak in Bjeliš (Novak, Bjeliš, 2015) sta raziskovala vpliv električnega toka na rast in razvoj fižola, špinače in redkvice. Ugotovila sta, da so rastline, ki so bile vsak dan 5 minut izpostavljene električnemu toku, vzkile in rasle hitreje kot rastline, ki jih nista izpostavljala električnemu toku. V drugem poizkusu sta opazovala rast fižola pri različnih napetostih. Ugotovila sta, da ima električni tok pozitiven vpliv na rast rastlin,

vendar mora biti napetost omejena. Najbolje so rastline uspevale pri napetost 1,5 V, napetost 4 V pa je rast zavirala.

Na spletni strani All Science Fair Projects (Affect of electricity on plant growth) smo našli načrt za izvedbo, s katerim so avtorji želeli ugotoviti, kakšen vpliv ima električni tok na rast rastlin. Za testne rastline so izbrali redkvice. Predvidevali so, da bodo rastline, ki bodo izpostavljene električnemu toku, rastle hitreje. Posadili so redkvice, nekatere od njih so izpostavili električnemu toku, drugih ne. Redkvice so elektriki izpostavljali pet minut na dan z napetostjo 9 V in sicer 21 dni. Njihova hipoteza, da bodo rastline izpostavljene električnemu toku hitreje rastle, je bila potrjena.

2.2 KALITEV IN RAST RASTLIN

2.2.1 SEME IN DORMANCA

Semenke se razmnožujejo s semeni. Seme vsebuje zarodek, sestavljen iz korenice, stebelca in zasnove zelenih listov, iz katerih se razvije nova rastlina. V semenu so navadno še založne snovi, ki kaleči rastlinici omogočijo preživetje, dokler se ne razvijejo zeleni listi. Seme ščiti semenska lupina (Sternkuš, 2016, Šorgo, Glažar, Slavinec, 2012).

Mlade rastline fižola, jablane, pomarančevcev imajo založne snovi shranjene v dveh kličnih listih in jih imenujemo dvokaličnice. Rastline, kot so trave, lilije ali palme, pa imajo le en klični list, torej so enokaličnice, založne snovi pa imajo v močnatem telesu (Sternkuš, 2016).

Semena mnogih rastlinskih vrst kljub ugodnih razmeram za kalitev niso takoj kaljiva. Ta pojav imenujemo mirovanje ali dormanca. Dormanca semenom omogoči preživetje neugodnih razmer, poleg tega pa podaljša tudi čas za njihovo razširjanje (Jeras, 2016). V osnovi poznamo tri različne tipe dormance:

- morfološka (odvrženo seme je nezrelo, vzkali šele po obdobju rasti ali/in diferenciacije),
- fizična (semena so obdana z neprepustno semensko lupino, njihov zarodek ne vsebuje zadostne količine vode, dokler neprepustna plast ne počí in ne vstopi voda),

- fiziološka (kalitev je preprečena, dokler se v semenu ne spremeni kemijsko razmerje med hormoni).

Dormanca različnih semen je različna. Dormanca zimskih enoletnic se prekine z visokimi temperaturami, prekinitev dormance po navadi vključuje postopno zmanjšanje minimalnih temperatur, ki zavirajo kalitev, kar skupaj s ponovnim mirovanjem pri nizkih temperaturah zagotavlja začetek kalitve zimskih enoletnic jeseni. (Kebreab in Murdoch, 1999, cit. po Jeras, 2016)

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, cit. po Jeras, 2016).

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 dormance s kemično obdelavo, fizično silo ali s pomočjo mikroorganizmov (Fenner in Thompson, 2005, cit. po Jeras, 2016).

2.2.2 KALITEV RASTLIN

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

Proces delitve delimo v tri faze:

- faza nabrekanja (seme intenzivno sprejema vodo, s povečanjem vsebnosti vode se povečuje dihanje semena),
- pripravljalna faza (začne se, ko so izpolnjeni notranji in zunanji dejavniki. Notranja dejavnika sta zaključena doba mirovanja in faza nabrekanja, zunanji dejavniki pa temperatura, svetloba, vlaga in kisik. Ti morajo biti v okvirih, ki so za rastlino ustrezni).

- faza rasti in diferenciacije (vlaga v semenu se poveča na 90 odstotkov. 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 korenice skozi semensko lupino. (Spethmann, 1997, cit po. Jeras, 2016)

2.2.3 DOLOČANJE KALJIVOSTI SEMEN

Kaljivost semena je število normalnih klic glede na skupno število semen danih na kaljenje, ugotovljeno po času, določenem za končno ocenjevanje. Kalilni postopek se izvaja na delovnem vzorcu 400 semen iz frakcije čisto seme, ki kalijo v kontroliranih laboratorijskih pogojih, pri predpisani temperaturi, osvetlitvi in na določenem substratu. Pri predpisanem času po določenih kriterijih vse klice in nevzklilo seme preštejejo, izračunajo deleže in jih uvrstijo v eno izmed naslednjih skupin: normalno razvite klice (% kaljivosti), nenormalno razvite klice, trdo seme, sveže seme, mrtvo seme in drugo nevzklilo seme. (Kmetijski inštitut Slovenije)

2.2.4 RAST RASTLIN

Rast rastlin delimo na primarno in sekundarno fazo. Primarno fazo imajo vse rastline. V tej fazi rastejo s primarnimi meristemi (embrionalnimi tkivi). Primarni meristemi se nahajajo v vršičku poganjka in korenine, z njimi rastlina raste v dolžino (Pedagoška fakulteta v Ljubljani).

Sekundarna rast pa je rast, ki jo omogoča delovanje sekundarnih meristemov. Sekundarni meristemi (prevodni in plutni kambrij) nastanejo, ko določene celice trajnih tkiv ponovno pridobijo sposobnost celičnih delitev. Rastlini se pri sekundarni rasti povečuje obseg stebela in korenin, nastajajo oleseneli deli, zato to rast imenujemo tudi sekundarna debelitev oziroma olesenitev. Značilna je za lesne rastline (golosemenke in nekatere dvokaličnice) (Pedagoška fakulteta v Ljubljani).

Pri rastlinah se izmenjujejo različne faze rasti in razvoja: kalitev, vegetativna in reproduktivna faza. Faze si sledijo v določenem zaporedju, ki se začne s kalitvijo semen, z vegetativno rastjo, razvojem odrasle rastline, ki tvori cvetove in semena in torej preide v reproduktivno fazo, ki se nato konča s propadom in smrtjo rastline.

3 EKSPERIMENTALNI DEL

Odločili smo se raziskati vpliv različne napetosti električnega toka na različne vrste rastlin. Zanimalo nas je, kako hitro bodo semena vzkli in kako visoko bodo zrasle rastline ob različnih električnih napetostih ali brez nje.

3.1 METODOLOGIJA

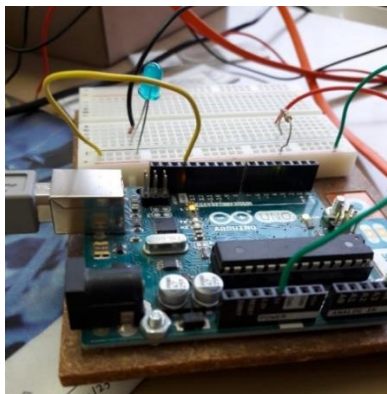
Pri tej raziskovalni nalogi smo uporabili eksperimentalno metodo. Načrtovali in izvedli smo poskuse, ki jih opisujemo v nadaljevanju.

Odločili smo se, da bomo poizkuse izvedli v učilnici za biologijo. Ima velika okna, ki omogočajo dostop sončne svetlobe. Rastline smo redno zalivali z vodo iz pipe. Vse rastline smo zalivali z enako količino vode.

Preden smo se resno lotili raziskovalnega dela, smo izvedli predpoizkus, s katerim smo želeli preizkusiti različne načine postavitve eksperimenta, predvideti kasnejše probleme in ustreznost zastavljene naloge. V polistirenske lončke smo nasuli kupljeno zemljo. Na nasprotnih straneh lončkov smo nastavili dve bakreni ploščici (približna velikost je 8 cm x 6 cm). Te smo z žicami povezali s sestavljenim vezjem. Električni tok smo dovajali preko Arduina*. Rastline v prvem in drugem lončku so bile priklopljene na 5 voltov za 10 minut, v tretjem in četrtem na 3,3 volte, prav tako za 10 minut, rastline v petem lončku pa so bile kontrola. V lončke smo posadili po 20 semen božičnega žita, ki smo ga izbrali predvsem zaradi njegove hitre kaljivosti.

Po predpoizkusu smo se naloge lotili še enkrat, a smo poleg 10 semen božičnega žita v ločene lončke posadili po 5 semen fižola (*Phaseolus vulgaris* L., *Berggold*). Vse rastline smo posadili v enake lončke kot v predpoizkusu. Namesto napetosti, ki je bila 5 voltov, pa smo spremenili dolžino dobe dovajanja elektrike. Po dva primera vsake rastline smo priklopljali na električni tok do kalitve, dva primera pa do konca poizkusa. V tem času smo Arduino nadomestili z adapterjem z možnostjo spreminjanja električne napetosti. V povprečju smo rastline zalili s 100 mililitri vode na vsakih 5 dni. Med

poizkusom smo večkrat izmerili električno napetost v posamezni posodi, da smo preverili, da električni tok res teče.

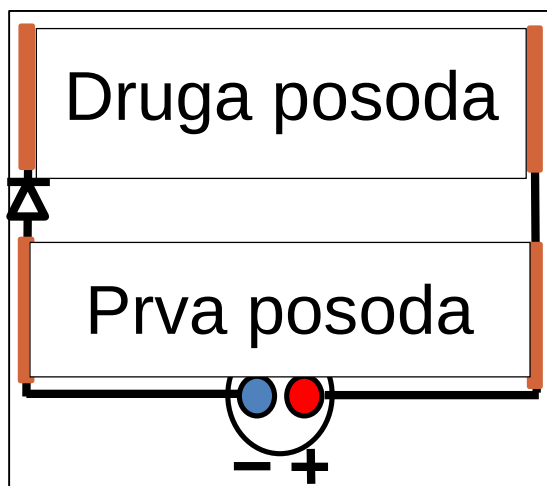


Slika 1: Arduino. ¹



Slika 2: Merjenje napetosti z voltmetrom.

Lotili smo se še tretjega poizkusa. V tri globoke pladnje smo posadili v vsakega po 100 semen fižola (*Phaseolus vulgaris* L., *Marconi nano*), bakrene ploščice pa so bile velike približno 30 cm x 5 cm. Fižol v enem pladnju je bil izpostavljen 9 voltom, v drugem 4,5 voltom, tretji pladenj pa je bila kontrola. Slika 3 nam pokaže električni krog tretjega poizkusa. V prvi posodi je bila električna napetost 9 V, v drugi pa je bila zaradi vmesnega porabnika – diode – električna napetost pol manjša.



Slika 3: Električni krog v pladnjih s 100 fižolovimi semeni.

¹ Arduino je mikrokrmilnik na matični plošči, ki je zasnovan tako, da bi bil postopek z uporabo elektronike v multidisciplinarnih projektih bolj dostopen (Wikipedia, 2. 3. 2020).

3.1.1 OPIS VZORCA RAZISKAVE

Pri prvem poskusu smo posadili 20 pšeničnih semen in 5 fižolovih semen. V drugem poskusu smo v vsako posodo posadili 100 fižolovih semen.

3.1.1.1 OPIS RASTLIN

Navadni fižol (*Phaseolus vulgaris* L.)



Fižol je doma v Južni Ameriki (Andi in argentinsko sredogorje), danes pa je razširjen po vsem svetu. Je enoletna rastlina s pokončnimi ali ovijajočimi stebli, trojno pernatimi listi in belimi, rumenkastimi, rožnatimi ali vijoličastimi cvetovi. Kultivirajo ga v dveh sortah (nizki in visoki fižol). Kot zelenjavo jemo nezrele stroke in zrela semena. (Rastline, 2008).

Slika 4: Semenska vrečka fižola.

Ker obstaja ogromno sort fižola, smo se odločili, da natančneje predstavimo tisti dve sorti, ki smo ju uporabili v poizkusih.

a) Fižol Berggold (*Phaseolus vulgaris* L.)

Na vrečki s semeni smo prebrali, da seme kali 8 do 10 dni. Je nizek fižol z rumenimi in okroglimi stroki. Primeren je za sajenje od aprila do junija, pridelek pa lahko pobiramo od maja do septembra. Uporabljamo ga za stročje in mlado zrnje. Predvidena kaljivost je 75%. Uporabili smo ga pri drugem poizkusu.

b) Fižol nizek Marconi nano (*Phaseolus vulgaris* L.)

Na vrečki s semeni smo prebrali, da seme kali 8-10 dni. Je nizek fižol z zelenimi ploščatimi stroki. Dozori v 55-65 dneh. Primeren je za sajenje od aprila do julija, pridelek pa lahko pobiramo od maja do septembra. Predvidena kaljivost semen je 88%. Uporabili smo ga pri prvem poizkusu.

Navadna pšenica (*Triticum aestivum*)

Je vrsta iz družine trav. Ima toge, večredne osi socvetja. Pri zrelosti zrna padejo iz plev. Navadno pšenico sadijo v različnih sortah kot jaro ali ozimno pšenico. Uporabljamo jo za krušno moko, zdrob, otrobe in testenine, pivo in žganje in kot krmo



za živimo. Slama se uporablja kot pletivo za predpražnike, košare in slamnike. (Rastline, 2008)

Slika 5: Semenska vrečka božičnega žita.

3.1.2 Opis merskega instrumenta

Podatke smo pridobivali s pomočjo merjenja višine raziskovanih rastlin. Rastline smo merili vsak dan, razen med vikendi. Poleg tega smo šteli število vzklilih rastlin. Ker med pretakanjem elektrike pride do izgub, smo s pomočjo šolskega voltmetra izmerili električno napetost v prsti, v kateri so bile posajene rastline.

3.1.3 OPIS POSTOPKA ZBIRANJA PODATKOV

3.1.3.1 Štetje vzklilih rastlin

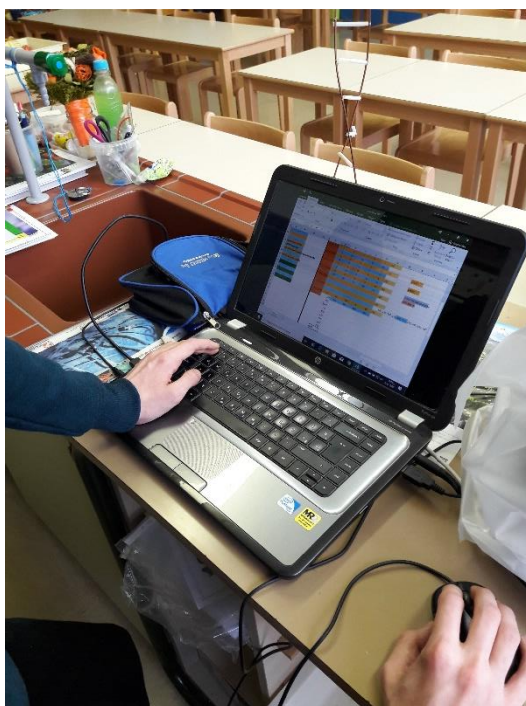
Ker je bilo semen veliko, smo si pri štetju vzkaljenih semen pomagali z zobotrebci. Vsako vzklilo seme smo označili z zobotrebci, tako da smo vedeli, da smo ga že upoštevali pri štetju.



Slika 6: Štetje semen z zobotrebci.

3.1.3.2 Merjenje

Višino rastlin smo merili z ravnilom. Ravnilo smo postavili pravokotno na podlago, višino pa smo odčitali tako, da smo pogledali pravokotno na ravnilo. Merili smo točke rastlin, ki so bile najbolj oddaljene od posode. Pri poizkusu s stotimi semeni v vsaki posodi smo merili le z zobotrebcem označenih krajnih 20 rastlin. Podatke, ki smo jih zbirali od decembra do marca, smo hranili v računalniškem programu Excel.



Slika 7: Podatke smo sproti vpisovali v razpredelnico.

3.1.4 OBDELAVA PODATKOV

Podatke smo iskali s pomočjo spleta in literature (Wikipedia, šolska knjižnica ...). Pri razumevanju pojmov nam je bil v pomoč učbenik za fiziko.

Podatke smo obdelali s pomočjo že zgoraj omenjenega računalniškega programa Excel, kjer smo jih prikazali v obliki tabel in črtnih grafov. Te smo potem primerjali med sabo in napisali ugotovitve.

3.2 REZULTATI

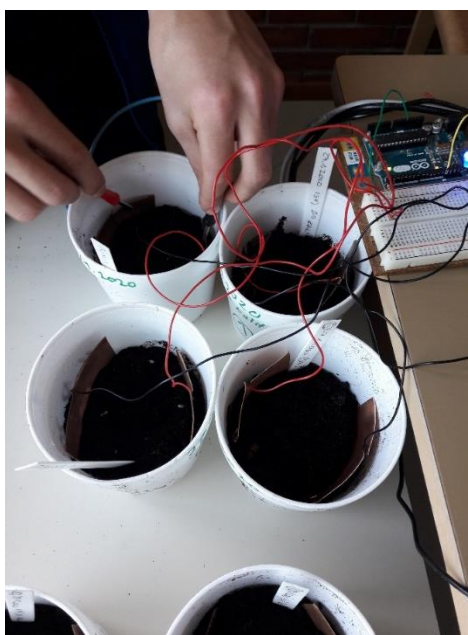
Odločili smo se, da bomo rezultate prikazali po posameznem poskusu, jih interpretirali, nato pa ugotovitve združili v razpravi.

3.2.1 UGOTAVLJANJE VPLIVA ELEKTRIČNEGA TOKA NA KALJIVOST IN RAST PŠENICE IN FIŽOLA

V predpoizkusu nas je zanimalo, kako se spremeni kaljivost pšenice pri izpostavljenosti električnemu toku, pri poizkusu pa smo zraven želeli ugotoviti še vpliv elektrike na rast pšenice ter kakšen učinek ima elektrika na različne rastline.

Ker smo v predpoizkusu videli, da elektrika morda le pospešuje kalitev, a zavira rast, smo se odločili, da bomo nalogo še bolj razvejali: ker smo hoteli ugotoviti, če to predvidevanje iz predpoizkusa drži, smo nekatere rastline izpostavljali električnemu toku do njihove kalitve (označene v preglednici in grafu z do kalitve 1 in do kalitve 2), druge pa do konca poizkusa (označene v preglednici in grafu z vedno 4 in vedno 5).

Poizkus je potekal tako, da smo 5-krat na teden rastline za deset minut po spodnji shemi izpostavili električnemu toku. Nato smo prešteli in izmerili višino rastočih rastlin in pridobljene podatke vnesli v računalniški program Excel.



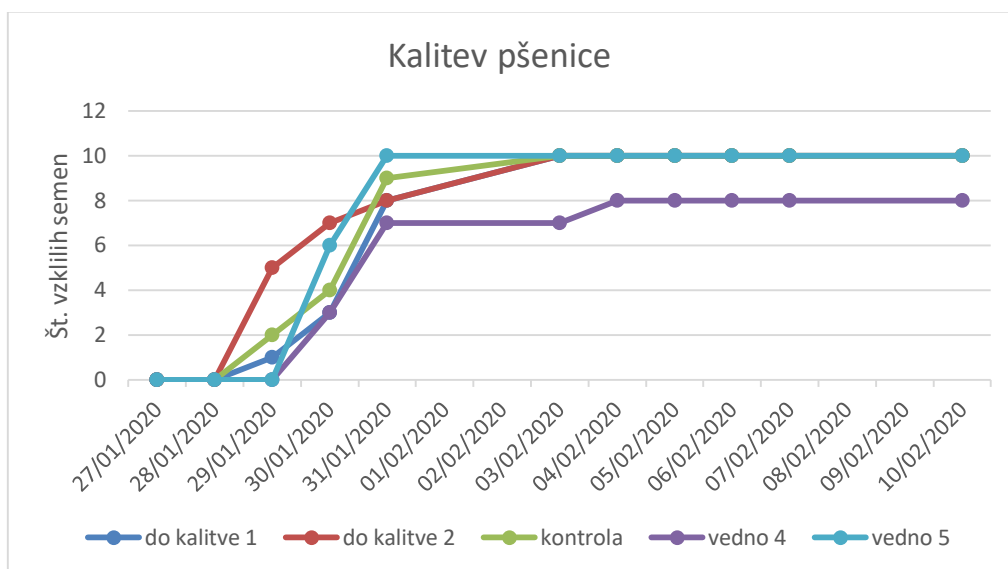
Slika 8: Izpostavljanje semen električnemu toku.

Tabela 1: Shema izpostavljanja semen električnemu toku in ključne informacije.

Pšenica	do kalitve 1	do kalitve 2	kontrola	vedno 4	vedno 5
Napetost	5 V	5 V	/	5 V	5 V
Čas dovajanja elektrike	do kalitve (5 dni), 10 minut dnevno	do kalitve (5 dni), 10 minut dnevno	/	5-krat na teden, 10 minut dnevno	5-krat na teden, 10 minut dnevno
Št. posejanih semen	10	10	10	10	10
Št. vzklilih semen	10	10	10	8	10
Povprečna končna višina rastlin (v mm)	241,5	217,5	254,4	214,8	239,7

Tabela 2: Kalitev pšenice pri različni izpostavljenosti električnemu toku.

	do kalitve 1	do kalitve 2	kontrola	vedno 4	vedno 5
27.01.2020	/	/	/	/	/
28.01.2020	/	/	/	/	/
29.01.2020	1	5	2	/	/
30.01.2020	3	7	4	3	6
31.01.2020	8	8	9	7	10
3.02.2020	10	10	10	7	10
4.02.2020	10	10	10	8	10
5.02.2020	10	10	10	8	10
6.02.2020	10	10	10	8	10
7.02.2020	10	10	10	8	10
10.02.2020	10	10	10	8	10



Graf 1: Kalitev pšenice pri različni izpostavljenosti električnemu toku.

Iz *Grafa 1* lahko razberemo, koliko kalov pšenice je vzkilo v določenih dnevih. 3. 2. 2020 so že v vseh posodah, razen v četrti, vzkili vsi kali božičnega žita. Prvi kalčki so se pojavili v lončkih, kjer smo dovajali elektriko do kalitve in v kontroli. V drugih dveh posodah so se pojavili dan kasneje. Nekaj dni po dnevu, ko so vzkile prve rastline, se je vsak dan pojavilo približno enako poganjkov v vseh lončkih, z izjemo petega lončka, kjer je v enem dnevu vzkilo občutno več rastlin kot drugje.



Slika 9: Pripravljen poskus s fižolom in pšenico (27. 1. 2020).



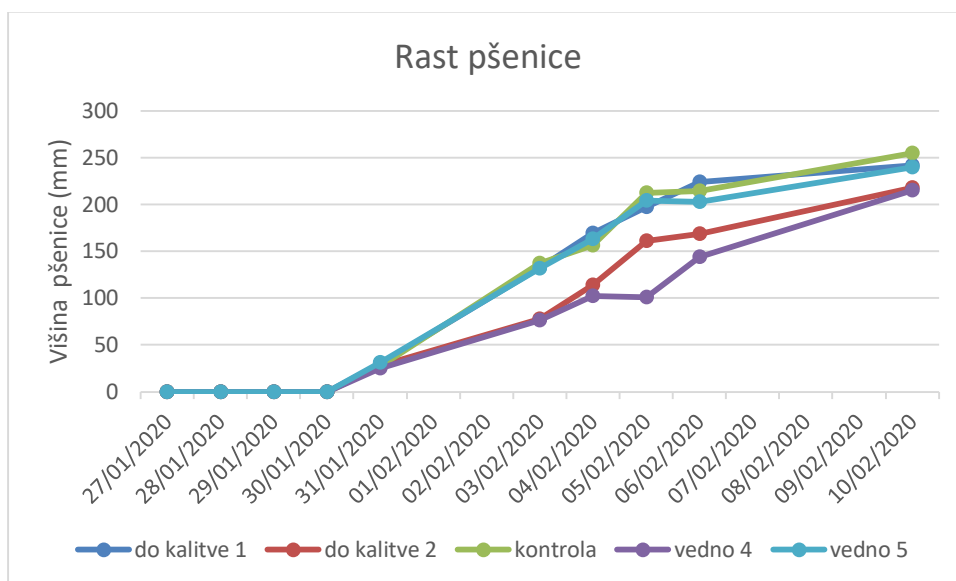
Slika 10: Kaliti so začela prva pšenična semena (31. 1. 2020).



Slika 11: Vsakodnevno merjenje pšeničnih bilk (3. 2. 2020).

Tabela 3: Rast pšenice pri različni izpostavljenosti električnemu toku (v mm).

	do kalitve 1	do kalitve 2	kontrola	vedno 4	vedno 5
27.01.2020	0	0	0	0	0
28.01.2020	0	0	0	0	0
29.01.2020	0	0	0	0	0
30.01.2020	0	0	0	0	0
31.01.2020	30	28	27	25	31
3.02.2020	132	77,5	137	76,5	131,5
4.02.2020	169,5	114	156	102	163
5.02.2020	197	161	212,5	100,5	204
6.02.2020	224	168,5	214,5	144	202,5
10.02.2020	241,5	217,5	254,4	214,8	239,7



Graf 2: Rast pšenice pri različni izpostavljenosti električnemu toku.

V *Grafu 2* vidimo, kakšna je povprečna višina pšenice. Rastline so rasle od 31. 1. 2020 do 10. 2. 2020, ko smo prenehali s prvim poizkusom. Povprečna višina rastlin v vseh lončkih je bila nižja kot pri kontrolni skupini rastlin. V tem še posebej izstopata drugi in četrti lonček, saj so bile rastline v teh dveh lončkih v povprečju 4 cm nižje od kontrolnih rastlin. Iz tega sklepamo, da je imela v tem poskusu elektrika negativen učinek na rast pšeničnih rastlin.

Fižol smo opazovali istočasno kakor pšenico. Imeli smo pet semen v vsakem lončku in prav tako smo nekatere rastline tretirali z elektriko do kalitve in nekatere do konca poizkusa.



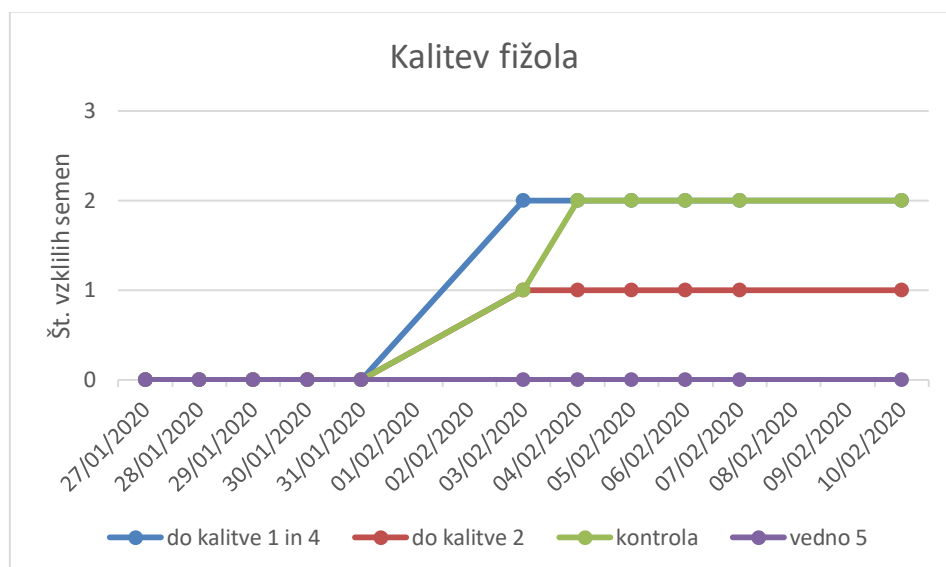
Slika 12: Priprava poskusa s fižolom.

Tabela 4: Osnovni podatki prvega poizkusa-fižol.

Fižol	do kalitve 1	do kalitve 2	kontrola	vedno 4	vedno 5
Napetost	5 V	5 V	/	5 V	5 V
Čas dovajanja elektrike	Do kalitve (5 dni), 10 minut dnevno	Do kalitve (5 dni), 10 minut dnevno	/	5-krat na teden, 10 minut dnevno	5-krat na teden, 10 minut dnevno
Št. posejanih semen	5	5	5	5	5
Št. vzklilih semen	2	1	2	2	0
Povprečna končna višina rastlin (v mm)	98	62	92	49	0

Tabela 5: Kalitev fižolovih semen pri različni izpostavljenosti električnemu toku.

	do kalitve 1	do kalitve 2	kontrola	vedno 4	vedno 5
27.01.2020	/	/	/	/	/
28.01.2020	/	/	/	/	/
29.01.2020	/	/	/	/	/
30.01.2020	/	/	/	/	/
31.01.2020	/	/	/	/	/
3.02.2020	2	1	1	2	0
4.02.2020	2	1	2	2	0
5.02.2020	2	1	2	2	0
6.02.2020	2	1	2	2	0
7.02.2020	2	1	2	2	0
10.02.2020	2	1	2	2	0

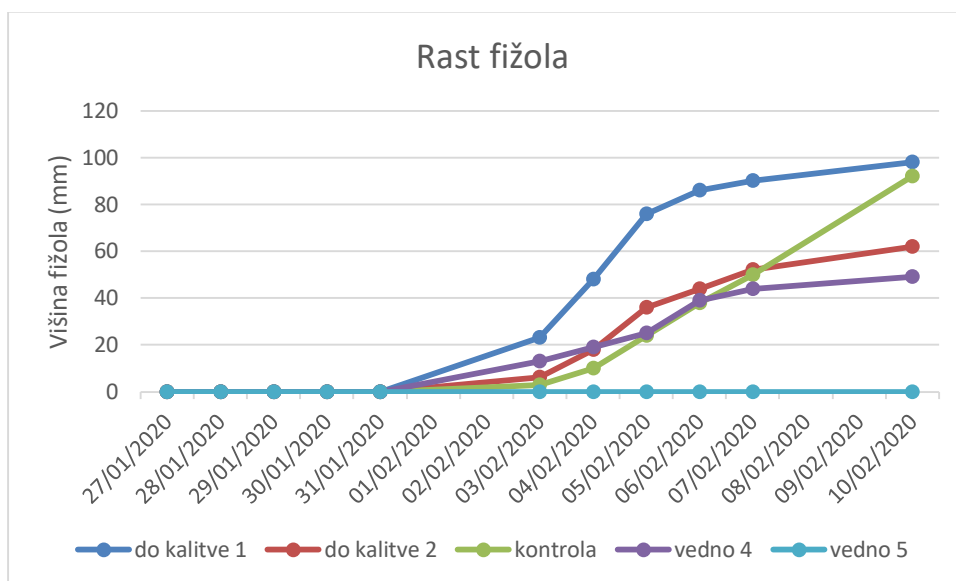


Graf 3: Kalitev fižolovih semen pri različni izpostavljenosti električnemu toku.

V zgornjem *Graf 3* vidimo, kolikšna je bila kaljivost pri fižolu. Od petih semen sta v posamezni posodi vzklila največ dva fižola, v peti posodi ni vzklilo nobeno seme. Razmišljali smo o tem, zakaj so semena tako slabo kalila in ugotovili, da je morda razlog v tem, da smo semena samo položili na zemljo. Semena se morda zato niso dovolj napojila z vodo, kar pa je predpogoj za kalitev semen.

Tabela 6: Rast fižolovih rastlin pri različni izpostavljenosti električnemu toku (v mm).

	do kalitve 1	do kalitve 2	kontrola	vedno 4	vedno 5
27.01.2020	0	0	0	0	0
28.01.2020	0	0	0	0	0
29.01.2020	0	0	0	0	0
30.01.2020	0	0	0	0	0
31.01.2020	0	0	0	0	0
3.02.2020	23	6,2	3	13	0
4.02.2020	48	18	10	19	0
5.02.2020	76	36	24	25	0
6.02.2020	86	44	38	39	0
7.02.2020	90	52	50	44	0
10.02.2020	98	62	92	49	0



Graf 4: Rast fižolovih rastlin pri različni izpostavljenosti električnemu toku.

Graf 4 nam prikazuje povprečno višino zraslih fižolovih rastlin. Iz grafa lahko razberemo, da je bila rast rastlin, ki so bile do kalitve izpostavljene električnemu toku v začetku nekoliko boljša kot pri rastlinah, ki so bile električnemu toku izpostavljene ves čas.

Odločili smo se, da bomo ta poskus razširili na 100 semen, da bi lahko ugotovili, če električni tok vpliva na delež kaljivosti, hitrost kalitve in rast fižolovih rastlin.

3.2.2 VPLIV ELEKTRIČNEGA TOKA NA DELEŽ KALJIVOSTI, HITROST KALITVE IN RAST FIŽOLA

Ta poizkus je nastal kot posledica neuspešnega prvega poizkusa s fižolom. V prvem poizkusu smo v vsakem lončku imeli po pet primerkov fižola, v drugem poizkusu pa na pladnjih kar 20-krat več. S tem smo želeli preprečiti, da nam poizkus zaradi slabe kaljivosti ne bi uspel. Odločili smo se, da bomo merili vsak dan 20 rastlin. S tem smo želeli zmanjšati napako, ki nastane pri merjenju rastlin in tako priti do čim bolj relevantnih podatkov.

Zanimalo nas je, ali fižol na električni tok reagira kaj drugače kakor božično žito. Želeli smo ugotoviti, ali bo električni tok ravno tako zavrl rast, kot se je to zgodilo pri pšenici ali pa bo morda imel na fižolove rastline pozitiven učinek.

Pri tem poskusu smo 5-krat na teden prešteli vse rastline in izmerili višino krajnih dvajset rastlin, ki so se raztezale od ene bakrene ploščice do druge. Te smo označili z zobotrebcji, da bi vedno merili iste rastline. Pridobljene podatke smo vnesli v računalniški program Excel. Pridobljeni podatki so prikazani v Prilogi 1.

Tabela 7: Osnovni podatki drugega poizkusa.

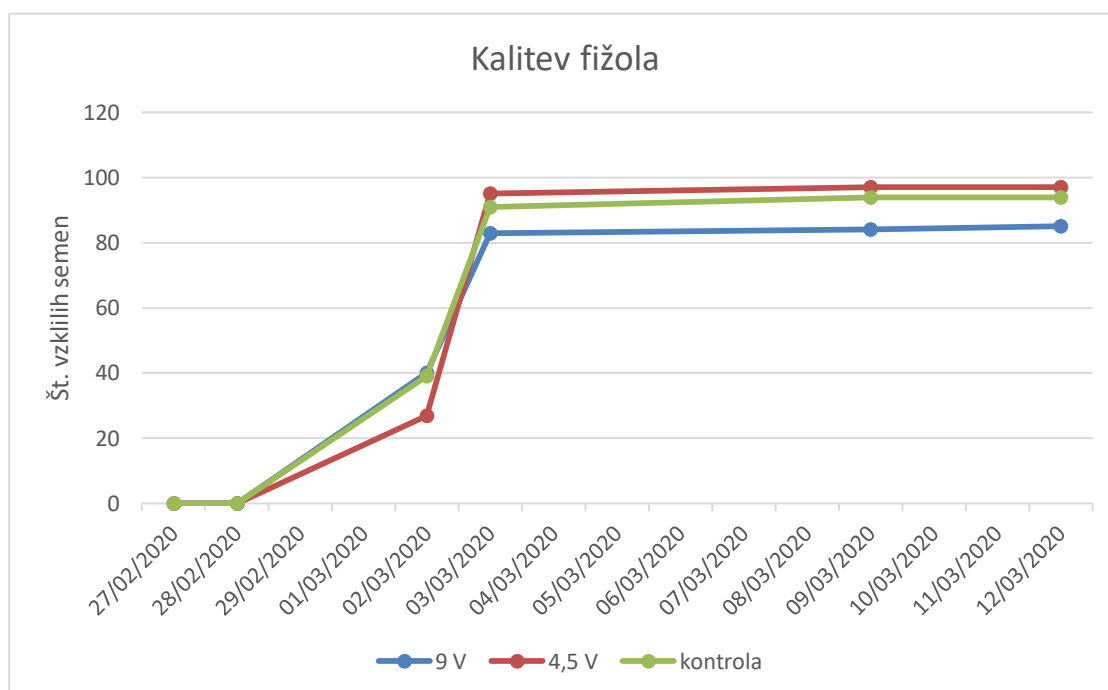
	1	2	Kontrola
Napetost	9 V	4,5 V	/
Čas dovajanja elektrike	5-krat na teden, 10 minut na dan	5-krat na teden, 10 minut na dan	/
Št. posejanih semen	100	100	100
Št. vzklilih semen	85	97	94
Povprečna končna višina rastlin (v mm)	36,6	42,75	37,58



Slika 13: Štetje semen, ki so vzklila.

Tabela 8: Kalitev fižolovih rastlin pri različni izpostavljenosti električni napetosti.

	9 V	4,5 V	kontrola
27.02.2020	0	0	0
28.02.2020	0	0	0
2.03.2020	36	54	61
3.03.2020	83	95	91
9.03.2020	84	97	94
12.03.2020	85	97	94

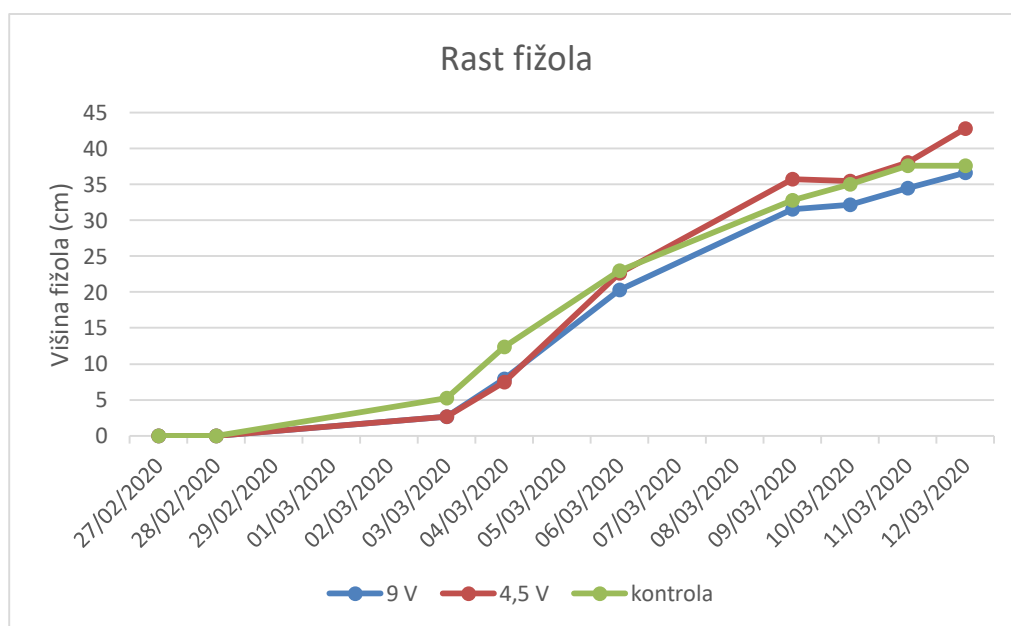


Graf 5: Kalitev fižolovih rastlin pri različni izpostavljenosti električni napetosti.

Zgornji graf prikazuje, koliko rastlin je vzklilo. Kalitev semen smo opazili 2. 3. 2020. Največ rastlin je vzklilo v posodi, kjer so bila semena izpostavljena električni napetosti 4,5 V. V tej posodi je vzklilo 12 rastlin več kakor v posodi, v kateri so bila semena izpostavljena električni napetosti 9 V. Iz tega lahko sklepamo, da električna napetost pozitivno vpliva na kalitev fižola, a le, če je v zmernih količinah. V vseh posodah smo kalčke opazili isti dan. Iz tega sklepamo, da z električnim tokom ne moremo prekiniti dormance semen, prav tako pa ne moremo povečati kaljivosti semen.

Tabela 9: Rast fižolovih rastlin pri različni izpostavljenosti električnemu toku (v cm).

	9 V	4,5 V	kontrola
27.02.2020	0	0	0
28.02.2020	0	0	0
3.03.2020	2,6	2,6	5,2
4.03.2020	7,9	7,5	12,375
6.03.2020	20,3	22,65	23
9.03.2020	31,55	35,75	32,8
10.03.2020	32,18	35,5	35
11.03.2020	34,5	38,03	37,58
12.03.2020	36,6	42,75	37,58



Graf 6: Rast fižolovih rastlin pri električni napetosti 9 V in 4,5 V.

Graf 6 nam pokaže, kako je fižol rasel. Iz grafa razberemo, da so najbolj začele z rastjo rastline v kontrolni posodi. To lahko razberemo tudi iz Slika 14. Kontrolno skupino rastlin je po dobrem tednu prehitela posoda, v kateri je bil fižol izpostavljen 4,5 V. V posodi, v kateri je bila napetost 9 V, je bila povprečna višina rastlin ves čas nižja v primerjavi z drugima dvema posodama. Z opazovanjem smo zaključili 12. 3. 2020 zaradi izrednih razmer.

Slika 14: Kalitev in rast fižola pod različno električno napetostjo.

	9 V	4,5 V	KONTROLA
Datum: 2. 3. 2020			
Datum: 3. 3. 2020			
Datum: 9. 3. 2020			
	9 V	4,5 V	kontrola

4 RAZPRAVA

Hipoteza 1: Izpostavljenost rastlin električnemu toku pospešuje kalitev rastlin. Rastline, ki bodo izpostavljene električnemu toku, bodo vzkile prej, kakor rastline, ki električnemu toku ne bodo izpostavljene.

Hipoteza je bila ovržena, saj smo s podatki naše raziskovalne naloge ugotovili, da električni tok ne pospešuje in prav tako ne zavira kalitve rastlin. Pri vseh poskusih so semena, ki smo jih izpostavljali električnemu toku, vzkila isti dan kot semena kontrolne skupine. Iz tega sklepamo, da z električnim tokom ne moremo prekiniti dormance semen.

Hipoteza 2: Z električnim tokom ne moremo povečati kaljivosti semen. Semena tretirana z električnim tokom bodo imela približno enako kaljivost kot semena kontrolne skupine.

Hipotezo lahko delno potrdimo. Električni tok ni imel posebnega vpliva na kaljivost pšeničnih semen, saj jih je od posejanih 40, ki smo jih izpostavljali električnemu toku, vzknilo kar 38. Prav tako so vzknila vsa semena kontrolne skupine. Pri kalitvi fižola pa smo ugotovili, da je bila kaljivost najvišja pri tistih semenih, ki smo jih izpostavili 4,5 V napetosti, nato je sledila kontrola. Najmanj semen je vzknilo v posodi, kjer smo semena izpostavili 9 V napetosti. Vzknilo je 9 semen manj kot v kontrolni posodi. Iz tega lahko sklepamo, da je od napetosti vira, s katero tretiramo semena, odvisno, kakšen bo učinek na kaljivost semen.

Hipoteza 3: Izpostavljenost rastlin električnemu toku pospešuje rast rastlin.

S prvim poskusom, v katerem smo električnemu toku izpostavljali pšenična semena in spremljali njihovo kalitev in rast, smo ugotovili, da je imel električni tok negativen učinek na rast rastlin, saj je bila povprečna višina rastlin, ki so bile izpostavljene električnemu toku, nižja od povprečne višine kontrolnih rastlin. Pri drugem poskusu se je izkazalo, da ima električni tok lahko pozitiven učinek na rast rastlin. Rastline fižola, ki smo jih izpostavili 4,5 V napetosti, so do zaključka naše raziskave dosegle povprečno višino 42,75 cm, rastline kontrolne skupine so dosegle 37,58 cm, rastline, ki so bile izpostavljene 9 V napetosti, pa so bile najmanjše. Njihova povprečna višina je bila

36,6 cm. Iz tega lahko sklepamo, da ima elektrika pozitiven učinek na rast rastlin, če napetost ni previsoka. S tem smo potrdili ugotovitve raziskovalcev, ki jih navajamo v uvodu, da ima električni tok ravno prave napetosti pozitiven učinek na rast rastlin.

Hipoteza 4: Električni tok ima različen vpliv na različne vrste rastlin.

To hipotezo lahko potrdimo, saj smo že pri razlagi prejšnjih ugotovitev dokazali, da je imel električni tok drugačen vpliv na kalitev in rast pšeničnih in fižolovih semen. Pri pšenici vpliva na kalitev ni bilo zaznati, zaznali pa smo negativen vpliv na njeno rast, pri fižolu pa smo tako v prvem kakor v drugem poskusu ugotovili, da ima električni tok primerne napetosti pozitiven učinek na kaljivost in rast rastlin.

5 ZAKLJUČEK

Z raziskovalno nalogo smo želeli raziskati, kakšen je vpliv elektrike na kalitev, kaljivost in rast rastlin. S tem namenom smo v učilnici biologije pripravili tri poskuse, s katerimi smo želeli raziskati to področje. Prvi izziv nam je predstavljala postavitve poskusa, saj smo morali zagotoviti veliko pogojev: preprečiti smo morali, da bi električni tok tekel mimo poskusnih rastlin, zagotoviti različno napetost in nenazadnje preprečiti nevarnost električnega udara, ki bi lahko ogrozil naša življenja.

Ponosni smo na to, da nam je uspelo vzpostaviti električni krog, ki nam je omogočil izpeljavo poskusov in da smo pri opazovanju kalitve in rasti fižola prišli do rezultatov, ki smo jih predvidevali.

Na poti našega raziskovanja pa smo se srečali s kar nekaj težavami, ki smo jih v nadaljevanju poskusili odpraviti. V prvem poskusu smo za raziskovanje uporabili premalo fižolovih semen, tudi način sajenja ni bil primeren, saj smo semena samo položili na prst in s tem onemogočili, da bi voda spodbudila kalitev semen. To smo v drugem poskusu popravili. V drugem poskusu smo se srečali s težavami pri štetju vzklihih semen in merjenju rastlin, saj so bile rastline zelo gosto posajene.

Naslednjič bi lahko izboljšali to, da bi z raziskovanjem začeli prej in tako imeli več možnosti za ponovitev poskusa. Tokrat nam poskusov ni uspelo ponoviti, kar zmanjšuje vrednost pridobljenih rezultatov.

V prihodnje bi lahko naredili poskus z več različnimi rastlinami, lahko bi rastline dalj časa opazovali, da bi videli, če električni tok vpliva na njihovo cvetenje in plodenje ter na njihovo umrljivost.

Elektrika je danes del našega vsakdana. Uporabljamo jo za pogon elektromotorjev, ki so sestavni del marsikaterega stroja, za pogon elektronske opreme in grelnikov. Če bi nekoč postala cenovno bolj dostopna, bi jo morda lahko uporabili tudi za pospeševanje rasti nekaterih rastlin. Ker živimo v alpskih pokrajinah, kjer so ostrejši pogoji za rast vrtnin, bi bil tak učinek dobrodošel za samooskrbo s hrano na višjeležečih kmetijah.

6 VIRI IN LITERATURA

Affect of electricity on plant growth. Dostop: http://www.all-science-fair-projects.com/project1434_50.html (18. 3. 2020)

Arduino. Dostop: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Arduino> (2. 3. 2020)

Električna poljska jakost. Dostop: https://si.openprof.com/wb/elektri%C4%8Dna_poljska_jakost?ch=219 (18. 3. 2020)

Jan, L. (2008). Bližnje električno polje kot kazalnik fiziološkega stanja pri fižolu (*Phaseolus vulgaris*) (Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo) Dostop: http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/dn_jan_luka.pdf

Jeras, L. (2016). Optimizacija stratifikacijskih postopkov ter začetne rasti in razvoja pri izbranih gorskih rastlinah (Magistrsko delo, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo) Dostop: http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/agronomija/du2_jeras_luka.pdf (15. 2. 2020)

Neodvisna strokovna kontrola kakovosti semena. Kmetijski inštitut Slovenije, laboratorij za kontrolo kakovosti semena. Dostop: https://www.kis.si/f/docs/Semenski_laboratorij_1/zgibanka_semenski_laboratorij_po_strane.pdf4 (20. 3. 2020)

Novak, V., Bjeliš, M. (2015). Effect of electricity on growth and development of several plant species. V Gymnasium, Zagreb, Croatia. Dostop: http://www.hbd-sbc.hr/wordpress/wp-content/uploads/2015/05/CROATIA_Abstract_Novak-and-Bjelis.pdf (15. 2. 2020)

Pšenica. Dostop: <https://sl.wikipedia.org/wiki/P%C5%A1enica> (2. 3. 2020)

Rastline. Leksikon. Tržič: Učila International, 2008

Repnik idr. Fizika 9, i-učbenik za fiziko v 9. razredu OŠ. Dostop: <https://eucbeniki.sio.si/fizika9/190/index3.html> (18. 3. 2020)

Sekundarna rast. Pedagoška fakulteta v Ljubljani. Dostop: <http://www.pef.uni-lj.si/~kemija/pai/sekundarna/index.html> (18. 3. 2020)

Seliger, J. (2015). Električno polje. Dostop: <https://www.fmf.uni-lj.si/~seliger/elektrika.pdf> (18. 3. 3030)

Sternkuš, M. (2016). Vpliv različnih delov svetlobnega spektra na rast in kalitev rastlin (Raziskovalna naloga, Osnovna šola Gustava Šiliha Laporje) Dostop: <http://www.os-laporje.si/files/2017/01/Vpliv-razli%C4%8Dnih-delov->

[svetlobnega-spektra-na-kalitev-in-rast-rastlin-M.Sterku%C5%A1-B.Arko-R.-Sterku%C5%A1-srebro-dr%C5%BEavna.pdf](#) (18. 3. 2020)

Šorgo, A., Glažar, S. A., Slavinec, M. *Aktivno v naravoslovje 1: učbenik za naravoslovje v 6. razredu osnovne šole*. Ljubljana: DZS, 2012

7 PRILOGA

Priloga 1

V tej prilogi so napisane višine vseh šestdeset opazovanih fižolov pri drugem poskusu. Ker nas je zanimala le povprečna višina rastlin, rastline niso bile vedno izmerjene v enakem vrstnem redu. Podatki so napisani v centimetrih.

3.03.2020			4.03.2020			6.03.2020		
1	2	3	1	2	3	1	2	3
6,2	3	10,5	13,0	10	14,5	26	26	24
4,6	1,2	5,5	17,0	8	14,5	26	27	27
5,0	5,2	7,5	9,0	9	14,5	23	20	25
3,7	1,3	3,9	11,0	5	11	26	27	23
4,5	2,3	4	5,5	11	11,5	24	23	22
1,5	3,5	4,5	6,5	8	12	23	25	20
2,0	3	2,6	6,0	5	11,5	18	26	20
2,7	5	8,2	4,0	11	6	21	20	18
2,5	1,5	4	10,0	5	5	18	24	21
2,0	3	4,5	13,0	6	15	22	18	25
1,2	2,5	6,2	14,5	5	15,5	17	15	23
3,1	1,7	2,6	5,0	6,5	11,5	19	20	20
1,0	2	5	4,5	5,5	12,5	21	23	23
0,5	2,5	5	10,5	7,5	14	21	25	23
2,5	2	6	2,5	5	12,5	15	20	24
0,8	1	4,5	9,5	4	9	18	21	27
2,0	1,8	3,5	6,0	12	12,5	19	25	27
2,4	1	5,0	3,0	13	13,0	13	28	24
1,1	5	4	5,0	8,5	15	22	20	22
3,0	3,5	7	2,0	5	16,5	14	20	22
2,6	2,6	5,2	7,9	7,5	12,375	20,3	22,65	23
9.03.2020			10.03.2020			11.03.2020		
1	2	3	1	2	2	1	2	3
47	40	35	44,00	42,00	37,50	39,50	45,00	38,50
37	40	35	48,00	42,00	36,50	20,00	44,50	37,50
43	40	36	30,50	33,00	34,00	21,00	24,50	41,00
37	37	33	20,50	41,00	36,50	48,00	28,00	40,00
41	49	34	42,00	19,00	30,50	42,00	34,00	38,50
31	29	30	32,00	23,50	32,00	36,00	32,00	30,00
29	30	33	30,50	38,00	37,00	33,50	18,00	38,50
38	23	31	25,00	26,00	38,00	27,50	48,00	42,00
21	33	28	46,00	29,50	29,00	23,50	20,00	41,00
30	35	29	23,00	38,00	20,00			

30	37	35	30,00	25,00	23,50	51,50	35,00	39,50
18	35	32	19,00	37,00	41,00	36,00	36,50	39,00
26	30	24	43,00	47,00	39,00	48,00	41,00	24,00
31	38	35	23,00	36,00	39,00	36,00	52,00	42,00
34,5	32	33	30,00	32,00	38,00	33,00	33,00	36,50
26	29	35	34,00	49,50	38,00	22,00	54,00	41,00
29	35	35	32,50	34,50	36,00	22,00	44,00	39,00
27	44	33	32,00	37,00	39,00	35,50	46,00	38,00
26,5	47	38	29,50	32,00	28,50	42,00	36,00	24,50
29	32	32	29,00	48,00	47,00	51,00	48,50	41,00
31,55	35,75	32,8	32,18	35,50	35,00	22,00	40,50	40,00
						34,50	38,03	37,58
12.03.2020								
1	2	3 ²						
49,00	44,00							
54,00	46,00	34,00						
44,00	35,00	40,00						
13,00	43,00	32,00						
39,00	61,00	33,00						
22,00	47,00	35,00						
20,00	40,00	43,00						
36,00	39,00	44,00						
49,00	29,00	40,00						
27,00	44,00	40,00						
58,00	43,00	41,00						
35,00	63,00	22,00						
44,00	28,00	39,00						
44,00	42,00	39,00						
29,00	67,00	35,00						
33,00	37,00	42,00						
33,00	39,00	38,00						
39,00	39,00	38,00						
37,00	28,00	35,00						
27,00	41,00	44,00						
36,60	42,75	37,58						

² Povprečje je izračunano za 19 rastlin.