

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Klemen STANONIK

**REGULACIJA RASTI RASTLIN S POMOČJO
RAZLIČNIH TEHNOLOŠKIH UKREPOV IN VPLIV
MEHANSKEGA STRESA PRI *Pelargonium x peltatum***

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Klemen STANONIK

**REGULACIJA RASTI RASTLIN S POMOČJO RAZLIČNIH
TEHNOLOŠKIH UKREPOV IN VPLIV MEHANSKEGA STRESA PRI
*Pelargonium x peltatum***

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja

**PLANT GROWTH REGULATION UNDER DIFFERENT
TECHNOLOGICAL MEASURES AND INFLUENCE OF
MECHANICAL STRESS AT *Pelargonium x peltatum***

B. SC. THESIS
Professional Study Programmes

Ljubljana, 2016

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija Kmetijstvo - agronomija in hortikultura – 1. stopnja. Delo je bilo opravljeno na Katedri za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo, praktični del poskusa pa na sedežu Vrtnarstva Stanonik.

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

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednica: prof. dr. Zlata LUTHAR
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Gregor OSTERC
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Dominik VODNIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

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

Klemen STANONIK

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dv1
DK	UDK 635.9:582.752.3:631.54(043.2)
KG	pelargonija/ <i>Pelargonium x peltatum</i> /mehanski stres/tigmomorfogeneza
AV	STANONIK, Klemen
SA	OSTERC, Gregor (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI	2016
IN	REGULACIJA RASTI RASTLIN S POMOČJO RAZLIČNIH TEHNOLOŠKIH UKREPOV IN VPLIV MEHANSKEGA STRESA PRI <i>Pelargonium x peltatum</i>
TD	Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja)
OP	IX, 28 str., 2 pregl., 22 sl., 3 pril., 29 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	V diplomski nalogi je predstavljena raziskava uporabe mehanskega stresa v vrtnarstvu, kot novejša metode za gojenje kompaktnih rastlin. Učinke mehanskega tretiranja smo, primerjalno s hormonskim tretiranjem in kontrolo vrednotili pri pelargonijah (<i>P. × peltatum</i>) različnih sort. Spomladi 2015 smo med 9. in 20. tednom (28. februar – 15. maj) izvedli praktični poskus pri navadnih bršljankah, sort 'Balcon Lilac' in Balcon Red' in 'Candy Orange'. Rastline vseh sort smo razdelili na tri skupine s po 12 rastlinami. Vsako od posameznih skupin smo tretirali glede na predvidena obravnavanja (kontrola, mehanski stres in hormonsko tretiranje s pripravkom Stabilan). Fertiirigacijo smo izvedli preko namakalne rampe po potrebi, tako da so bile rastline redno prehranjene. Po dveh mesecih smo opravili meritve. Spremljali smo število poganjkov, dolžino najdaljšega poganjka in skupno število socvetij. Število stranskih poganjkov je bilo v povprečju manjše pri mehanskem sklopu ('Balcon Lilac', povpr. 9) kot pri hormonskem ('Balcon Lilac', povpr. 9,75), prav tako dolžina najdaljših poganjkov, ki je bila pri mehanskem tretiranju občutno nižja. Največ cvetov smo izmerili pri mehanskem stresu (med 2 in 5), delno verjetno tudi na račun dvignjenih rastlin od tal, ki so se posledično hitreje izsušile in so doživele rahel sušni stres, ta pa je spodbudil hitrejši razvoj cvetov. Kontrolne, netretirane rastline so imele pričakovano največjo povprečno dolžino najdaljših poganjkov. Mehanski stres se v poskusu ni pokazal kot zelo učinkovit ukrep. Na dobljene rezultate je vplival tudi moteči dejavnik sušnega stresa, ki so jim bile izpostavljene rastline pri tem obravnavanju. Poskus bi bilo potrebno v praksi preizkusiti še na drugih zelnatih okrasnih rastlinah z nežnejšimi stebli in z večjo kontrolo motečih dejavnikov.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Dv1

DC UDC 635.9:582.752.3:631.54(043.2)

CX geranium/*Pelargonium x peltatum*/mechanical stress/thigmomorphogenesis

AU STANONIK, Klemen

AA OSTERC, Gregor (supervisor)

PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy

PY 2016

TI PLANT GROWTH REGULATION UNDER DIFFERENT TECHNOLOGICAL MEASURES AND EFFECT OF MECHANICAL STRESS AT *Pelargonium x peltatum*

DT B. Sc. Thesis (Professional Study Programmes)

NO IX, 28 p., 2 tab., 22 fig., 3 ann., 29 ref.

LA sl

AL sl/en

AB In the thesis we represent an experiment with mechanical stress, as a new method of plant growth regulation at three *P. peltatum* sorts. We compared these results with control plants and plants treated with growth regulator Stabilan. Between 9th and 20th week in spring 2015 (28.2 - 15.5.) we made practical experiment with cultivars 'Balcon Lilac', 'Balcon Red' and 'Candy Orange'. Ivy-leaved Geraniums were divided into three groups with 12 potted plants in each group. Every group was treated differently accordingly specific treatment (control, mechanical stress and hormone treatment with Stabilan). Fertiirrigation by ramp was well managed regularly by plant needs. After two months the measurements were done and the comparison among treatments was made. We measured the total number of shoots, the length of the longest shoot and the number of flowers per pot. Total number of side shoots was in average lower at mechanical stress ('Balcon Lilac', in average 9) compared with hormone treatment ('Balcon Lilac', in average 9,75). The length of the longest shoot, was at mechanical treatment significantly lower compared with hormone treatment as well. Highest number of flowers was measured at mechanical stress (between 2 and 5), particularly due to higher pot position above the ground, which led to faster drought stress. Drought stress effects the higher amount of flower buds. Controlled, untreated plants were convenient for comparison of all measurements and as expected they achieved the highest value of shoot length. Mechanical treatment as a method, has not showed in our experiment as a measure where potentially more compact plants are formed. On this results drought as an environmental factor had some side effects too. More experiments should be made on more herbaceous plants and with higher control of environmental factors.

KAZALO VSEBINE

	KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	Str. III
	KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
	KAZALO VSEBINE	V
	KAZALO SLIK	VII
1	UVOD	1
1.1	VZROK ZA RAZISKAVO	1
1.2	NAMEN RAZISKAVE	1
1.3	DELOVNA HIPOTEZA	1
2	PREGLED DOSEDANJIH OBJAV	2
2.1	GOJENJE PELARGONIJ	2
2.2	KONTROLA RASTI PRI PELARGONIJAH	2
2.2.1	Regulacija rasti z rastnimi hormoni	2
2.2.2	Regulacija rasti z ne-hormonskimi tehnološkimi ukrepi	4
2.2.2.1	Vrščikanje	4
2.2.2.2	Velikost lončkov	4
2.2.2.3	Sušni stres	6
2.2.2.4	Gnojenje	7
2.2.2.5	Svetloba	9
2.2.2.6	Temperatura	9
2.2.2.7	Mehanski stres	10
3	MATERIALI IN METODE DE LA	15
3.1	PELARGONIUM × PELTATUM	15
3.2	POSTAVITEV POSKUSA	15
3.3	MERITVE	17
4	REZULTATI	18
4.1	STRANSKI POGANJKI	18

4.1.1	Sorta 'Balcon Lilac'	18
4.1.2	Sorta 'Balcon Red'	18
4.1.3	Sorta 'Candy Orange'	19
4.2	DOLŽINA NAJDALJŠEGA POGANJKA	19
4.2.1	Sorta 'Balcon Lilac'	19
4.2.2	Balcon Red'	20
4.2.3	Sorta 'Candy Orange'	20
4.3	ŠTEVILO SOCVETIJ	21
4.3.1	Sorta 'Balcon Lilac'	21
4.3.2	Sorta 'Balcon Red'	21
4.3.3	Sorta 'Candy Orange'	22
4.4	SKUPNA PRIMERJAVA MERITEV	22
4.4.1.	Skupno število poganjkov	22
4.4.2	Dolžina najdaljšega poganjka	23
4.4.3	Skupno število socvetij	23
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	24
5.1	RAZPRAVA	24
5.2	SKLEPI	25
6	POVZETEK	26
7	VIRI	27
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO SLIK

	Str.
Slika 1: Vpliv velikosti lončkov (L) na delež suhe snovi (g), (a) <i>Pinus concorta</i> , (b) povzetek izsledkov literature 65 raziskav na 69 kulturah (Porter in sod. 2012)	5
Slika 2: Razporejenost korenin pri (a) <i>Hordeum vulgare</i> in (b) <i>Beta vulgaris</i> posneta z magnetno resonanco NMR (modra – korenine na zunanjem robu, rumena – korenine v notranjosti, rdeča – steblo in glavna korenina) (Porter in sod. 2012)	6
Slika 3: Vpliv fosforja (P) na rast paradižnika in primerjava med kontrolo ter odsotnostjo elementa (Buechel, 2016)	8
Slika 4: Paradižnik 'Rote Murrel' in primerjava dolžine internodijev med mehanskim stresom ter kontrolo (Tasdemir, 2015)	11
Slika 5: Primerjava bazilike tretirane v dveh intenzitetah mehanskega stresa ter kontrole (Tasdemir, 2015)	11
Slika 6: Vpliv mehanskega stresa in primerjava kontrole na dolžino internodijev rastlin, uporabljenih v poskusu (Koch, 2009)	12
Slika 7: Prototip kompresijske rampe na LVG Heidelberg uporabljen pri poskusu na bazilikah (Wegscheider, 2015)	14
Slika 8: Sajenje rastlin in razporeditev po obravnavanjih v 9. tednu	16
Slika 9: Trivrstno zaporedje vlaknaste tkanine, uporabljene v poskusu za izvedbo obravnavanja z mehanskimi dražljaji	16
Slika 10: Postavitev poskusa z dvignjenimi rastlinami pri mehanskem stresu	17
Slika 11: Število stranskih poganjkov pri sorti 'Balcon Lilac' v začetnem 12. (Z12) in končnem 20. tednu (K20) glede na različna obravnavanja	18
Slika 12: Število stranskih poganjkov pri sorti 'Balcon Red' v začetnem 12. (Z12) in končnem 20. tednu (K20) glede na različna obravnavanja	18
Slika 13: Število stranskih poganjkov pri sorti 'Candy Orange' v začetnem 12. (Z12) in končnem 20. tednu (K20) glede na različna obravnavanja	19
Slika 14: Dolžina najdaljšega poganjka pri sorti 'Balcon Lilac' v začetnem 12. (Z12) in končnem 20. tednu (K20) glede na različna obravnavanja	19
Slika 15: Dolžina najdaljšega poganjka pri sorti 'Balcon Red' v začetnem 12. (Z12) in končnem 20. tednu (K20) glede na različna obravnavanja	20
Slika 16: Dolžina najdaljšega poganjka pri sorti 'Candy Orange' v začetnem 12. (Z12) in končnem 20. tednu (K20) glede na različna obravnavanja	20
Slika 17: Število socvetij pri sorti 'Balcon Lilac' v začetnem 12. (Z12) in končnem 20. tednu (K20) glede na različna obravnavanja	21

Slika 18: Število socvetij pri sorti 'Balcon Red' v začetnem 12. (Z12) in končnem 20. tednu (K20) glede na različna obravnavanja	21
Slika 19: Število socvetij pri sorti 'Candy Orange' v začetnem 12. (Z12) in končnem 20. tednu (K20) glede na različna obravnavanja	22
Slika 20: Povprečno število poganjkov pri vseh obravnavanjih in sortah v 20. tednu	22
Slika 21: Povprečna dolžina najdaljšega poganjka pri vseh obravnavanjih in sortah v 20. tednu (K20)	23
Slika 22: Skupno število socvetij pri vseh obravnavanjih in sortah v 20. tednu	23

KAZALO PRILOG

PRILOGA A: Začetne meritve posameznih parametrov (Z12)

PRILOGA B: Končne meritve posameznih parametrov (K20)

PRILOGA C: Slikovno gradivo po končanem poskusu

Priloga C1: Kontrola - rezultat ('Balcon Red', 'Balcon Lilac', 'Candy Orange')

Priloga C2: Mehanski stres - rezultat ('Balcon Red', 'Balcon Lilac', 'Candy Orange')

Priloga C3: Hormonsko tret. - rezultat ('Balcon Red', 'Balcon Lilac', 'Candy Orange')

Priloga C4: 'Balcon Red' pri vseh obravnavanjih (kontrola, mehanski stres, Stabilan)

Priloga C5: 'Candy Orange' pri vseh obravnavanjih (kontrola, mehanski stres, Stabilan)

Priloga C6: 'Balcon Lilac' pri vseh obravnavanjih (kontrola, mehanski stres, Stabilan)

1 UVOD

1.1 VZROK ZA RAZISKAVO

Pri pridelavi zelenjavnih sadik in dišavnic, prav tako pa tudi pri pridelavi sezonskih okrasnih rastlin, tržišče zahteva kompaktne in močne rastline. Gojenje sezonskih okrasnih rastlin zaradi narave teh rastlin pri nas poteka v rastlinjakih, kjer je rast rastlin, zaradi optimalnih temperaturnih in svetlobnih razmer pogosto premočna. Vrtnarji zato v želji po doseganju željene kompaktnosti posegajo po uporabi zaviralnih sredstev. Trend nakazuje, da se bo dostopnost omenjenih sredstev v prihodnjih desetletjih zakonsko močno omejila, predvsem pa je zaradi morebitnih škodljivih vplivov njihovih ostankov v vrtninah in vedno večjega poudarka na sonaravni pridelavi rastlin.

Drugi vidik, ki spodbuja novejša raziskave je tudi razbremenitev okolja, kar je dandanes zelo pomemben vidik pri registraciji sredstev v posameznih državah in seveda kasneje nakupni odločitvi, nadvse pomembno vlogo pa igra tudi cenovni razpon, ki je navadno lahko odločilen faktor v tržnem vrtnarstvu. Neodvisne institucije se že leta trudijo najti primerno zamenjavo oz. splet večih tehnoloških ukrepov, ki bi prav tako imeli podoben zaviralni učinek in bi za proizvajalce predstavljal manjše stroške, predvsem pa bi bili ti ukrepi manj obremenjujoči za okolje. Mehanski stres je ukrep, ki mu zadnja leta posvečajo vedno večjo pozornost, na določenih kulturah pa so bili doseženi tudi že zavirljivi rezultati.

1.2 NAMEN RAZISKAVE

Namen raziskave je bil preizkusiti morebitni zaviralni učinek uporabe mehanskega stresa na rast pri različnih sortah pelargonij vrste *Pelargonium x peltatum*. Učinek mehanskega stresa smo primerjali z običajno metodo vršičkanja (kontrola) ter s hormonsko aplikacijo vodotopnega koncentrata, fitoregulatorja Stabilana, ki smo ga nanegli foliarno na listno površino.

1.3 DELOVNA HIPOTEZA

Glede na izkušnje z uporabo mehanskega stresa pri različnih zelenjadnicah, (baziliki, peteršilju, paradižniku ter meti) smo pri mehanskem stresu pričakovali zmanjšanje dolžine pogankov ter spremembo cvetnega nastanka pri rastlinah pelargonij (bršljank).

2 PREGLED DOSEDANJIH OBJAV

2.1 GOJENJE PELARGONIJ

Pelargonije in bršljanke, kot sezonske zelnate rastline, pričnemo gojiti v zimskem času, v naših razmerah navadno februarja. Gojenje rastlin pričnemo z razmnoževanjem potaknjencev. Potaknjence režemo na matičnih rastlinah, ki jih v zadnjih letih pri pelargonijah zelo redko gojimo v naših razmerah. Matični material (potaknjence) naročamo navadno pri tujih žlahtniteljskih podjetjih, ki gojijo matične rastline v tropskih in subtropskih predelih sveta. Gojenje je pogosto cenovno ugodnejše, tako s strani stroškov ogrevanja kot cenejše delovne sile. Potaknjence z letalskim prometom dostavljajo v Evropo, kjer poteka koreninjenje, bodisi direktno na vrtnarijah ali pri kooperantih za gojenje ukoreninjenih sadik. Odvisno sicer od nadaljnjega sistema gojenja, običajno po dva potaknjenca posadimo v ustrezno velikost lončkov, primeren substrat, gojenje pa nato poteka pri temperaturah od 18 - 22°C. Tekom dveh mesecev skrbimo tudi za ustrezno fertiirigacijo in zaščito s fitofarmaceutskimi sredstvi. V drugi polovici aprila so matične rastline pripravljene za prodajo. Prodaja na vrtnarijah poteka direktno preko maloprodaje na sami lokaciji, preko tržnic, lastnih poslovalnic ali preko veletrgovine (Horn, 1997; Nelson, 1998).

2.2 KONTROLA RASTI PRI PELARGONIJAH

Gojenje pelargonij v našem klimatskem območju poteka vse obdobje v zaprtih prostorih (rastlinjakih). Svetlobne in temperaturne razmere v rastlinjakih so tako kot za večino rastlin tudi za pelargonije specifične (spomladi so značilne visoke temperature, 18 - 22°C in relativno majhne osvetlitve), zato dosegajo rastline navadno močnejšo rast, se izdolžujejo. Rast in razvoj rastlin v takšnih razmerah sta torej maksimalna, omejena sta le z genetskimi osnovami. Ker pa tržišče zahteva nižje, kompaktne rastline, rastlinam v fazi gojenja načrtno omejujemo rast. V 80- in 90-letih prejšnjega stoletja so se, po odkritju hormonov in njihovega delovanja v praksi razvile metode omejevanja rasti, ki temeljijo na zunanji (eksogeni) uporabi različnih sintetičnih hormonskih snovi. V zadnjih letih se na podlagi želje po kar se da naravi prijazni proizvodnji, vse bolj poudarjajo tudi drugi tehnološki ukrepi za zmanjševanje nezaželenje rasti rastlin (Horn, 1997; Nelson, 1998).

2.2.1 Regulacija rasti z rastnimi hormoni

Rast in razvoj rastlin potekata pod vplivom okoljskih in notranjih, endogenih dejavnikov. Nadvse pomembno vlogo igrajo rastlinski hormoni oz. fitohormoni, ki učinkujejo že pri majhnih koncentracijah, mednje pa spadajo avksini, citokinini, giberelini, abscizinska kislina, etilen, itd. Njihova zgradba je relativno preprosta, v procesih pa lahko učinkujejo posamezno ali pa v kombinaciji z različnimi hormoni v ustreznih razmerjih (Gray, 2004).

Delovanje hormonov poteka v več stopnjah. Začne se z zaznavo signala (percepcija), nato prenos signala (transdukcija) ter končno odziv oz. odgovor rastline, vezan na delovanje

posameznega fitohormona. Signal rastlina zazna s specifičnim receptorjem, ki je programiran za posamezni hormon, hkrati pa značilen za dotično tkivo oz. celico. Te receptorje je mogoče najti na celični membrani ali v notranjosti celice (Vodnik, 2012). Hormone lahko dodajamo tudi eksogeno v obliki pripravkov, ki jih apliciramo foliarno in zavirajo izdolževanje internodijev. V okrasnem vrtnarstvu poznamo veliko rastnih regulatorjev, ki se jih uporablja tako za omejevanje rasti, kot za rast in razvoj korenin pri potaknjencih.

Fitohormoni delujejo na večjih področjih rasti in razvoja rastlin, za vegetativno rast pa so eni izmed najpomembnejših predvsem giberelini (GAs). Ti med drugim sodelujejo pri kalitvi semen, stebelni rasti v dolžino, rasti listne površine, itd. Ime so dobili po odkritju GA v glivi *Gibberella fujikuroi*, ki je povzročala močno izdolževanje poganjkov okuženih riževih rastlin (Daviere in Achard, 2013). Dosedanje študije navajajo, da giberelini rast v dolžino stimulirajo tako, da sprožijo hitro degradacijo DELLA proteinov (negativni regulatorji giberelinov). Zhou in sodelavci (2016) so identificirali AtERF11 kot pozitivni regulator GA biosinteze in GA receptorja pri izdolževanju internodijev. Raziskave na *Arabidopsis thaliana* so pokazale, da AtERF11 poveča sprejem GA z načelom antagonizma na DELLA proteine skozi neposredno protein – protein interakcijo. Pri večji koncentraciji posledično vpliva tudi na redukcijo etilena v stebelu, kar pospešuje učinek giberelinov. Raziskava navaja, da AtERF11 predstavlja dvojno vlogo pri rasti, in sicer inhibira biosintezo etilena ter aktivira GA biosintezo

V okrasnem vrtnarstvu je v fazi zmanjševanja rasti pogosto uporabljeno sredstvo Stabilan. Stabilan 460 SL, v obliki vodotopnega koncentrata, je eden izmed splošnih regulatorjev rasti, s širokim spektrom uporabe. Glavna učinkovina je klormekvat-klorid (460g/l), celoten pripravek pa deluje kislo z vrednostjo pH 6. Za foliarno tretiranje bršljank se uporabi koncentrat v odmerku 40 ml na 10 L vode. Tretira se dva krat, načeloma 7 – 9 tednov po sajenju, s tem pa se spodbudi zgodnejše cvetenje in pritlikava rast. Pripravek se aplicira, ko so rastline dobro razvite (Karsia, 2016).

Aktivna snov klormekvat-klorid je bila odkrita leta 1950. Prvi poskusi so bili izvedeni na žitih, kjer so rastline po aplikaciji ostale nižje s krajšimi in močnejšimi internodiji. V kasnejših letih so aktivno snov preizkušali tudi na sezonskih rastlinah, kjer so pri krizantemah in božičnih zvezdah, poleg krajših in močnejših internodijev zabeležili tudi bolj intenzivno zeleno barvo listov. Klormekvat-klorid se absorbira skozi povrhnjico listov in skozi korenine. Relativno hitro se metabolizira v rastlini, pri živalih (čebelah) in talnimi mikrobi, kar ga uvršča med snovi s kratkim in učinkovitim delovanjem. Zavrta rast je navadno prisotna nekaj tednov, zato se pri kulturah z daljšo dobo vzgoje tretiranje lahko ponovi (Runkle, 2014). Klormekvat-klorid deluje tako, da inhibira delovanje giberelinske kisline, ki je promotor rasti. Naključno poveča tudi nastajanje klorofila in razvoj koreninskega sistema, kar se odraža v večjih pridelkih (Eastman ..., 2016).

2.2.2 Regulacija rasti z ne-hormonskimi tehnološkimi ukrepi

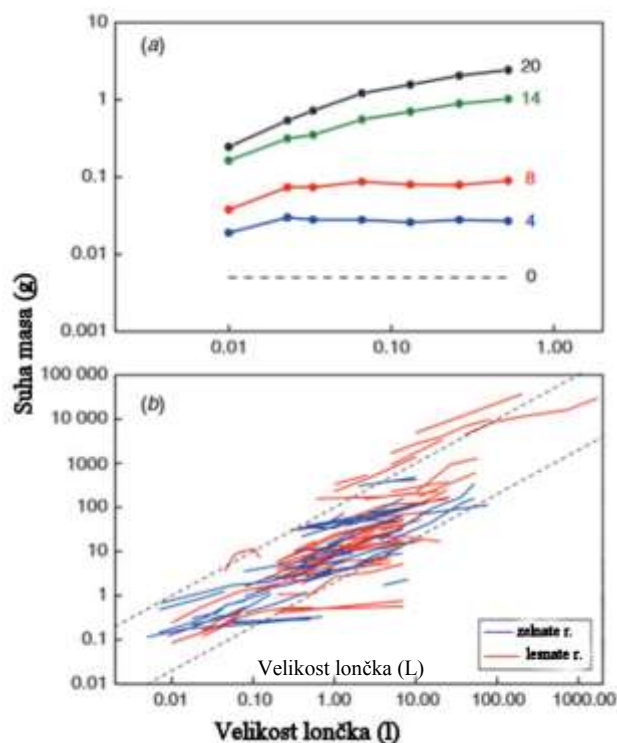
2.2.2.1 Vršičkanje

Z vršičkanjem prekinemo apikalno dominanco. Apikalna dominanca je prevlada apikalnega (terminalnega) brsta nad lateralnimi. Ta pojav regulira avksin (IAA), ki se v apikalnih brstih pojavlja v večjih koncentracijah in zavira razvoj spodnjih lateralnih. Ta rastlinski hormon se transportira bazipetalno po rastlini. Obe skupini brstov se ponašata z različno občutljivostjo na koncentracijo IAA, ob določeni vrednosti je rast in razvoj apikalnega brsta stimuliran, medtem ko je sočasno razvoj lateralnega brsta inhibiran (Plantphys ..., 2016).

Ko odstranimo zgornji poganjek, odstranimo tudi glavni vir preskrbe rastlin z IAA. Zaradi občutno manjše koncentracije avksina rastlina reagira z razvojem stranskih poganjkov. To lahko preverimo s preprostim preizkusom, ko po odstranitvi vršička, na odrezano mesto dodamo lanolin, v katerem smo raztopili določeno koncentracijo avksina. Stranski brsti ostanejo inhibirani, saj rastlina zazna, da je vir avksina še vedno prisoten. (Plantphys, 2016). Vršičkanje je torej preprost tehnološki ukrep, s katerim poskrbimo za boljše stransko obraščanje rastlin in posledično kompaktnjše rastline.

2.2.2.2 Velikost lončkov

Velikost koreninske grude je pogojena z velikostjo lončkov, ki lahko znatno vplivajo na razvoj kulture. Porter in sod. (2012) so analizirali 65 študij, ki so raziskovale vpliv velikosti koreninske grude na rast in razvoj rastlin. V poprečju so pri podvojeni velikosti lončka zabeležili 43 % povečanje biomase rastlin (brez večjih razlik v odzivu med lesnatimi in zelnatimi rastlinami) (slika 1). Preostale raziskave so pokazale, da manjši lončki bolj kot na morfologijo in biomaso listov, vplivajo na fotosintezno aktivnost, ki je na enoto listne površine rastline zmanjšana (Porter in sod., 2012).

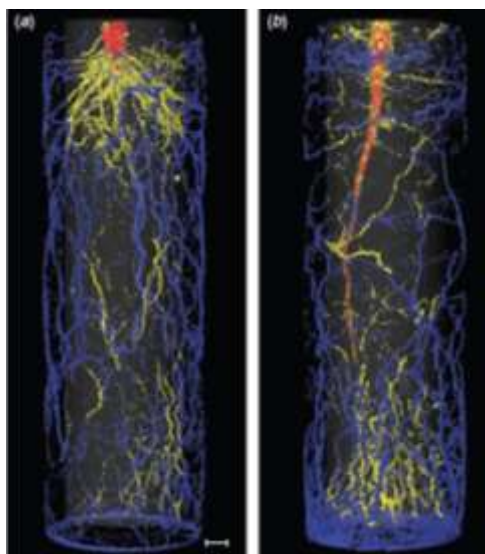


Slika 1: Vpliv velikosti lončkov (L) na delež suhe snovi (g), (a) *Pinus concorta*, (b) povzetek izsledkov literature 65 raziskav na 69 kulturah (Porter in sod., 2012)

Porter in sod. (2012) ugotavljajo, da ima glavni učinek na rast pri različnih velikostih lončkov neto fotosinteza, ki se je v poskusih, ko so bile rastline presajene v večje lonce, hitro povečala. Zmanjšano fotosintetsko delovanje v manjših lončkih opisuje kot splet mnogih faktorjev; manjšim lončkom v večini namenimo manj prostora, kar zmanjša osvetljenost, manjši volumen lahko povežemo tudi z manjšo kapaciteto vezave hranil in vode v substratu. Že rahlo pomanjkanje dušika in fosforja močno zmanjša fotosintezo, omeji rast ter poveča delež korenin, manjši volumen pa ima na voljo sorazmerno manjšo sposobnost zadrževanja vode in hitreje privede do sušnega stresa. Določeno vlogo ima tudi temperatura, saj večina zastavljenih poskusov poteka na sončni svetlobi, ki s svojim sončnim obsevanjem povečuje temperaturo substrata. Ta se hitreje segreje ravno pri manjših lončkih, kjer je sorazmerni delež površine v primerjavi s celotnim volumenom večji (neposreden vpliv – respiracija, rast korenin in posreden vpliv – povečano mikrobiološko delovanje). Paul in Foyer (2001) navajata, da povezava med fotosintezo in rastjo ni enostranska, temveč sta močno odvisni med seboj. V manjšem volumnu substrata rastlina razvije manj korenin, hkrati se posledično zmanjša ponor sladkorjev nastalih v fotosintezi, kar deluje kot signal za zmanjšano fotosintetsko delovanje.

Velikost lončka je tesno povezana tudi z rastjo korenin. Jackson (1996, cit. po Porter in sod., 2012) poročajo, da korenine rastlin lahko že v mladostnem obdobju zlahka presežejo 1 m v dolžino in hitro presežejo globino lončka. Zmanjšana rast se pokaže kasneje, ko rastline že prekoreninijo volumen, ki jim je na voljo. Korenine, ki naletijo na oviro

ostanejo manjše. Bengough in Mullins (1991, cit. po Porter in sod., 2012) sta zaznala sočasno povečano stransko obraščanje nadzemnega dela. Signal, ki naj bi uravnaval omenjeno povezavo med koreninami in poganjki, zaenkrat ostaja še neznan. Izredno zanimive rezultate navajajo Porter in sod. (2012) pri merjenju z MRI (magnetna resonanca horizontalne prepletenosti korenin). Ugotavljajo, da *Hordeum vulgare* L in *Beta vulgaris* L. v tridimenzionalnem prostoru tvorita le 20 – 25 % korenin v notranjosti in preko 50 % v obrobnem (4 mm) pasu, ki predstavlja le 20% celotnega volumna tal (slika 2). S tem so korenine dovzetnejše na vplive zunanjih razmer. Felten in Schmid (2008; cit. po Porter in sod., 2012) opozarjata tudi na primerno obliko lončka (razmerje med višino in širino) pri istem volumnu lončka.



Slika 2: Razporejenost korenin pri (a) *Hordeum vulgare* (1,5l, 44 dni) in (b) *Beta vulgaris* (1,5l, 48 dni) posneta z magnetno resonanco NMR (modra – korenine na zunanjem robu, rumena – korenine v notranjosti, rdeča – steblo in glavna korenina) (Porter in sod., 2012)

2.2.2.3 Sušni stres

Voda (H_2O) je eden najpomembnejših dejavnikov za uspešno rast in razvoj rastlin. Fizikalno je polarna molekula, odlično topilo, šibko vezana z vodikovimi vezmi, ki so pomembne za kohezijske in adhezijske sile, skupaj z veliko površinsko napetostjo pa so osnova kapilarnosti. Voda ima tudi veliko natezno trdnost, veliko specifično toploto in latentno izparilno toploto, kjer sta slednji dve pomembni za toplotno bilanco rastline: relativno počasno segrevanje in hlajenje s pomočjo transpiracije. V rastlini je prisotna v različnih procesih: kot transportni medij, kot reaktant in produkt v različnih kemijskih reakcijah, v celicah pa vzpostavlja turgor – pozitivni hidrostatski tlak, ki je ključen za ohranjanje mehanske stabilnosti, predvsem pri rastlinah brez sekundarnih odebelitev. V rastlini se giblje na osnovi difuzije, ki je pomembna na celičnem nivoju in preko masnega toka, kjer je gonilna sila gradient tlaka. Snovni tok je značilen za transport tekočine v prevodnih sistemih rastline in v tleh (Vodnik, 2012).

Rastlina nadzira svojo vodno bilanco z osmotskim uravnavanjem. Zmanjšanje turgorja se pojavlja, ko je količina vode v okolici zmanjšana, s tem ko celica izgublja vodo pa se

manjša tudi njen vodni potencial. Večina rastlin, z izjemo CAM predstavnic (Crassulacean acid metabolism), tekom dneva izgublja vodo s transpiracijo preko listnih rež, ko sočasno skozi njih sprejema CO₂, potreben za proces fotosinteze. To se odraža kot negativni vodni potencial, ki se s sprejemom vode tekom noči spremeni v pozitivnega. Ključno vlogo pri sprejemu igrajo korenine, kjer je za vodno bilanco pomembno razmerje med listno površino in površino korenin (transpiracija/sprejem). Sprejem vode temelji v razliki v vodnem potencialu korenin in tal, v katerih rastlina raste, nadaljnji transport pa se vrši pod vplivom tlačne sile aksialno po ksilemu (Vodnik, 2012).

Sušni stres ovira normalno rast in poruši vodno ravnovesje, tako v tleh kot v rastlini sami. Rastline se nanj odzivajo z zapletenimi morfološkimi, fiziološkimi in biokemičnimi odgovori, tako na celični ravni, kot na ravni cele rastline. Fotosintezo ovirajo predvsem dejavniki, kot so zaprte listne reže, poškodbe membran in porušeno delovanje različnih encimov, predvsem tistih, ki so vpleteni v ATP sintezo. Pomembno vlogo pri odgovorih na sušni stres igrajo tudi rastlinski hormoni (ABA sodeluje pri zapiranju rež in minimizira nadaljnje izgube vode s transpiracijo), kot tudi antioksidanti, ki sodelujejo pri zaviranju negativnih učinkov vodnega deficita. Glavne posledice sušnega stresa opisujemo kot zmanjšano delitev celic (omejena rast in razvoj), manjša velikost listov, krajša dolžina stebel, krajši internodiji (manjši prevzem hranil) ter večja stomatalna nihanja. Posledica zmerne pomanjkanja vode se torej opazno izraža v zmanjšani rasti (Farooq in sod., 2012).

Zmeren sušni stres je predvsem pri proizvodnji okrasnih rastlin uporaben tehnološki ukrep za zmanjšano rast rastlin in povečevanje kompaktnosti rastlin. Pri tem je potrebno upoštevati značilnosti posameznih rastlinskih vrst. Pri nekaterih rastlinskih vrstah (npr. vodenke) je praktično nemogoče potegniti ločnico med letalnim sušnim stresom in zmernim sušnim stresom, zato pri teh vrstah tak tehnološki ukrep v praksi ne pride v poštev (Horn, 1997).

2.2.2.4 Gnojenje

Rastline potrebujejo za rast in razvoj različne anorganske snovi. Večino jih dobijo iz vode in zraka (CO₂, O₂, H₂O, ki so glavni vir ogljika, kisika in vodika). Iz teh treh elementov je sestavljena celotna zgradba rastlin, in sicer vse do 99 % njene mase. Ostalih makro in mikroelementov se v rastlini nahaja le do 6,5 % celotne mase, ker pa jih za intenzivno pridelavo v tleh navadno ni dovolj, tu govorimo o gnojenju. Glavna rastlinska makrohranila so dušik, fosfor in kalij (NPK) ter kalcij (Ca), magnezij (Mg) in žveplo (S), ki jih rastline potrebujejo sorazmerno veliko. Dušik je najpomembnejše hranilo, saj tvori beljakovine in pospešuje rast zelenih rastlin, ki ga iz tal pridobivajo v nitratni (NO₃) in amonijski obliki (NH₄). Fosfor je pomemben pri cvetenju, dozorevanju in pri optimalnem razvoju koreninskega sistema, kalij pa skrbi za vzdrževanje osmotskega pritiska v celicah, uravnava preskrbo z vodo in krepi odpornost proti mrazu, boleznim ter škodljivcem (Mihelič in sod., 2010).

Mikrohranila oz. drugače mikroelemente rastline potrebujejo v zelo majhnih količinah, so pa s stališča rastlinske prehrane prav tako izrednega pomena za normalen razvoj rastlin. Ta hranila so bor (B), mangan (Mn), baker (Cu), cink (Zn), molibden (Mo) ter železo (Fe).

Manj potrebni, vendar za nekatere rastline uporabni so tudi natrij (Na), klor (Cl) in silicij (Si) (Mihelič in sod., 2010). Gnojenje močno vpliva na velikost in kompaktnost rastlin. Dejavniki, ki igrajo pomembno vlogo, so količina hranil ter kemijska oblika hranil, predvsem dušika (N) in fosforja (P). Pri večji količini gnojil, rastline bujnejše rastejo, zato je za pospeševanje kompaktnejše razrasti potrebno poiskati srednjo intenzivnost gnojenja - med pomanjkanjem hranil (slabša rast in razvoj) ter presežkom hranil (poškodbe zaradi soli – visok EC).

Buechel (2016) navaja visoko odzivnost paradižnika na majhne spremembe v gnojenju, kjer z zmanjšanim dodajanjem dušika (50 ppm N) preprečimo izdolževanje poganjkov in upočasnimo rast v višino, hkrati pa omejimo tudi velikost listne površine. V svojem delu opisuje tudi vpliv pri petunijah, kjer z zmanjšanjem na 150 ppm N dosežemo podobne učinke, vendar se pri tej kulturi to odraža v slabotnih in občutljivih rastlinah, zaradi pomanjkanja ostalih pomembnih elementov. Dolgo časa so raziskovalci predvidevali, da amonijski dušik pospešuje rast v dolžino, v primerjavi z nasprotnim učinkom pri nitratni obliki, vendar raziskave v zadnjih letih te teze niso potrdile. Novejše raziskave dokazujejo, da amonijska oblika dušika vpliva na izdolževanje glavne korenine in s tem na močnejšo vegetativno rast rastlin, nitratna oblika dušika pa pospešuje stransko razraščanje koreninskega sistema. Zato je tudi upravičeno, da rastline v času močnejše vegetativne rasti več gnojimo z gnojili na osnovi amonijske oblike dušika, v času prehoda v generativni razvoj pa intenzivneje z nitratno obliko dušika (Giehl in von Wiren, 2014). Drugače pa se je izkazalo pri fosforju. Raziskovalci iz NCSU (North Carolina State University) so v svoji raziskavi formulirali sestavljena gnojila z različnimi vsebnostmi fosforja, medtem ko je vsebnost N in ostalih elementov ostala enaka. Rezultati pri enoletnih rastlinah so pokazali občutno bujnejšo rast pri komponentah z večjo vsebnostjo fosforja. Pomembnost P se izkaže predvsem v poskusih s popolno odsotnostjo omenjenega elementa, kar povzroči pritlikavo rast ter temne in nekrotične liste. Avtor sklepa, da za kompaktnejšo rast v sestavljenih gnojilih potrebujemo 10 – 15 % P_2O_5 celotne dušikove (N) komponente (slika 3) (Buechel, 2016).



Slika 3: Vpliv fosforja (P) na rast paradižnika in primerjava med kontrolo ter odsotnostjo elementa (Buechel, 2016)

2.2.2.5 Svetloba

Svetloba vpliva na različne faze razvoja rastlin, od kalitve, vegetativne rasti, do cvetenja. Poleg vode in hranil rastline za rast in razvoj svetlobo nujno potrebujejo, saj je glavni dejavnik procesa fotosinteze kot najosnovnejšega biokemijskega procesa na Zemlji. Osnovna enačba fotosinteze skriva približno 50 kemijskih reakcij, ki jih razdelimo na svetlobne reakcije na notranji membrani tilakoidi kloroplasta in ogljikove reakcije, ki se pojavljajo v stromi kloroplasta (Vodnik, 2012). S pomočjo omenjenega procesa rastline sintetizirajo glukozo iz vode in ogljikovega dioksida, ki ga sprejemajo skozi listne reže, posledično pa proizvajajo kisik. Pomembno vlogo ima zeleno barvilo, klorofil, ki absorbira modri in rdeči del spektra ter odbija zelenega. To daje rastlinam značilno zeleno barvo (Häckel, 2016). Potem je tu še fototropizem kot reakcija rastlin na osvetljevanje s strani, ko v rastnem vršičku prehaja do premeščanja IAA iz osvetljene na neosvetljeno stran. Zaradi večje količine IAA na senčni strani pride torej do krivljenja in posledično izdolževanja rastlin (Vodnik, 2012).

Spremembe v rasti in razvoju zaradi delovanja svetlobe imenujemo fotomorfogeneza (vpliv svetlobe na razvoj rastline). Fotomorfogenetski vpliv svetlobe je ločen od fotosintetskega. Rastlina svetlobo zaznava s pomočjo fotoreceptorjev, med katerimi je najpomembnejši fitokrom. Ob nezadostni svetlobi se spremeni razmerje kratkovalovne in dolgovalovne svetlobe v prid slednji, posledično pa je v rastlini manj aktivne oblike fitokroma. Takšno stanje pri sončnih rastlinah vzpodbuja rast v dolžino. Rastline vso svojo energijo usmerjajo k viru svetlobe. V internodijih se sočasno celice delijo hitreje kot navadno in rastlina se izdolži. V okolju z zelo malo ali brez svetlobnih žarkov, pride do etiolacije in razpada klorofila, rastline postanejo blede (Vodnik, 2012).

2.2.2.6 Temperatura

Temperatura vpliva na številne procese v rastlinah, na rast in razvoj, kalitev semen, kompaktnost, itd. Dnevna temperatura uravnava fotosintezno dejavnost, nočna temperatura pa dihanje rastlin in s tem porabo asimilatov. Pomembno je razmerje med obema temperaturama (termoperiodizem), saj se rastline z razvojem hitro odzovejo na večja nihanja (Osvald in Kogoj Osvald, 1994). Pri neposrednem delovanju temperature na razvoj Vodnik (2012) izpostavlja njen učinek na cvetenje (vernalizacija) in kalitev semen (stratifikacija). Pri tehnoloških ukrepih, ki temeljijo na spremembah temperature poznamo predvsem dva, in sicer 'diff' metodo (razlika med dnevno in nočno temperaturo) ter metodo hladnega jutra imenovano 'cool morning' sistem.

Poznamo pozitivno in negativno 'diff' vrednost. Pozitivno 'diff' vrednost dosegamo, ko so noči v zavarovanih prostorih hladnejše od dneva, kar spodbuja rast poganjkov v dolžino oz. višino. Negativna 'diff' vrednost je ravno nasprotna situacija, ko so noči toplejše od dneva. S tem se pospešuje transport asimilatov iz zgornjih v spodnje dele rastlin ter s tem razvoj nižjih poganjkov. Končni rezultat je omejitev rasti, vsaka rastlinska vrsta ima specifično korelacijo z 'diff' vrednostmi; pri nekaterih vrstah ne opazamo te korelacije (Horn, 1997; Nelson, 1998).

'Cool morning' je metoda hladnega jutra. V jutranjih urah temperaturo spustimo za 3 - 8° C ter s tem dosežemo kompaktnejšo rast rastlin. Ker je rast rastlin takrat najhitrejša v dnevu, temperaturo znižamo ravno pred sončnim vzhodom in jo ohranimo nekaj ur. Večja kot je temperaturna razlika, večji učinek dosežemo. S to strategijo lahko zmanjšamo rast oz. višino rastlin za 5 – 20 %. Različne rastlinske vrste različno močno reagirajo na ta tehnološki ukrep (pozitiven vpliv kažejo npr. pelargonije) (Picount ..., 2016; Nelson 1998).

2.2.2.7 Mehanski stres

Pod pojmom mehanski stres v zavarovanih prostorih v vrtnarski praksi razumemo ponavljajoče mehansko prečesavanje rastlin v času rasti, oviranje rasti z zračnim izpihovanjem in tresenje rastlin. Obsežne raziskave v tej smeri so na okrasnih rastlinah iz rodov *Fuchsia*, *Euphorbia*, *Petunia*, *Dendranthema*, *Pelargonium*, *Lilium*, pri različnih raziskovalcih pokazale obetavne rezultate, katere zbirno povzemajo Koch in sod. (2009) (npr. Hiraki, 1975; Jatzkowski, 1994; Sauer, 1997; Göbel, 2000; Ruttensperger, 1999).

Koch in sod. (2009) so na inštitutu LVG Heidelberg izvedli obsežni poskus delovanja mehanskega stresa in posredno pojava tigmomorfogeneze - to je rastno razvojnega odziva rastlin na mehanske dražljaje. Poskus je bil izveden na baziliki (tri rdeče in tri zelene sorte), peteršilju (tri sorte), koriandru, krebujici, melisi in meti, torej zeliščih, kjer je uporaba zaviralnih hormonov močno omejena. Teden dni po kalitvi posamezne kulture so pri temperaturi 16 – 18 °C pričeli prečesavati rastline, in sicer 108 krat dnevno v jutranjih urah, torej 36 hodov v posamezni časovni enoti (4:00, 5:30, 7:00). Rezultati so bili po nekaj tednih izrazito opazni, rastline so bile po tretiranjih vidno kompaktnejše od kontrole (slika 6). Še posebno dobro so odreagirale rdeče sorte bazilike in krebujica, pri prvih so bile tretirane rastline v povprečju visoke 11,9 cm v primerjavi s kontrolo, kjer so izmerili 15 cm višine, krajši so bili tudi internodiji. Te rastline so se izkazale ne le za kompaktnejše, temveč tudi stabilnejše, kar je povečalo njihovo kakovost. Pri približno polovici tretiranih rastlin so izmerili tudi manjšo težo zelene mase nadzemnih delov, kar ni vplivalo na kakovost, razlikovalo pa se je med posameznimi sortami (slika 5).

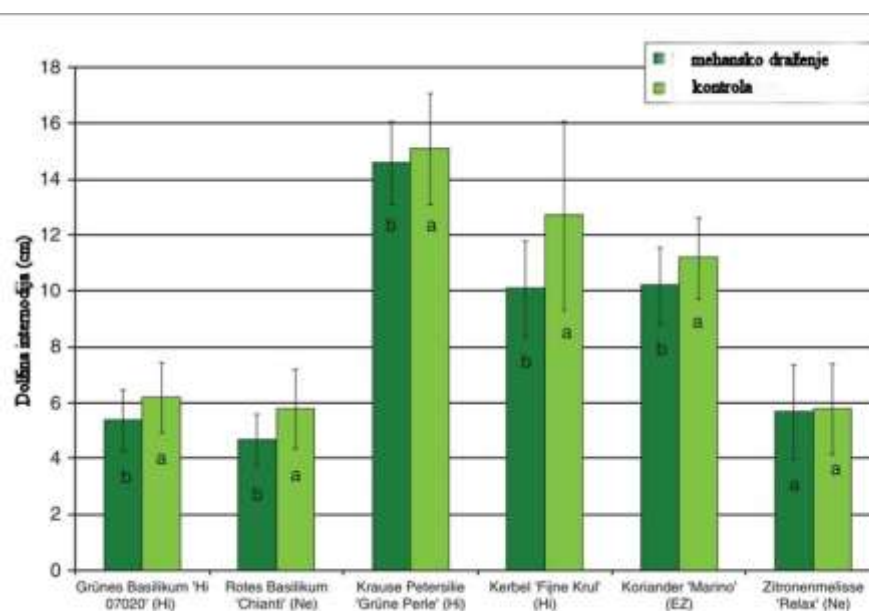
Leta 2010 so izvedli nadaljnje poskuse na prej omenjeni meti, *Mentha piperita*. Na stres sta močneje odreagirali sorti 'Granada' in 'Marokko', malo manj pa je bilo zmanjšanje rasti opazno pri sorti 'Chocolate' in 'Swiss'. Zelo dobre rezultate je mehansko prečesavanje dalo tudi pri rastlinah paradižnika sorte 'Rote Marmor', kjer so stres izvajali dnevno med 8:00 in 11:00 uro (slika 4).



Slika 4: Paradižnik 'Rote Marmor' in primerjava dolžine internodijev med mehanskim stresom ter kontrolo (Tasdemir, 2015)



Slika 5: Primerjava bazilike tretirane v dveh intenzitetah mehanskega stresa ter kontrole (Tasdemir, 2015)



Slika 6: Vpliv mehanskega stresa in primerjava kontrole na dolžino internodijev rastlin, uporabljenih v poskusu (Koch, 2009)

Pojav tigmomorfogeneze je opisan kot sprememba oblike v rasti rastlin ob mehanskih dražljajih, ki jih rastlina zazna. V naravi najdemo ta pojav pri vseh rastlinah, ki so direktno izpostavljene sili dežnih kapelj ter različnim sunkom vetra, kar jih posredno omejuje pri rasti. Ta vpliv je v zavarovanih prostorih zanemarljiv, zato imajo tam rastline tendenco k izdolževanju poganjkov, kar pa posledično vpliva na njihovo estetsko vrednost. Pri raziskavi na rodu *Mimosa* (Jaffe, 1973, cit. po Koch, 2009) se je izkazalo, da je mehanski stres vplival tudi na generativni razvoj rastline, saj so primerki razvili bistveno manj cvetov kot kontrola, Ruttenspringer (2002) pa prav tako piše o zmanjšanju števila cvetnih popkov pri *Petunia* in zmanjšanju premera samih razvitih cvetov.

Po besedah avtorjev, fiziološki učinek mehanskega tretiranja še ni popolnoma razjasnjen. Fink (2006) v svoji raziskavi navaja učinek mehanskega tretiranja na sadike paradižnika. Med tretiranjem ni bilo opazne zmanjšane rasti, avtor pa navaja spremembe v stomatalni transpiraciji. Domneva, da zmanjševanje rasti med tretiranjem v prvi liniji zapletene interakcije med avksinom in etilenom, temelji na sintezi abscizinske kisline in zmanjševanjem vsebnosti giberelinske kisline (Erner in Jaffe, 1982, cit. po Koch 2009).

Vpliv mehanskega stresa na rast in razvoj rastlin je odvisen od več dejavnikov. Glede na pogostost prečesavanja rastlin in trajanjem draženja so avtorji dosegli močnejše zaviralne učinke ob intenziviranju obeh dejavnikov povzema Koch (2009, cit. po Hammer 1974; Beyl und Mitchell 1977; Ermer 1980). Beyl in Mitchel (1977, cit. po Koch, 2009) v svoji raziskavi navajata, da imata pri krizantemah dnevno dva intervala mehanskih dražljajev občutno boljši učinek na zmanjšanje rasti, kot v primeru prečesavanja le enkrat dnevno. Nasprotno povečanje števila intervalov na štirikrat dnevno, ni prineslo močnejšega zaviranja rasti. Enkrat dnevno tretiranje s 30 sekundnim intervalom ni imelo opaznega učinka, medtem ko je 120 sekundni interval dal obetavne rezultate, po 240 sekundah pa so

raziskovalci dosegli maksimalni učinek na rast. S poskusom podaljšanja prečesavanja na 300 sekund, niso dosegli močnejšega učinka. Zatorej so prišli do zaključka, da se učinek izrazitve tigmomorfogeneze ob povečevanju števila hodov in podaljševanju njihovega trajanja, najverjetneje lahko povečuje le do določenega maksimuma.

Pri *Euphorbia pulcherrima* je Gugenhan (1999, cit. po Koch, 2009) zastavil poskus, kjer je prvemu sklopu rastlin med posameznimi intervali določil 10 minutne premore, pri drugem sklopu pa je le-te izpustil. Izkazalo se je, da so se božične zvezde pri sklopu s časovnimi prekinitvami med dražljaji, močnejše odzvale z reducirano rastjo v višino. To Koch (2009) utemeljuje s hipotetično razlago, ki jo je v sklopu podobnih raziskav zastavil že Bünning (1948, cit. po Koch, 2009). Mehanski dražljaji v rastlinskih celicah povzročajo spremembe na plazmalemi. Ponovno tretiranje z mehanskim stresom je zato učinkovito šele po obnavljanju celic do njihovih prvotnih zmogljivosti. Tako imenovan neobčutljiv celični stadij torej neposredno omejuje učinek nadaljnjega draženja. (Nultsch, 1965, cit. po Koch, 2009). Del dneva pri tem tudi igra pomembno vlogo. Ruttensperger (2002, cit. po Koch, 2009) v svoji raziskavi na milijon zvončkah (*Calibrachoa* hy.), je pri nočnem mehanskem tretiranju dosegel zanemarljive rezultate v primerjavi z dnevnimi poskusi. Glede na del dneva, so bili rezultati posameznih obravnavanj različni, kar navaja tudi Jatzkowski (1994, cit po Koch, 2009). Pri *Dendranthema grandiflorum* hy. kjer so tretiranja izvedli ob 8:00, 12:00 ali 16:00, očitnih razlik ni bilo. Nasprotno pa je *Fuchsia* hy. pokazala dovzetnost pri obravnavanjih v zgodnjem delu dneva. Iz tega domneva, da je del dneva, v katerem je mehanski stres najbolj učinkovit, odvisen od posamezne vrste in sorte, ki so različno dovzetne na tovrstne dražljaje.

Raziskavo na sadikah različnih vrst rezanega cvetja je Koch (2009) s sodelavci izvedel v letu 2007. Pri najbolj intenzivnem sklopu so bile rastline trikrat dnevno tretirane s 36 ponovitvami, kar se je odražalo tudi v najbolj reducirani rasti. Uporabili so tkanino s petimi zaporednimi vrstami. Tudi pri cinijah (*Zinnia* sp.) sta Ruttensperger in Winkler (2011, cit. po Koch, 2009) v letu 2011 dokazala, da velja rampa s petimi zaporednimi tkaninami za veliko bolj učinkovito v primerjavi z enovrstno. Žal so zabeležili tudi poškodbe na cvetovih in listih.

Poleg tretiranja z vlaknastimi tkaninami se izvajajo na LVG Heidelberg raziskave na osnovi kompresije zraka na avtomatski rampi, kot zaviralnega dejavnika na zelnatih rastlinah. Njihovi cilji so pridobiti informacije o učinku vetrovnih razmer na razvoj rastlin, optimizacija omenjene metode in morebitna uporaba v komercialnem vrtnarstvu ter povezovanje raziskave s prakso. Prvi rezultati so bili leta 2016 že predstavljeni na hortikulturnem sejmu v Essnu (Wegscheider, 2015).



Slika 7: Prototip kompresijske rampe na LVG Heidelberg uporabljen pri poskusu na bazilikah (Wegscheider, 2015)

3 MATERIALI IN METODE DELA

3.1 *PELARGONIUM* × *PELTATUM*

Bršljanke (*Pelargonium* × *peltatum*) spadajo v družino Geraniaceae, ki obsega 11 rodov in približno 800 vrst iz tropskih in subtropskih predelov sveta. Prvi zabeleženi primerek na evropskih tleh je na Nizozemsko prinesel ljubiteljski botanik Willem Adriaan van der Stel leta 1700. Ime rodu izhaja iz grške besede *pelargos*, ki ponazarja plod pelargonij in naj bi bil podoben kljunu štoklje. Ime vrste pa izhaja iz latinske besede *peltate* in se nanaša na značilno oblikovane liste v obliki ščitov. V rodu *Pelargonium* najdemo veliko sort in hibridov, ki so ekonomsko zanimivi in predstavljajo pomemben tržni delež v hortikulturi. Na evropskem in severnoameriškem trgu predstavljata vrsti *P. peltatum* in *P. zonale* najpomembnejši delež med sezonskimi rastlinami, ki jih razmnožujemo vegetativno. Žlahtnitelji stremijo k žlahtnjenju novih sort z novimi barvnimi odtenki in oblikami listov, k zgodnjem in bujnemu cvetenju, tolerantnosti rastlin na različne klimatske razmere, na toleranco pred pogostimi škodljivci in boleznimi (Winkelmann, 2005).

Uporabili smo sorte podjetja Selecta Klemm, 'Balcon Lilac', 'Balcon Red' in 'Candy Orange'. Prvi dve izhajata iz serije Balcon in imata enostavna socvetja v lila in rdeči barvi. Omenjena serija ima kompaktnjšo in bolj plazečo rast od serij konkurenčnih žlahtniteljev ter predstavlja izredno velik tržni delež v vzgoji bršljanek v Sloveniji. 'Candy Orange' je del serije Royal istega žlahtnitelja, ki ima za razliko od prvih dveh dvojne cvetove v oranžno-beli kombinaciji. Podatki žlahtnitelja navajajo zgoden razvoj cvetov, zdrave in temne liste ter izrazite barve (Selecta ..., 2015).

3.2 POSTAVITEV POSKUSA

Poskus smo postavili na domači vrtnariji, kjer je bilo mogoče vzpostaviti optimalne razmere za načrtovani potek dela. Raziskava je potekala spomladi 2015 med 9. in 20. tednom (28. februar – 15. maj) v rastlinjaku površine 560 m² ter s tremi tretiranjmi, z mehanskim stresom, hormonskim tretiranjem ter kontrolo. Tako smo ustvarili tri sklope oz. obravnavanja, skupno z 12 lončki, ki smo jih obravnavali skladno z načrtom.

Uporabili smo tri sorte bršljanek iz rodu *Pelargonium* × *peltatum* ('Balcon Red', 'Balcon Lilac', 'Candy Orange'), priznanega italijanskega žlahtniteljskega podjetja. Ukoreninjene dvojne sadike (ukoreninjena dva potaknjenca) podjetja Selecta Klemm, smo posadili v lončke premera 12 cm. Pri posameznem sklopu smo uporabili štiri lončke od vsake sorte, torej skupno dvanajst sadik. Do 11. tedna smo vse sklope obravnavali enako, s poenotnim sistemom zalivanja in dognojevanja, tako kot preostali del proizvodnje. V omenjenem tednu pa smo izvedli standardno vršičkanje sadik za boljše obraščanje, tako, da so imeli vsi sklopi enako izhodišče.

Sklop z mehanskim stresom smo izvajali s periodičnim prečesavanjem. Na namakalno rampo smo pritrdili okvir v velikosti 40 x 60 cm, v katerega so bile vpete tri zaporedne vrste tkanine, narezane na trakove. Rastline pri omenjenem obravnavanju so bile dvignjene 40 cm od tal, tako, da so bila vlakna med prečesavanjem v neposrednem kontaktu z rastlinami. V elektronski omarici smo čas delovanja nastavili med 9.00 in 12.00 uro, ko naj

bi bil učinek največji. Vsako uro se je sistem sprožil in naredil 10 povratnih hodov na izmerjeni razdalji (slika 9).

Hormonsko tretiranje smo pri drugem sklopu izvedli v ponovitvi in sicer v 12. in 14. tednu. Uporabili smo zaviralno hormonsko sredstvo Stablan (Nufarm), fitoregulator na osnovi klormekvat-klorida (vodotopni koncentrat (SL). Ta deluje foliarno preko absorpcije skozi liste in vpliva na razvoj stebel, kjer skrajša in utrdi internodije. Odvisno od kulture, naj bi rast ob aplikaciji na mlade rastline, skrajšal za 20%. (Nufarm..., 2016). Pri kontroli smo izvedli enak gnojilni načrt kot pri prej omenjenih obravnavanjih, služila pa je kasnejši statistični primerjavi podatkov. Tekom trajanja poskusa so bile rastline optimalno prehranjene in so rasle pri temperaturi 18 – 20 °C. Rastline smo takoj po presajanju zalili s sistemskim fungicidom (Fonganil Gold), kasneje pa smo škropili proti tripsom (Vertimec Pro) ter sivo plesnijo (Teldor SC500). Po končanem poskusu so bile rastline primerne za prodajo.



Slika 8: Sajenje rastlin in razporeditev po obravnavanjih v 9. tednu



Slika 9: Trivrstno zaporedje vlaknaste tkanine, uporabljene v poskusu za izvedbo obravnavanja z mehanskimi dražljaji



Slika 10: Postavitev poskusa z dvignjenimi rastlinami pri mehanskem stresu

3.3 MERITVE

Po vršičkanju (12. teden) in na zaključku poskusa (20. teden) smo opravili meritve dolžine najdaljšega poganjka ter štetje stranskih poganjkov in cvetov. Zapisovali smo jih v tabelo in jih nato statistično analizirali v programu Excel. Prirast glavnega poganjka smo prvič izmerili kmalu po vršičkanju ter nato na koncu v 20. tednu. Izbrali smo najdaljši poganjek ter z merilom izmerili dolžino od začetka prvega internodija do konca vršička. Število stranskih poganjkov smo prešteli tako v 12. kot v 20. tednu. Pri številu cvetov smo upoštevali samo odprta socvetja.

3.4 STATISTIČNA ANALIZA

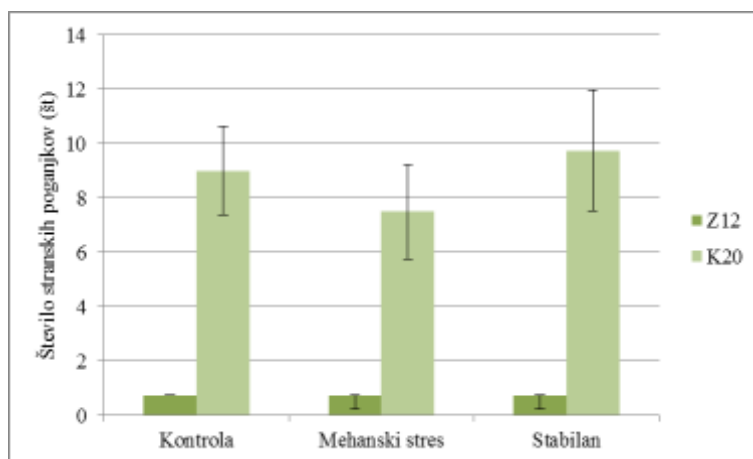
Izračunali smo povprečne vrednosti ter standardno deviacijo in rezultate nato v nadaljevanju strnili po posameznih parametrih in sortah. Primerjali smo izmerjene vrednosti meritev v začetnem 12. ter končnem 20. tednu.

4 REZULTATI

4.1 STRANSKI POGANJKI

4.1.1 Sorta 'Balcon Lilac'

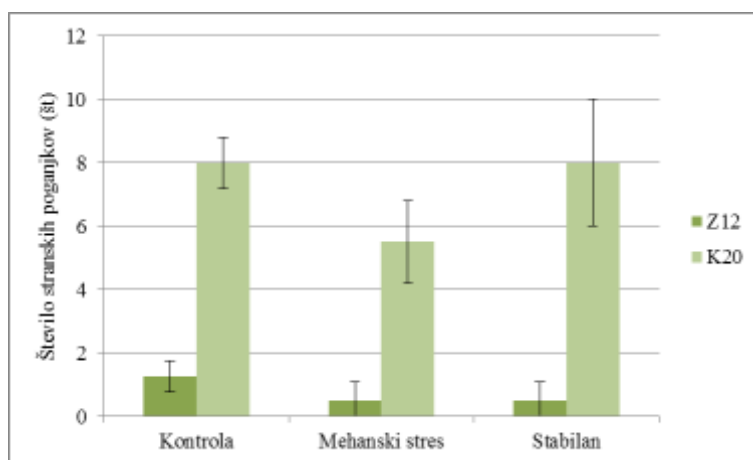
Največ stranskih poganjkov pri rastlinah smo v povprečju zabeležili pri hormonskem tretiranju, in sicer v povprečju skoraj 10. Kontrolne rastline so razvile v povprečju 9 poganjkov, rastline tretirane mehansko pa 7 poganjkov (slika 11).



Slika 11: Število stranskih poganjkov pri sorti 'Balcon Lilac' v začetnem 12. (Z12) in končnem 20. tednu (K20) glede na različna obravnavanja

4.1.2 Sorta 'Balcon Red'

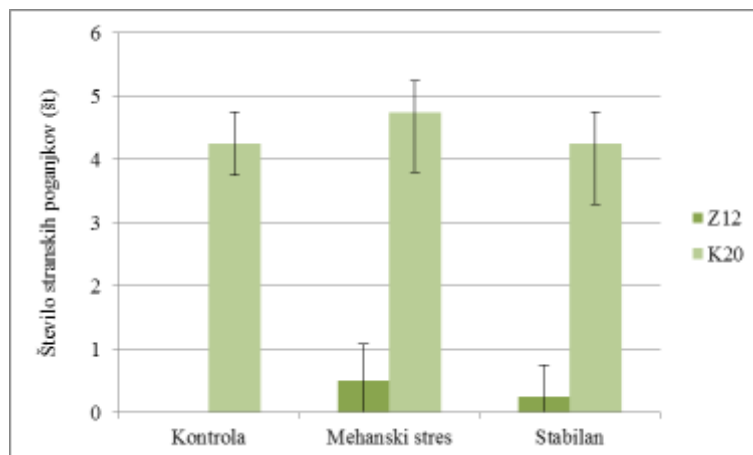
Rastline sorte 'Balcon Red' so razvile največ stranskih poganjkov, če so bile tretirane s pripravkom Stabilan, sledila je kontrola s povprečno 8 poganjki ter mehanski stres s skoraj 6 poganjki v zaključnem tednu (slika 12).



Slika 12: Število stranskih poganjkov pri sorti 'Balcon Red' v začetnem 12. (Z12) in končnem 20. tednu (K20) glede na različna obravnavanja

4.1.3 Sorta 'Candy Orange'

V 20. tednu je bilo pri sorti 'Candy Orange' zabeleženo skoraj enako število poganjkov pri mehanskem stresu, kot kontroli in Stabilanu. Odstopanja so bila neznatna. (slika 13).

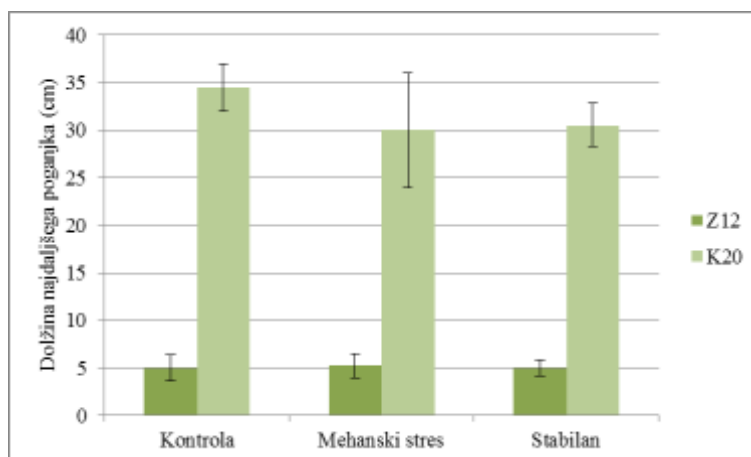


Slika 13: Število stranskih poganjkov pri sorti 'Candy Orange' v začetnem 12. (Z12) in končnem 20. tednu (K20) glede na različna obravnavanja

4.2 DOLŽINA NAJDALJŠEGA POGANJKA

4.2.1 Sorta 'Balcon Lilac'

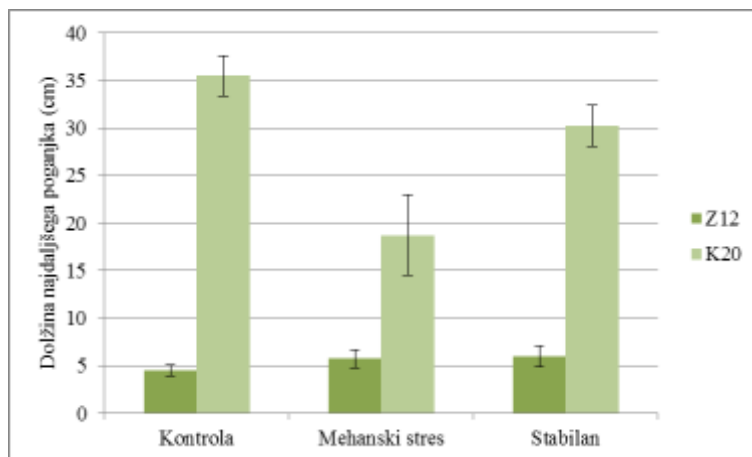
Najdaljši poganjek je bil v povprečju v 20. tednu izmerjen pri rastlinah v kontrolni varianti, v povprečju s približno 34 cm dolžine, nato pa s približno enakimi vrednostimi (30 cm) pri Stabilanu in mehanskem stresu (slika 14).



Slika 14: Dolžina najdaljšega poganjka pri sorti 'Balcon Lilac' v začetnem 12. (Z12) in končnem 20. tednu (K20) glede na različna obravnavanja

4.2.2 Balcon Red'

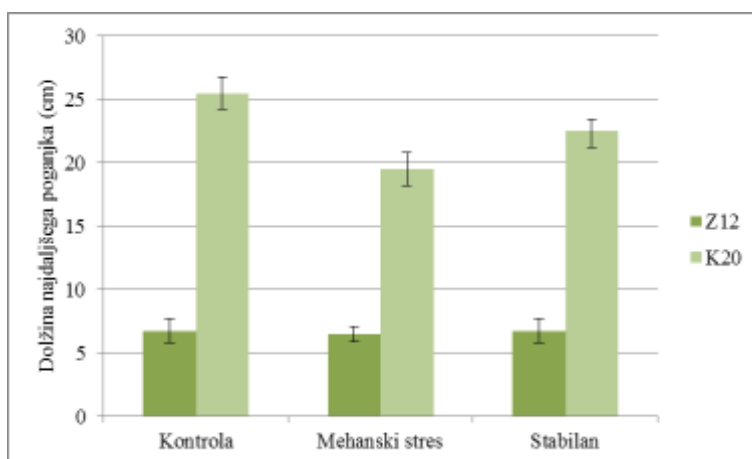
Pri kontroli smo v 20. tednu zabeležili povprečno najdaljši poganjek (35 cm), malo manjše vrednosti so sledile pri hormonskem tretiranju, najmanjše pa pri mehanskem stresu s povprečno 18 cm dolžine (slika 15).



Slika 15: Dolžina najdaljšega poganjka pri sorti 'Balcon Red' v začetnem 12. (Z12) in končnem 20. tednu (K20) glede na različna obravnavanja

4.2.3 Sorta 'Candy Orange'

Pri sorti 'Candy Orange' smo pri končnem merjenju najdaljše poganjke izmerili pri kontroli, v povprečju 25 cm, nato pri Stabilanu s povprečno 22 cm in mehanskem stresu s komaj 19 cm (slika 16).

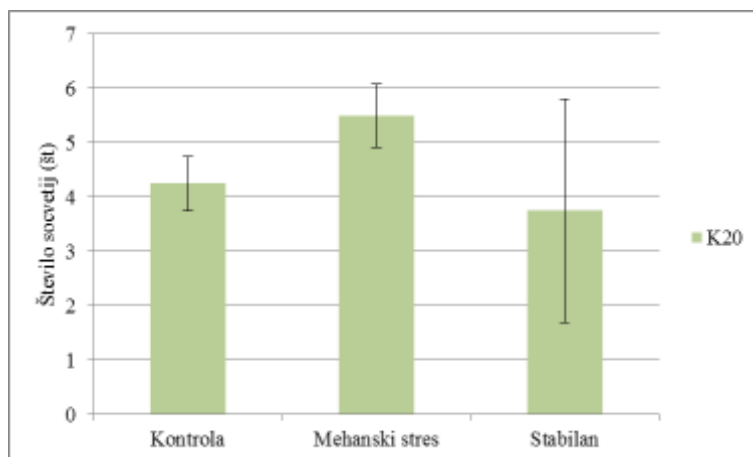


Slika 16: Dolžina najdaljšega poganjka pri sorti 'Candy Orange' v začetnem 12. (Z12) in končnem 20. tednu (K20) glede na različna obravnavanja

4.3 ŠTEVILO SOCVETIJ

4.3.1 Sorta 'Balcon Lilac'

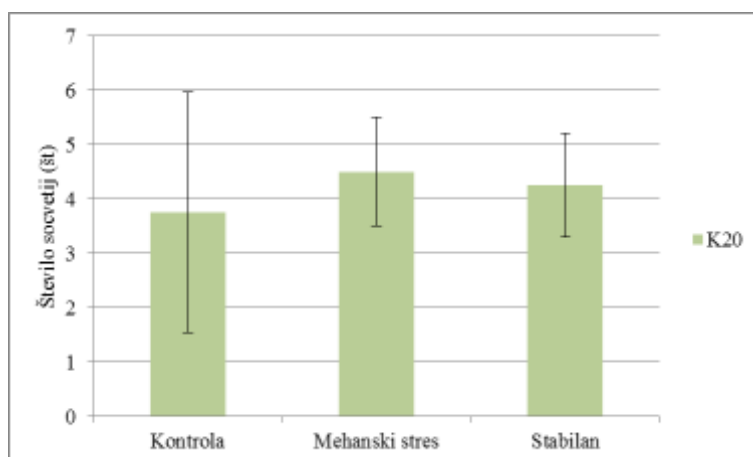
Največje število socvetij na rastlino smo pri končnem merjenju zabeležili pri mehanskem stresu s povprečno 5 socvetji, nato pa je sledila kontrola z dobrimi 4 in nazadnje Stabilan z manj kot 4 socvetji na rastlino. Še posebej pri hormonskem obravnavanju so bili rezultati zelo variabilni (slika 17).



Slika 17: Število socvetij pri sorti 'Balcon Lilac' v začetnem 12. (Z12) in končnem 20. tednu (K20) glede na različna obravnavanja

4.3.2 Sorta 'Balcon Red'

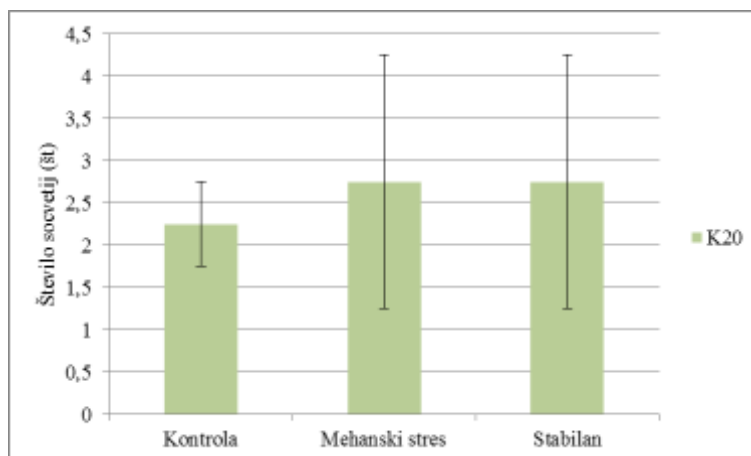
Rastline sorte 'Balcon Red' so razvile največ socvetij pri mehanskem stresu, s povprečno 4 socvetij na rastlino pa je sledilo obravnavanje s Stabilanom in nato kontrolno obravnavanje (slika 18).



Slika 18: Število socvetij pri sorti 'Balcon Red' v začetnem 12. (Z12) in končnem 20. tednu (K20) glede na različna obravnavanja

4.3.3 Sorta 'Candy Orange'

Rastline so pri sorti 'Candy Orange' razvile v povprečju 2 do 3 socvetja na rastlino, prav takšne rezultate smo dobili tudi pri Stabilanu. Rastline so pri kontrolnem obravnavanju razvile v povprečju zgolj 2,25 socvetja. Vrednosti standardne deviacije kažejo še posebej pri obravnavanjih mehanski stres in Stabilan velika odstopanja (slika 19).

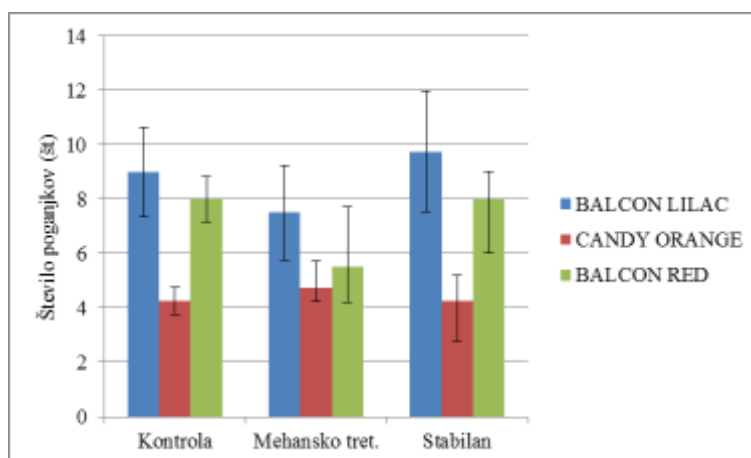


Slika 19: Število socvetij pri sorti 'Candy Orange' v začetnem 12. (Z12) in končnem 20. tednu (K20) glede na različna obravnavanja

4.4 SKUPNA PRIMERJAVA REZULTATOV

4.4.1 Skupno število poganjkov

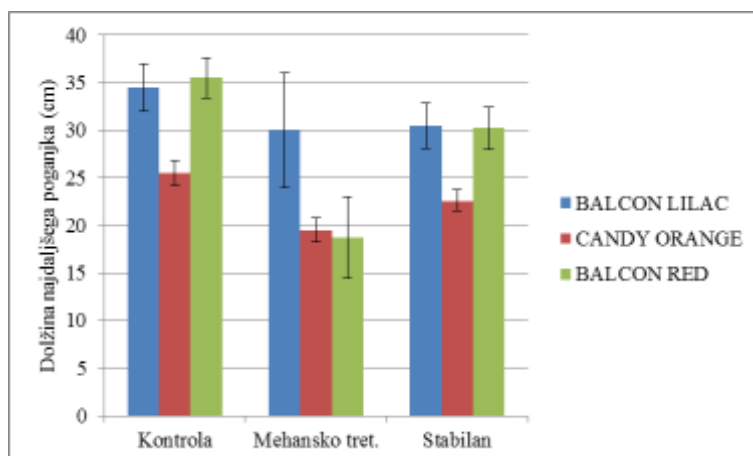
Primerjava med sortami kaže, da smo pri sorti 'Balcon Lilac' izmerili večje število stranskih poganjkov v primerjavi z rastlinami sorte 'Balcon Red' iz iste linije Balcon. Rastline pri sorti 'Candy Orange' so v povprečju razvile znatno manj stranskih poganjkov (slika 20).



Slika 20: Povprečno število poganjkov pri vseh obravnavanjih in sortah v 20. tednu (K20)

4.4.2 Dolžina najdaljšega poganjka

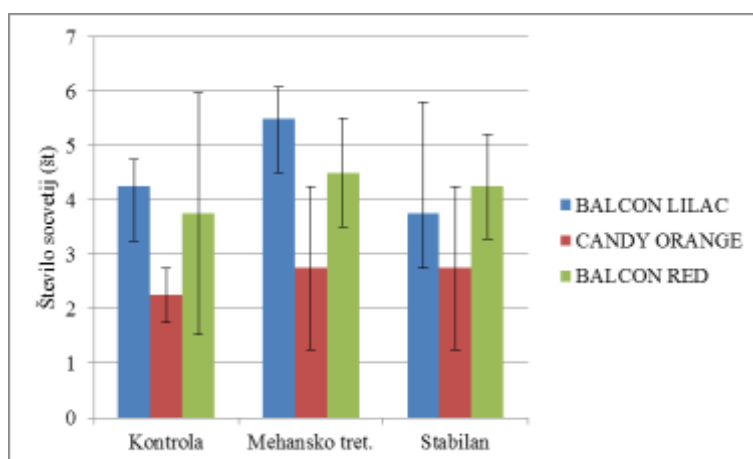
Povprečno najdaljši poganjki so bili izmerjeni pri kontroli, z zelo majhnimi razlikami med Balcon Red in Balcon Lilac. Za tem je sledilo hormonsko tretiranje s Stabilanom, kjer je bilo razmerje med sortami zelo podobno kot pri kontroli z najkrajšimi poganjki pri sorti 'Candy Orange'. Pri mehanskem stresu smo izmerili v povprečju najkrajši poganjek pri sorti 'Balcon Red', še celo krajšega, kot pri sorti 'Candy Orange' (slika 21).



Slika 21: Povprečna dolžina najdaljšega poganjka pri vseh obravnavanjih in sortah v 20. tednu (K20)

4.4.3 Skupno število socvetij

Največje število cvetov smo izmerili pri mehanskem stresu, in sicer pri rastlinah sorte 'Balcon Lilac', preko 5 socvetij na rastlino. Veliko število socvetij sta pri istem tretiranju pokazali tudi preostali sorti. Pri kontroli so bile v povprečju vrednosti najmanjše, še posebej pri rastlinah sort 'Balcon Red' in 'Candy Orange' (slika 22).



Slika 22: Skupno število socvetij pri vseh obravnavanjih in sortah v 20. tednu (K20)

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Tigmomorfogeneza (ang. thigmomorphogenesis) je pojav, ki ga v svojih raziskovanjih opisuje že Jaffe, ko je delal poskuse na sadikah *Cucumis sativus*, *Phaseolus vulgaris*, *Mimosa pudica*, *Ricinus communis*, itd. V njegovih poskusih so rezultati pokazali vpliv mehanskega stresa tudi na zmanjšano tvorbo cvetnih nastavkov, vitic, listov in krajših listnih pecljev. V svojem delu že omenja posredni vpliv etilena ter opisuje pojav kot prilagoditev rastlin na vetrovne razmere in na živali, ki se gibajo v krošnjah. (Jaffe, 1973).

Učinke mehanskega tretiranja smo, primerjalno s hormonskim tretiranjem in kontrolo vrednotili pri pelargonijah (*P. × peltatum*) različnih sort. Največje število stranskih poganjkov smo izmerili pri sorti 'Balcon Lilac', in sicer v povprečju skoraj deset v primeru hormonskega tretiranja. Kmalu za tem ji sledi sorta 'Balcon Red' s povprečno osmimi poganjki tako pri hormonskem tretiranju kot kontroli. Pri 'Candy Orange' so bile razlike manjše z največ, skoraj petimi poganjki pri mehanskem tretiranju. Serija Balcon je občutno bolj razvejana in bujnejša, kar navaja tudi žlahtnitelj. Kar se obravnavanj tiče pri obeh sortah serije Balcon mehanski stres ni kazal večje razvejanosti, le pri sorti 'Candy Orange' smo opazili nekoliko močnejšo razvejanost pri tem obravnavanju.

Najdaljše poganjke smo v povprečju izmerili pri sorti 'Balcon Red' pri kontroli, takoj za njo pa 'Balcon Lilac' pri istem obravnavanju. Sorazmerno je tudi polviseča bršljanka, 'Candy Orange' pri kontroli imela največjo vrednost. Pri tem parametru lahko po zaključenem poskusu vidimo rahel vpliv tako mehanskega stresa, kot zaviralnega sredstva na zmanjšano dolžino najdaljšega poganjka. Biddington (1986) navaja očitne različne odzive med rastlinskimi vrstami na vpliv mehanskega stresa. Podobno smo tudi mi ugotovili, da se tudi različne sorte pelargonij različno odzivajo na mehanski stres, pa tudi na hormonsko aplikacijo.

Socvetja so bila najštevilčnejša pri sorti 'Balcon Lilac', in sicer pri mehanskem tretiranju. Tudi 'Balcon Red' je pri tovrstnem parametru pri merjenju pokazala največjo vrednost. 'Candy Orange' je imela povprečno enakovredno število socvetij tako pri mehanskem stresu kot pri tretiranju s Stabilanom. Večje število socvetij je vsekakor povezano z zmanjšano rastjo glavnega poganjka ter z intenzivnejšo rastjo stranskih poganjkov (Horn, 1996). Ti rezultati torej dejansko kažejo, da je mehanski stres kazal tendenco šibkejše vegetativne rasti pri rastlinah. To pomeni, da je vpliv mehanskega stresa na zmanjšano rast glavnega poganjka in s tem tudi močnejšega nastavka socvetij očitno viden tudi pri pelargonijah, podobno kot kažejo rezultati pri različnih zelenjadnicah (Plantphys, 2016). Res pa je, da večje število cvetov, pa tudi slabšo rast glavnega poganjka pri mehanskem stresu povezujemo tudi z rahlim sušnim stresom. Zaradi dvignjenih rastlin pri mehanskem stresu, so se lončki hitreje izsušili, kar je tudi lahko vplivalo na manjše, kompaktnejše rastline. Med samim potekom smo torej pri mehanskem stresu prišli do rahlega sušnega stresa, kar je lahko pri rastlinah tudi pogojevalo krajše poganjke, pa tudi večje število cvetov. Takeno (2012) tako opisuje različne stresne dejavnike, ki lahko spodbudijo zgodnejše oz. bujnejše cvetenje, neodvisno od učinka fotoperiode. Ti so lahko pomanjkanje hranil, visoke ali nizke temperature, večja ali manjša intenziteta svetlobe, UV

svetloba in ostalo. To je naravni odziv, ki s prilagajanjem okoljskih razmer v osnovi omogoča preživetje posamezne vrste. Hormonsko sredstvo Stabilan na osnovi klormekvat-klorida (vodotopni koncentrat (SL), foliarno delovanje), kot znano in v praksi razširjeno zaviralno sredstvo se v našem poskusu (foliarni nanos) ni odrazilo z znatnim zmanjšanjem rasti rastlin oz. s povečanim cvetnim nastavkom.

Pelargonije na splošno morda niso niti najbolj primerne za izvedbo mehanskega stresa, saj naj bi rastline iz rodu *Pelargonium* imele premočno celično steno vrhnjih poganjkov. Poganjki bi se morali ob prečesavanju močneje upogniti, da bi rastline doživele mehanski stres, saj le tako pošljemo ustrezen signal preko receptorjev. Po drugi strani pa zaradi narave rasti, listi bršljank navadno zakrijejo vršičke, tako tretiranje z mehanskim stresom ni tako učinkovito. Za poskusne namene bi bilo potrebno vrhnje liste odstraniti, da bi se poganjki močneje upognili pod pritiskom vlaken (Tasdemir, 2015).

Pomen posamezne sorte je bil v našem poskusu tudi zelo pomemben. Pri rastlinah sorte 'Candy Orange' smo izmerili v povprečju krajšo dolžino najdaljšega poganjka ter manjše število stranskih poganjkov. Nedvomno je to pogojeno s sortnimi lastnostmi, saj jo uvrščamo med kompaktne polviseče bršljanke. Seriji Balcon pa pripisujemo bolj izenačeno rast, kar smo razbrali tudi iz predstavljenih meritev, kljub temu pa se je sorta 'Balcon Lilac' izkazala za rahlo bujnejšo v skupnem povprečju.

5.2 SKLEPI

- Dolžina najdaljšega poganjka je bila pri vseh sortah pri mehanskem stresu najšibkejša (v primerjavi s kontrolo in hormonskim tretiranjem); rastline so pri mehanskem stresu razvile tudi največ socvetij.
- Mehansko tretiranje je pri rastlinah obeh sort iz skupine Balcon vplivalo tudi na rahlo manjše obraščanje teh rastlin s stranskimi poganjki, pri sorti 'Candy Orange' pa so rastline pri mehanskem tretiranju razvile celo več stranskih poganjkov.
- Menimo, da so za ta odstopanja v dolžini najdaljših poganjkov in številu socvetij, v primerjavi s tretiranjem s Stabilanom, delno krive tudi okoljske razmere, kot je sušni stres.
- Sorta 'Candy Orange' ima popolnoma drugačne značilnosti od serije Balcon, kar se je odražalo v krajši dolžini najdaljših poganjkov, manjšemu številu stranskih poganjkov in cvetov.
- Sorti 'Balcon Lilac' in 'Balcon Red' iz serije Balcon imata izenačeno rast, vendar smo zabeležili za odtenek bujnejšo rast pri 'Balcon Lilac'.
- Rezultati bi bili očitnejši pri pokončnih rastlinah z vertikalno usmerjenimi poganjki. Predlagamo nadaljne poskuse na zelnatih okrasnih rastlinah z nežnejšimi stebli in bujnejšo rastjo.

Pri obravnavanih treh sortah torej nismo dosegli željenih rezultatov, kot jih navajajo dosedanje objave, predvsem na račun uporabljenih kultur. Poskus bi bilo zanimivo ponoviti na hitreje rastočih in bolj krhkih rastlinah, kot so bazilika, peteršilj, majaron, itd., ob popolni kontroli motečih dejavnikov, ki bi lahko vplivali na rastni odziv.

6 POVZETEK

Zahteve tržišča po kompaktnih rastlinah in na drugi strani vedno večji pritisk okoljevarstvenih organizacij na eksogeno uporabo rastnih hormonov, zahteva iskanje novih alternativ. Mehanski stres je novejša tehnološka oblika načina zaviranja rasti rastlin z mehanskimi dražljaji. Metoda je še predmet številnih raziskav in za enkrat še ni v komercialni rabi, vendar daje spodbudne rezultate, še posebej pri različnih vrstah zelenjadnic.

Spomladi 2015 smo izvedli poskus pri pelargonijah (bršljankah; *P. x peltatum*), kjer smo po 36 sadik razdelili v tri sklope, in sicer kot kontrolo, mehanski stres ter hormonsko tretiranje. Rastline smo tekom dveh mesecev ustrezno fertirirali in skrbeli za ustrezno zaščito s fitofarmacevtskimi sredstvi. Po končanem poskusu smo izmerili število stranskih poganjkov, dolžino najdaljših poganjkov in število socvetij ter izračunali povprečja in standardne deviacije.

Rastline pri sorti 'Balcon Lilac' so razvile največje število stranskih poganjkov, tako pri kontroli, mehanskem stresu in hormonskem tretiranju. Tudi pri dolžini najdaljšega poganjka so bile rastline te sorte rahlo bujnejše od rastlin konkurenčne sorte 'Balcon Red', pri številu socvetij pa je bila razlika manjša. V primeru tretiranja s Stabilanom so rastline te sorte razvile celo manj socvetij, kot rastline iste serije 'Balcon Red'. Glede mehanskega stresa so rastline pri tej sorti razvile najmanj stranskih poganjkov, najkrajši glavni poganjek in največje število socvetij.

Mehanski stres je tudi pri rastlinah sorte 'Balcon Red' vplival na razvoj najmanjšega števila stranskih poganjkov, na v povprečju najkrajše glavne poganjke in tudi na razvoj največjega števila socvetij. Rastline sorte 'Balcon Red' so razvile v povprečju manjše število stranskih poganjkov od rastlin 'Balcon Lilac' (za 2 do 3-krat), manjše število socvetij, pri dolžini najdaljšega poganjka pa so se razlike izmenjevale. Pri kontroli je imela za približno 1 cm večje vrednosti, pri Stabilanu pa so bile te zelo izenačene (30 cm).

'Candy Orange' je močno izstopala pri meritvah na račun kompaktnejše rasti in sadik z enim potaknjencem (pri sadikah iz serije 'Balcon' smo imeli po dva potaknjenca). Pri številu stranskih poganjkov je največjo vrednost pokazalo mehansko tretiranje (med 4 in 5), Stabilan in kontrola pa sta bili zelo izenačeni. Dolžina najdaljšega poganjka je bila največja pri kontroli, število socvetij pa je bilo zelo izenačeno pri mehanskem in hormonskem tretiranju (med 2 in 3 socvetji na rastlino).

Predstavnice rodu *Pelargonium* imajo premočna stebila, torej premočno celično steno vrhnjih poganjkov za močnejši odziv na mehanske dražljaje. Poganjki bi se morali ob prečesavanju močneje upogniti, da bi tako sprejele ustrezen signal preko receptorjev. Dobljeni rezultati v poskusu z vidika kompaktnejše rasti in močnejšega cvetnega nastanka sicer kažejo v prid mehanskemu stresu, vendar delno tudi na račun vzporednega sušnega stresa (zaradi preveč dvignjenih rastlin od tal), ki ga je bilo pri teh rastlinah moč opaziti. S proučevanjem vpliva mehanskega stresa na rast in razvoj rastlin bi vsekakor veljalo nadaljevati, predvsem pri pokončnih in hitreje rastočih vrstah in sortah z nežnejšimi poganjki. Predlagamo še pogostejše prečesavanje rastlin v dopoldanskem delu dneva.

7 VIRI

- Adams T. *Pelargonium peltatum* L. 2005. Kirstenbosch National Botanical Garden.
<http://www.plantzafrica.com/plantnop/pelargpelt.htm> (13. januar 2016)
- Biddington N. L. 1986. The effects of mechanically-induced stress in plants. *Plant Growth Regulation*, 4, 2: 103 - 123
- Buechel T. Relationship between fertilizer & plant stretching. 2016. Promix.
<http://www.pthorticulture.com/en/training-center/relationship-between-fertilizer-plant-stretching/> (13. Marec 2016)
- Daviere J. M., Achard P. 2013. Gibberellin signaling in plants. *Development*, 140, 6: 1147–1151
- Eastman. Technical data sheet. Chlormequat chloride. 2016. Taminco.
http://ws.eastman.com/ProductCatalogApps/PageControllers/ProdDatasheet_PC.aspx?Product=71103589&sCategoryName=Generic. (6. september 2016)
- Farooq M., Hussain M., Abdul W., Siddique K. H. M. 2012. Drought stress in plants: An overview. V: *Plant Responses to Drought Stress*. Aroca R. (ed.). Berlin, Heidelberg, Springer, Verlag: 1–5
- Giehl R. F. H., von Wiren N. 2014. Root nutrient foraging. *Plant Physiology*, 166, 2: 509-517
- Gray W. M. 2004. Hormonal regulation of plant growth and development. *PLoS Biology*, 2, 9: 1270-1273
- Häckel H. Why plants need sunlight. 2016. Bayer Crop Science.
[http://www.bayercropscience.com.mx/bayer/cropscience/cscms.nsf/id/Plasun_Agro/\\$file/plants_sunlight.pdf](http://www.bayercropscience.com.mx/bayer/cropscience/cscms.nsf/id/Plasun_Agro/$file/plants_sunlight.pdf) (13. februar 2016)
- Horn W. 1996. *Zierpflanzenbau*. Berlin. Blackwell Wissenschafts, Verlag: 662 str.
- Jaffe M. J. 1973. Thigmomorphogenesis: The response of plant growth and development to mechanical stimulation. *Planta*, 114, 2: 143-157
- Karsia. Stabilan 460 SL. Regulator rasti žit. Karsia.
<http://www.karsia.si/stabilan-460-sl> (13. januar 2016)
- Koch R., Sauer H., Ruttensperger. 2011. Einfluss von Mechanischen Berührungsreizen auf das Wachstum von Küchenkräutern im Topf. *Gesunde Pflanzen*, 63, 4: 199-204
- Kogoj Osvald M., Osvald J. 1994. Gojenje vrtnin v zavarovanem prostoru. Ljubljana. Kmečki glas: 125 str.
- Mihelič R., Čop J., Jakše M., Štampar F., Majer D., Tojnko S., Vršič S., 2010. Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 182 str.
- Nufarm. Stabilan 750SL. 2016. Nufarm Limited.
http://www.nufarm.co.nz/assets/18024/1/Stabilan_20L_Label.pdf. (6. september 2016)
- Paul M., Foyer. C. 2001. Sink regulation of photosynthesis. *Journal of Experimental Botany*, 52, 360: 1383-1400

- Picount. Temperatura in vlaga. 2016. Picount.
<http://www.picount.si/or/index.php/temperatura-in-vlaga> (13. februar 2016)
- Plantphys. Apical dominance. 2016. Plantphys.
<http://plantphys.info/apical/apical.html> (13. februar 2016)
- Porter H., Bühler J., Dusschoten D., Climent J., Postma A. J. 2012. Pot size matters: A meta-analysis of the effects of rooting volume on plant growth. *Functional Plant Biology*, 39, 1: 839-850
- Rojc A., Košuta M., Jug T., 2014. Osnove prehrane rastlin in gnojenja. Nova Gorica. KGZS – Kmetijsko gozdarski zavod Nova Gorica: 45 str.
- Runkle E. 2014. Using chlormequat chloride with success. Michigan State University. Extension Floriculture Team. GPN: 42 str.
- Selecta. Creating the future. 2015. Borgo, Selecta: 118 str.
- Takeno K. 2012. Stress induced flowering: The third category of flowering response. *Journal of Experimental Botany*, 67, 17: 4925-4934
- Tasdemir Y. 2015. Mechanical stress for *Pelargonium x peltatum*. "Yasemin.Tasdemirvg.bwl.de (osebni vir, 24. marec 2015)
- Vodnik D. 2012. Osnove fiziologije rastlin. Ljubljana. Oddelek za agronomijo, Biotehniška fakulteta: 141 str.
- Wegscheider A. 2015. Luftreiz fördert kompaktes Pflanzenwachstum. Gartenbau und Sonderkulturen. Landinfo, 4: 60-61
- Winkelmann T. 2005. Development of a shoot regeneration protocol for genetic transformation in *Pelargonium zonale* and *Pelargonium peltatum* hybrids. Institute of floriculture. University of Hannover, 80, 1: 33 - 42
- Zhou X., Zhang Z. 2016. ERF11 Promotes internode elongation by activating gibberellin biosynthesis and signaling pathways in Arabidopsis. *Plant Physiology*, 172, 1: 38

ZAHVALA

Zahvaljujem se prof. dr. Gregorju Ostercu za vsa strokovna navodila in nasvete pred in tekom nastajanja diplomskega dela.

Hvala recenzentu prof. dr. Dominiku Vodniku za popravke v zvezi s fiziologijo rastlin.

Zahvala bratu za asistiranje pri opravljanju meritev, materi za pomoč pri tehnologiji vzgoje, puncu za nasvete pri oblikovanju dela in vsej družini za podporo.

Hvala dr. Tasdemir za seznanitev z njihovimi izsledki pri mehanskem tretiranju.

PRILOGA A

Začetne meritve posameznih parametrov (Z12)

Sorta	Obrav.	Teden Z12/K20	Primer	Stranski poganjki [št]	Dolžina najdaljšega poganj. [cm]	Št. cvetov [št]
L	1	Z12	BLK1	1	4	0
L	1	Z12	BLK2	1	4	0
L	1	Z12	BLK3	1	5	0
L	1	Z12	BLK4	0	7	0
L	2	Z12	BLM1	1	5	0
L	2	Z12	BLM2	0	7	0
L	2	Z12	BLM3	1	4	0
L	2	Z12	BLM4	1	5	0
L	3	Z12	BLH1	1	5	0
L	3	Z12	BLH2	1	5	0
L	3	Z12	BLH3	1	6	0
L	3	Z12	BLH4	0	4	0
O	1	Z12	CK1	0	8	0
O	1	Z12	CK2	0	6	0
O	1	Z12	CK3	0	7	0
O	1	Z12	CK4	0	6	0
O	2	Z12	CM1	0	6	0
O	2	Z12	CM2	1	7	0
O	2	Z12	CM3	1	7	0
O	2	Z12	CM4	0	6	0
O	3	Z12	CH1	0	6	0
O	3	Z12	CH2	0	6	0
O	3	Z12	CH3	1	8	0
O	3	Z12	CH4	0	7	0
R	1	Z12	BRK1	1	5	0
R	1	Z12	BRK2	1	5	0
R	1	Z12	BRK3	2	4	0
R	1	Z12	BRK4	1	4	0
R	2	Z12	BRM1	1	5	0
R	2	Z12	BRM2	0	7	0
R	2	Z12	BRM3	1	5	0
R	2	Z12	BRM4	0	6	0
R	3	Z12	BRH1	0	7	0
R	3	Z12	BRH2	1	5	0
R	3	Z12	BRH3	1	5	0
R	3	Z12	BRH4	0	7	0

PRILOGA B

Končne meritve posameznih parametrov (K20)

Sorta	Obrav.	Teden Z12/K20	Primer	Stranski pog. [št]	Dolžina najd. Poganjka [cm]	Št. cvet. [št]
L	1	K20	BLK1	9	32	4
L	1	K20	BLK2	9	34	4
L	1	K20	BLK3	11	38	4
L	1	K20	BLK4	7	34	5
L	2	K20	BLM1	6	34	5
L	2	K20	BLM2	7	32	5
L	2	K20	BLM3	10	33	6
L	2	K20	BLM4	7	21	6
L	3	K20	BLH1	9	27	2
L	3	K20	BLH2	8	32	2
L	3	K20	BLH3	13	32	6
L	3	K20	BLH4	9	31	5
O	1	K20	CK1	5	26	2
O	1	K20	CK2	4	24	2
O	1	K20	CK3	4	25	3
O	1	K20	CK4	4	27	2
O	2	K20	CM1	6	18	2
O	2	K20	CM2	4	19	5
O	2	K20	CM3	4	21	2
O	2	K20	CM4	5	20	2
O	3	K20	CH1	5	22	4
O	3	K20	CH2	3	21	1
O	3	K20	CH3	4	23	4
O	3	K20	CH4	5	24	2
R	1	K20	BRK1	8	38	2
R	1	K20	BRK2	7	36	3
R	1	K20	BRK3	8	33	7
R	1	K20	BRK4	9	35	3
R	2	K20	BRM1	7	24	6
R	2	K20	BRM2	4	20	4
R	2	K20	BRM3	6	17	4
R	2	K20	BRM4	5	14	4
R	3	K20	BRH1	7	33	4
R	3	K20	BRH2	7	31	5
R	3	K20	BRH3	11	28	5
R	3	K20	BRH4	7	29	3

PRILOGA C

Slikovno gradivo po končanem poskusu



Priloga C1: Kontrola - rezultat ('Balcon Red', 'Balcon Lilac', 'Candy Orange')



Priloga C2: Mehanski stres - rezultat ('Balcon Red', 'Balcon Lilac', 'Candy Orange')



Priloga C3: Hormonsko tretiranje - rezultat ('Balcon Red', 'Balcon Lilac', 'Candy Orange')



Priloga C4: Sorta 'Balcon Red' pri vseh obravnavanjih (kontrola, mehanski stres, Stabilan)



Priloga C5: Sorta 'Candy Orange' pri vseh obravnavanjih (kontrola, mehanski stres, Stabilan)



Priloga C6: Sorta 'Balcon Lilac' pri vseh obravnavanjih (kontrola, mehanski stres, Stabilan)