



**Co-funded by  
the European Union**

Kastmisvee pH olulisusest taimekasvatases, Rápina  
Aianduskooli kasvuhoonesse paigaldatud pH regulaatori náitel.

Koostanud:

Urmas Roht, Õppemajandi juht

Rápina 2022

Projekti ER94 Active Village kaasrahastab Euroopa Liit Euroopa naabrusinstrumendi raames.

Antud väljaanne valmis Euroopa Liidu rahalise abiga. Selle väljaande sisu eest vastutab ainuisikuliselt Rápina aianduskool ning selles kajastatu ei peegelda mingil juhul Programmi ega Euroopa Liidu seisukohti.

## **Aruande sisukord:**

1. Sissejuhatus	3
2. Taimede toitumise teoreetilised alused	3
3. Kastmisvee pH regulaatori paigaldamine Röpina Aianduskooli kasvuhoonesse	8
4. Taimedega läbiviidud kasvatuskatsete tulemused	12
5. Tulemuste analüüs ja järeldused	20
6. Lõppsõna	21
7. Kasutatud kirjandus	22

## 1. Sissejuhatus

Eesti-Vene ühisprojekti raames sõlmisid koostööleppe 27. detsembril 2018. aastal Värskas kolm projekti osapoolt: MTÜ Setomaa Liit, Margus Timmo isikus, Rápina Aianduskool, Kalle Toomi isikus ja Vene Föderatsiooni Pihkva oblasti eraettevõtte „Efektiivse põllumajanduse ja aianduse keskus“ Anna Voichenko isikus. Ühisprojekti eelarve oli jaotatud viieks perioodiks, millest kõigil projekti osapooltel oli ette nähtud lisaks tavategevustele ka teatud investeeringud. Rápina Aianduskoolile oli projekti eelarves I ja II perioodil ette nähtud eelarvelised vahendid kasvuhoone kastmisvee pH regulaatori soetamiseks ja paigaldamiseks. Regulaatori soetamise vajadus oli tingitud toorkastmisvee ebaõigest pH reaktsioonist, mis seni selgelt pärssis Aianduskooli katmiktaimekasvatuse tulemusi.

## 2. Taimede toitumise teoreetilised alused.

Taimed vajavad kasvamiseks ja arenemiseks päikeseenergiat, gaase ( $\text{CO}_2$  ja  $\text{O}_2$ ), vett ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ning mineraalaineid. Toiteelementideks nimetatakse keemilisi elemente, mis on vajalikud taime kasvamiseks ja arenemiseks ning millest ühtegi pole võimalik asendada talle omaste funktsioonide tõttu mõne teise keemilise elemendiga (Kärblane et al., 1996). Kõrgematele taimedele on eluliselt vajalikud mineraalsed (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo

ja Cl) ja mittemineraalsed (C, O ja H) taimetoiteelemendid. Mittemineraalseid toiteelemente kasutavad taimed peamiselt orgaanilise massi moodustamiseks, kuivaines moodustab orgaanilisest massist keskmiselt 45 % süsinik, 42 % hapnik ja 6,5 % vesinik.

Toiteelementid kvantitatiivsest vajadusest lähtuvalt jaotatakse neid:

- a) makroelemendid – C, O, H, N, P, K, Ca, Mg ja S, mille sisaldus taimede kuivaines on mõni kümnendik kuni mitukümmend protsenti.
- b) mikroelemendid – Cu, Zn, B, Mo, Co, Cl, Se jt, mille sisaldus taimede kuivaines on vahemikus  $10^{-5} \dots 10^{-3}$  %.
- c) Poolmikroelemendid – Fe ja Mn, mida sisaldavad taimed vähem kui makroelemente aga tunduvalt rohkem kui mikroelemente.
- d) ultraelemendid – Sr, Cd, Pb, Ag, F, jt, mida esineb taimes üliväikestes kogustes ( $10^{-6} \dots 10^{-12}$ )

Väetamise seisukohast peetakse lämmastikku, fosforit ja kaaliumi esmajärgulisteks makroelementideks ehk põhitoiteelementideks (Kärblane et al., 1996). Koos taimede toitelahuse pH-ga mängib makroelementide optimaalne sisaldus taimede kasvatamisel kõige olulisemat rolli, mistõttu vaatleme makroelementide olulisust allpool lähemalt.

Lämmastik on tähtsaim element kogu orgaanilise maailma elutegevuses. Kuivaines on seda taimedes 0,5-4 %, lämmastikurikkamad on noored taimed. Lämmastik kuulub valkude, aminohapete, nukleiinhapete, klorofüllil, alkaloidide, fosfatiidide, vitamiinide, hormoonide jt. ühendite koosseisu. Lämmastikupuuduses taimed on tugevalt klorootilised, taimelehed muutuvad kahvaturohelisteks, taimed känguvad. Lämmastikuvaegus on nähtav eriti taime vanemates osades, vanemates lehtedes, sest lämmastik reutiliseerub (rändab teistesse kudedesse) sinna, kus assimilatsiooniprotsessid on kiiremad ehk noortesse lehtedesse. Lämmastiku ülekülluse korral on taimelehed tumerohelised ja lopsakad, kasvuperiood pikeneb, taimed on liiga lopsakad ja kipuvad lamanduma. Taimedele on lämmastikuallikaks atmosfääris olev vaba molekulaarne lämmastik ( $N_2$ ), mida õhus on mahu järgi umbes 80 %. Taimed pole aga õhulämmastikku iseseisvalt võimelised omastama. Seepärast antakse kasvuhoonetingimustes lämmastikku taimedele vesilahusena.

Fosfor on väga oluline element taimerakkude tuumavalkude (nukleoproteiidid) koostises, samuti nukleiinhapete, fosfatiidide, fütiini, fermentide, vitamiinide, hormoonide jt. tähtsate taimekasvu reguleerivate ühendite koostises. Fosforipuuduses muutuvad taimede lehed violetjaiks, leheservad painduvad ülesse, leheroodude juurde ilmuvad nekrootilised laigud. Fosfori üleküllust taimede välimuses otse ei avaldu, küll aga lüheneb taimede vegetatsiooniperiood ja kiireneb viljade valmimine.

Fosfori mineraalühendid esinevad mullas peamiselt mitmesuguste fosfaatidena, happelistel muldadel raud- ja alumiiniumfosfaatidena ( $FePO_4$  ja  $AlPO_4$ ), aluselistel muldadel vastavalt kaltsium- ja maagneesiumfosfaatidena [ $Ca_3(PO_4)_2$  ja  $Mg_3(PO_4)_2$ ].

Kaaliumi on taimedes keskmiselt 0,4-1,6 %, millest enamus paikneb taimede noortes kasvavates organites. Siiski ei moodusta kaalium otseselt taimes püsivaid komplekse orgaaniliste ühenditega, vaid seda esineb taimedes kloriidide (KCl), hüdrokarbonaadi ( $KHCO_3$ ), hüdrofosfaatide ( $K_2HPO_4$ ), või püroviinamarja-, oblik- ja sidrunhappe sooladena. Kaalium on eeskätt oluline süsivesikute sünteesi soodustajana, taime hingamisprotsesside aktiveerijana, fotosünteesiprotsesside kindlustajana, erinevate ensüümide ja fermentide aktiveerijana ning taimede külma-, põua-, seisu- ja haiguskindluse

suurendajana. Kaaliumipuuduses taimede lehed muutuvad kahvatusinakaiks, leheservadesse ja -tippudesse ilmuvad kollased- või kollakaspruunid laigud, misjärel lehed varisevad enneaegselt. Kaaliumi ülekülluse korral lüheneb taimede kasvuperiood.

Taimed omastavad nii makro- kui mikroelemente mullast või toitelahusest mineraalsooladena. Need võib jaotada kahte rühma:

- a) metalloidid (P, S, N), mida taim omastab anioonidena: fosfor fosfaatidena ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), väävel sulfaatidena ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), lämmastik nitraatidena ( $\text{NO}_3^-$ ).
- b) katioonidena omastatavad metallid on kaalium ( $\text{K}^+$ ), kaltsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) ja magneesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ). Taimejuurestikul omastavad mineraalsooli peamiselt juurte noored (tipmised) osad. Taimed omastavad toitelahusest ioone teises vahekorras, kui need on toitelahuses. Seda nimetatakse valivaks neelamisvõimeks, mille tõttu siseneb taimedesse ioone erinevates hulkades.

Kastmisvee ja üldisemalt taimede toitelahuse happesus (pH) on eriti tähtis faktor taimede normaalseks arenemiseks ja kasvamiseks. Lühend pH pärineb ladina keelest pondus Hydrogenii (vesiniku määr või hulk) (Veski, 1975). Happesust põhjustavad toitelahuses leiduvad vesinikioonid, kus pH on vesinikioonide kontsentratsiooni negatiivne kümnendlogaritm.

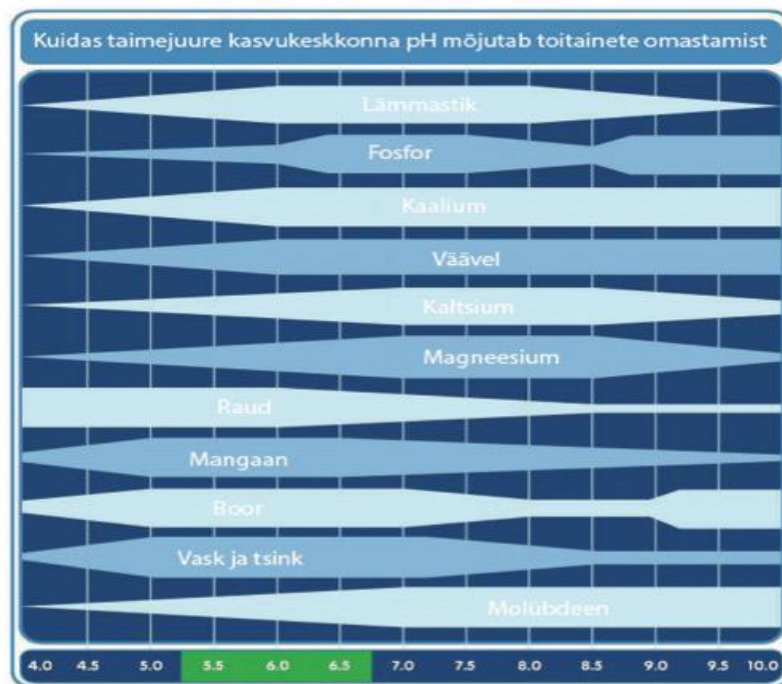
Eristatakse järgmisi reaktsiooniastmeid:

pH	Toitelahuse reaktsioon
pH alla 4,0	väga tugevalt happeline
pH 4,1-4,5	tugevalt happeline
pH 4,6-5,5	mõõdukalt happeline
pH 5,6-6,5	nõrgalt happeline
pH 6,6-7,1	neutraalne
pH 7,2 ja enam	aluseline

Taimede juured neelavad vett ja toitaineid optimaalselt ainult toitelahuse kindla pH korral. Madal või kõrge pH võivad osutada taimedele toksiliseks. Kuivõrd kasvuhuones on Aianduskooli peamiseks kasvatatavaks taimerühmaks erinevad lillekultuurid, siis enamuse suvelillede jaoks sobiv toitelahuse pH vahemik on 5,3 kuni 7,1. Happelisemas või aluselisemas keskkonnas aeglustub

selgelt lillekultuuride kasv ja areng, mis võib viia taimede hukkumiseni. Toitelahuse pH muutub taimede aktiivse kasvu ja arengu perioodil tugevasti, sõltudes toiteelementide omastamise intensiivsusest taimede poolt ja kasvusubstraadi omadustest. Üldiselt toimub taimede toitelahuse korduvkasutamise puhul lahuse aluselisemaks muutumine, mistõttu tuleb toitelahuse pH-d kontrollida ja reguleerida taimede kasvuperioodil mitu korda nädalas. Kasvusubstraadi ja ühtlasi ka toitelahuse pH muutumise mehhanism seisneb selles, et taimed omastavad toitelahusest katioone ja anioone erinevalt, nagu eespool juba märgiti.

Toitelahuse pH mõju taimejuurte toitainete omastamisele illustreerib ilmekalt joonis 2.1., millelt nähtub, et parim toitelahuse pH vahemik taimedele oleks 6,0-7,0 vahel. Sel juhul on tagatud peaaegu kõigi makro- ja mikroelementide optimaalne omastamine taimede poolt. Selliseid ideaalseid tingimusi toitelahuse pH osas suudabki täita vaid automaatselt kontrollitud pH tasemega toorkastmisvee reguleerimise seade.



Joonis 2.1. Toitelahuse reaktsiooni ja taimetoiteelementide omastatavuse vaheline sõltuvus.

### **3. Kastmisvee pH regulaatori paigaldamine Rápina Aianduskooli kasvuhoonesse.**

Antud projekti raames oli Aianduskooli eesmärgiks kaasajastada õppekasvuhooone taimekasvatuse tingimused, mille üheks eelduseks on kastmisvee pH taseme automaatne reguleerimine ja kontroll. Etteruttavalt tuleb kohe ära mainida, et kastmisvee pH reguleerimine oli vaid kogu protsessis esimene samm, sest muutuste peamiseks eesmärgiks oli Aianduskooli kasvuhoonesse taimede toitelahuse kinnise tsükli väljaehitamine. Selle sisuks on siis taimede toitelahuse korduvkasutus, mis on eeskätt keskkonnaohutu ja teiseks ka majanduslikult oluliselt ökonoomsem.

Nagu eestpoolt juba selgus, muutub toitelahuse pH pärast taimedega kokkupuudet päris tugevasti, kuivõrd taimejuured neelavad erinevaid ioone toitelahusest erinevates kogustes. Seepärast tuleb pärast igat taimede toitmistsükli tagastuv toitevesi esiteks puhastada taimehaigustest, teiseks taastada toitelahuses erinevate toiteelementide kontsentratsioon ja kolmandaks korrigeerida toitelahuse pH.

Kastmisvee regulaatori soetamise projekti tegevused käivitusid märtsis 2019. aastal. Kuivõrd Eestis puudub kasvuhoonetele vastavate seadmete tootja, siis Aianduskool pöördus kokku 4 ettevõtte poole küsimisega tarnida koolile piisava võimsusega kastmisvee pH regulaator. Pöörduti Miridon OÜ, Akvedukt OÜ, Hortinet OÜ ja Tami Automatics OÜ poole. Miridon ja Akvedukt oma pakkumist ei esitanud, Hortinet ja Tami Automatics OÜ esitasid. Pakkumise võitis Tami Automatics OÜ, pakkudes seadme hinna koos paigalduse ja hilisema häälestuse ning väljaõppe korraldamisega.





Täisautomaatne kastmisvee pH töötlemise seade.

Seade koosneb:

- Töödeldud vee väljavõtteosa kuni olemasoleva kastmisseadmeni Priva Nutrifit HX
- PVC mahuti 2000l (püstine)
- Automaatne mahuti veetaseme kontroll ja täitmine
- Automaatne happe doseerimine ja kontroll(1x pH andur)
- Alarmi väljavõte NC/NO välise alarmseadme\*\* jaoks
- Tasemeandur happemahutisse
- Tsirkulatsioonipump
- Värvitud metallraam
- Kilbi kaanel asuvad kontrolltuled
- Kilbi kaanel asuvad lülid: solenoidventiili ja happepumba juhtimiseks
- Pealüliti kilbi küljel
- Manuaalne start lüliti kilbi kaanel
- Läbipaistev kontrollvoolik mahuti veetaseme kontrollimiseks
- Paigaldus(elektri ning torutööd)

Osapoolte kokkuleppe kohaselt toimus seadme koostamine, paigaldamine ja häälestamine ajavahemikul aprill kuni juuni 2019. aastal. Seadme tarne ja montaaž õnnestusid hästi ja juuli algul anti Aianduskoolile veevõrku paigaldatud pH regulaator üle. Aianduskool organiseeris ka projekti raames õppepäeva, kus ettekandjad käsitlesid toitelahuse reaktsiooni olulisust taimede toiteelementide omastamisel ja hiljem demonstreeriti ka pH regulaatorit Aianduskooli kasvuhoones.



Foto 1. Ettekannete kuulamine õppepäeval.



Foto 2. Paigaldatud kastmisvee pH regulaatori tutvustamine Tami Automatics OÜ esindaja Tamar Nassari poolt (pH 5,06).

Kuivõrd kastmisvee regulaator sai paika pärast 2019. aasta suvelillede kasvatamise hooaja lõppu (kasvatamise ja müügi hooaeg lõpeb tavaliselt jaanipäeval), siis 2019. aastal enam suvelilledega kasvatuskatseid läbi viia polnud võimalik.

#### **4. Taimedega läbiviidud kasvatuskatsete tulemused.**

Peamiseks taimerühmaks, mida kevadperioodil Aianduskooli õppemajandi kasvuhoonetes kasvatatakse on erinevad suvelilled. Suvelille noortaimed ostetakse sisse erinevatest Aiandusettevõtetest, päritolumaaks on Holland. Taimed saavad juurutatult kasettides, Aianduskoolis tuleb need potistada või istutada amplitesse. Lilletaimede potistamisel kasutame AB Greenworld suvelillede kasvusubstraati, kuhu on tootja poolt lisatud juba põhiväetised. Omalt poolt lisame veel pikatoimelist Osmocot tüüpi 3-4 kuu pikkuse toimeajaga väetist arvestuslikult 2 gr/l substraadi kohta. Meie kogemuste põhjal annab selline kasvusubstraadi ettevalmistamine ja täiendav väetise lisamine parima kasvatus efekti suvelilledele.

Kontrollimaks kastmisvee (edaspidi toitelahuse) pH reaktsiooni olulisust suvelilledel, valiti 2020. aasta kevadperioodil katsetaimedeks petuunia (*Petunia*) noortaimed, millised on kasvusubstraadi ja pH suhtes ühed tundlikumad. Taimed jäävad reeglina pärast potistamist kasvuhoonesse keskmiselt 7 kuni 9 nädalaks, millest kaks esimest nädalat kulub noortaimedel juurdumiseks. Katseks oli keeruline mõelda välja suvelilledel mõõdetavad parameetrid, millised iseloomustaksid kõige paremini toitelahuse pH olulisust. Lilledel on tähtis terve välimus ja rikkalik õitsemine. Seepärast otsustati mõõdetava parameetrina kontrollida moodustuvate õiepungade arvu ja taimede tervet väljanägemist. Taimede välimikku hinnati 5 palli skaalal, kus 1 pallise hinnanguga taimed nägid väga inetud välja, nende areng, lehtede ja eriti õite areng olid selgelt kängunud, õied avanesid vaid osaliselt ja pudenesid kiiresti. 5 pallise hinnanguga taimed olid aga terved, hea väljanägemisega, tumerohelise lehestikuga, normaalselt arenenud ja normaalsuuruses õitega, õied avanesid ja püsisid sordiomaselt piisavalt kaua. Taimede välimiku ja õiepungade rohkuse hindamist tehti üks kord nädalas.

Katsetaimedeks valiti 20 potistatud petuuniataime, samuti kontrollrühmaks 20 taime. Pärast potistamist tuleb noortaimedel lasta kuni 2 nädalat juurduda, andmata neile kõrge kontsentratsiooniga toitelahuseid. 2020. aasta kevadel saabusid petuunia noortaimed meile 8. nädalal. Samal nädalal need potistati ja taimed jäeti juurduma, andmata neile kahe nädala jooksul väetiste toitelahuseid (EC, toitelahuse elektri juhtivus) ja neil nädalatel EC-d ka ei mõõdetud).

Katsetaimed ja kontrolltaimed asetati teistest eraldi, millel viidi läbi siis seeria vaatlusi.

Katsetaimed:

N	pH	EC	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10
			v	õ	v	õ	v	õ	v	õ	v	õ	v	õ	v	õ	v	õ	v	õ	v	õ
8	6,2	-	4	-	3	-	4	-	4	-	4	-	4	-	4	-	3	-	4	-	5	-
9	6,3	-	4	-	3	-	4	-	4	-	4	-	4	-	4	-	4	-	4	-	4	-
10	6,3	1,8	4	3	3	4	4	5	5	5	4	5	4	4	4	5	4	3	4	4	4	5
11	6,3	1,9	4	7	4	6	4	7	5	8	4	9	4	6	4	8	5	7	5	8	4	9
12	6,3	1,9	4	11	4	10	4	9	5	13	4	14	4	10	4	12	5	11	5	15	4	13
13	6,3	2,0	4	14	4	15	4	13	5	17	4	19	4	15	4	16	5	16	5	21	4	16
14	6,3	2,0	5	19	4	19	4	16	5	22	4	23	4	19	4	21	5	21	5	26	4	21
15	6,3	1,9	5	22	4	22	3	20	5	25	4	26	5	24	4	25	4	26	5	30	4	25
16	6,3	1,9	5	26	4	27	3	24	5	28	4	29	5	29	4	29	4	30	5	33	4	30
kokku	6,3	1,9	56	26	47	27	34	24	58	28	42	59	25	99	49	29	30	53	33	43	43	30
N	pH	EC	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
			v	õ	v	õ	v	õ	v	õ	v	õ	v	õ	v	õ	v	õ	v	õ	v	õ
8	6,2	-	4	-	5	-	5	-	5	-	4	-	4	-	4	-	3	-	5	-	5	-
9	6,3	-	4	-	4	-	5	-	5	-	4	-	4	1	4	-	3	-	5	-	5	2
10	6,3	1,8	4	4	4	2	5	5	5	4	4	4	4	7	5	4	3	2	5	5	5	5
11	6,3	1,9	4	10	4	7	5	9	5	9	4	9	4	12	5	9	3	6	5	8	5	9
12	6,3	1,9	4	13	4	12	5	15	5	14	4	15	4	20	5	13	3	11	5	13	5	15
13	6,3	2,0	4	19	4	17	5	20	5	19	4	20	4	25	5	18	3	16	5	19	5	21
14	6,3	2,0	5	24	4	20	5	23	5	24	4	24	4	29	5	23	4	20	5	25	5	26
15	6,3	1,9	5	27	4	24	5	26	5	28	4	27	4	32	5	26	4	24	5	27	5	29
16	6,3	1,9	5	32	4	27	4	29	5	30	4	30	5	33	5	29	4	27	5	30	5	32
kokku	6,3	1,9	52	32	47	24	49	25	53	30	43	40	53	33	59	29	47	25	30	53	53	32

N – katsenädal; pH – kasvulahuse reaktsioon; EC- toitelahtu elektrijuhtivuse ühik, mis näitab toiteelementide sisaldust. Suvelilledele sobib toitelahtu EC vahemikus 1,5-2,5; 1-20 – taime number; v- taimede välimik 5 palli süsteemis; õ – moodustunud õiepungade ja õite arv.

Kontrollirühma taimed:

Nädal	pH	E C	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10
			v	õ	v	õ	v	õ	v	õ	v	õ	v	õ	v	õ	v	õ	v	õ	v	õ
8	8,3	-	4	-	4	-	5	-	3	-	5	-	4	-	4	-	4	-	5	-	4	-
9	8,4	-	4	-	4	-	5	-	3	-	5	-	4	-	4	-	4	-	5	-	4	-
10	8,3	1,8	4	3	5	3	5	4	3	1	5	3	5	2	4	3	4	3	5	2	3	1
11	8,3	1,9	4	6	5	7	5	6	3	3	5	6	4	4	4	6	4	5	4	4	3	4
12	8,4	1,9	4	10	4	11	4	7	4	7	3	4	4	8	4	8	3	7	4	16	4	11
13	8,5	2,0	4	13	4	15	3	11	4	10	3	8	3	11	4	12	3	11	4	19	4	16
14	8,3	2,0	4	17	4	18	3	14	4	14	2	12	3	15	4	16	3	16	4	22	4	21
15	8,3	1,9	4	20	4	22	3	17	3	18	2	15	3	19	4	20	3	20	4	25	4	23
16	8,4	1,9	3	22	4	26	3	22	3	22	2	17	3	22	4	25	3	23	4	26	4	25
kokku	8,3	1,9	3	24	4	26	3	22	3	22	2	17	3	22	4	25	3	23	4	26	4	25

Nädal	pH	E C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
			v	õ	v	õ	v	õ	v	õ	v	õ	v	õ	v	õ	v	õ	v	õ	v	õ
8	8,3	-	4	-	5	-	3	-	5	-	4	-	4	-	4	-	3	-	5	-	5	-
9	8,4	-	4	-	5	-	4	-	5	-	4	-	4	-	5	-	3	-	5	1	5	-
10	8,3	1,8	4	2	5	3	4	2	4	3	4	-	4	2	5	3	3	1	5	4	5	2
11	8,3	1,9	4	6	4	6	4	4	4	5	3	2	4	5	4	4	3	3	4	11	5	6
12	8,4	1,9	4	10	4	11	4	7	4	7	3	4	4	8	4	8	3	7	4	16	4	11
13	8,5	2,0	4	13	4	15	3	11	4	10	3	8	3	11	4	12	3	11	4	19	4	16
14	8,3	2,0	4	17	4	18	3	14	4	14	2	12	3	15	4	16	3	16	4	22	4	21
15	8,3	1,9	4	20	4	22	3	17	3	18	2	15	3	19	4	20	3	20	4	25	4	23
16	8,3	1,9	4	24	4	26	3	22	3	22	2	17	3	22	4	25	3	23	4	26	4	25
kokku	8,3	1,9	4	24	4	26	3	22	3	22	2	17	3	22	4	25	3	23	4	26	4	25

Tabelid 4.1. kuni 4.4. Katse- ja kontrolltaimede koondatud vaatlusandmed.

Nagu nähtub tabelitest, hoiti katsetaimi katseks vaatluse all 9 nädala jooksul, misjärel need taimed realiseeriti nagu kõik teisedki Aianduskoolis kasvatatud suvelilled. Nii katse kui kontrolltaimed valiti katseks võimalikult ühesuguse väljanägemise ja arenguga. Katse läbiviimiseks kasutati taimekasseti keskmisi taimi, sest kasseti äärmised taimed on tihti kehvemini arenenud, (kastmise ebäühtlusest tingituna). Nii katsetaimi kui kontrolltaimi väetati pärast

juurdumist regulaarselt olenevalt ilmastikust 2-3 korda nädalas sarnase EC väärtusega toitelahusega. Katsetaimedele anti toitelahus kontrollitud pH kastmisveena, pH väärtusega 6,3. Kontrolltaimi kasteti aga Aianduskooli kasvuhoone toorveega, mille pH väärtus kõigub vahemikus 8,3-8,5. Kastmisvee pH kõikumist mõjutab kevadine lumesulamine, samuti on lume rohkus aastati erinev. Üldjuhul on kevadise toorvee pH madalam, kuid suvel võib reaktsioon tõusta lausa 8,7-8,9 ühikuni. Kastmislahused nii katse- kui kontrolltaimede valmistati käsitsi.

Kasvatamistulemustest nähtub, et katsetaimedel oli 9 kasvunädalaks peal keskmiselt 29,2 puhkenud õit või õiepunga, kontrolltaimedel samal ajal keskmiselt 22,4 õit või õiepunga. Kontrolltaimedel oli katse lõpuks õisi või õiepungi moodustunud keskmiselt 23,3 % vähem võrreldes katsetaimedega. Mõned kontrolltaimed olid katse lõpuks ka nii halva välimikuga, et need tuli välja praakida ja realisatsiooni need ei läinud. Kokku oli kontrollrühmas selliseid taimi 3, ehk 15 %, mis on tegelikult väga suur protsent suurtootmises kasvatamiseks. Kontrolltaimedel ilmnisid 5-6 kasvunädalal kloroosinähud, noored lehed olid kahvatud ja kidurad, õied väiksemad katsetaimede õitest ja tuhmimate värvidega. Katsetaimedel samal ajal ei ilmnunud olulisi muutusi välimuses ega õite moodustumisel ja need arenesid normaalselt.



Foto 3. Fotol vasemal on katsetaim nr 13 ja paremal kontrolltaim nr 5. Kontrolltaime välimik on hinnatud hindega 3, katsetaimel 4. Kontrolltaim on klorootilise lehestikuga, õied väikesed ja ebaloomuliku plassi värvusega.

Kontrolltaimedest oli katse lõpuks välimikuga 5 - 0 taime, välimikuga 4 – 7 taime, välimikuga 3 – 10 taime ja välimikuga 2 – 3 taime. Katserühmas olid vastavad näitajad katse lõpuks välimikuga 5 – 10 taime, välimikuga 4 – 9 taime ja välimikuga 3 – 1 taime. Katserühma taimed sai kõik edukalt realiseerida, samal ajal kui kontrollrühmas olid enam vähem realiseerimiskõlblikud vaid pool kuni kolmveerand taimedest.

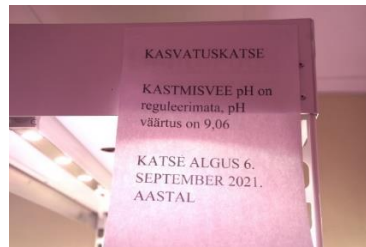


Foto 4. Kontrolltaim nr 7 arengu 12. nädalal. Õiepungi tekib, aga need on lõpuni arenemata, kuivades või kärbudes enne õitsema puhkemist. Taime välimik sel momendil hinnatud 3 palliga, lehed klorootilised, kasv kidur, harunemine halb.

Teine kasvatuskatse kastmisvee pH olulisuse selgitamiseks viidi läbi köögiviljadega. Köögivilju erinevalt suvelilledest on võimalik pärast katseperioodi lõppu kaaluda ja määrata täpne taimemass, mis on objektiivne kasvukeskkonna näitaja. Koolil on koolihoones olemas vertikaalsed köögiviljariiulid, mille kasvatame salatimaterjali kooli sööklale. Iga taimeriul on



kolme tasapinnaga, igal tasapinnal autonoomne LED valgustus. Ühele tasapinnale mahub kasvama 50-100 taime, sõltuvalt taimede kasvusuurusest. 12 tundi ööpäevas on taimeriivlid valgustatud ja 12 tundi pimedad ehk öise režiimiga. Toitelahus (mille EC on 1,8), pumbatakse 12 tunnise valgustatud aja perioodil kuuel korral riiulitele. Pumbad töötavad korraga 10 minutit ja seejärel hakkab toitelahus tasapisi riiuli all paiknevasse reservuaari tagasi voolama. Taimejuured suudavad selle ajaga imada toitelahusest vajaliku koguse toitaineid. Taimede kasvuperioodi pikkus on 4 nädalat külvimomendist arvates. Katseks uuendasime korraga 2 riiulitait taimi, pannes samadesse tingimustesse kasvama lehtsalati, tilli ja peterselli. Katsetaimedel reguleeriti kastmisvee pH lahjendatud lämmastikhappe lisamisega pH reaktsioonini 5,6 ja kontrollriiulil kasutati tavalist Aianduskooli koolihoones kasutatavat toorvett, mille pH oli 9,06.



Edaspidi mõõdeti nii katsetaimede kui kontrolltaimede kastmisvee pH taset kaks korda nädalas ja katsetaimede toitelahuse pH-d korrigeeriti vastavalt vajadusele lahjendatud lämmastikhappe lahusega. Nii katsetaimede kui kontrolltaimede toitelahuse EC hoiti kogu katse perioodil väärtusega 1,8. Esimesel kahel nädalal polnud köögiviljataimedel kasvus silmatorkavaid erinevusi märgata, kuid alates kolmandast nädalast olid erinevused selgelt märgatavad. Kontrollitud pH-ga toitelahust kasutavad katsetaimed olid normaalse arenguga ning iseloomulikult tumerohelise värvusega. Kontrolltaimed seevastu jäid selgelt kasvus katsetaimedest maha ja nende välimus oli muutunud kahvatu-roheliseks, kohati lausa kollakaks, milline avaldus eeskätt selgelt peterselli puhul.



Foto 5. Vasakpoolne kasvatusriiul katsetaimedega ja parempoolne kontrolltaimedega nelja nädalase katseperioodi lõpus. Alumistel riiulitel kasvab lehtsalat, keskmistel till ja ülemistel petersell. Väga selgelt on nähtavad erinevused taimede suuruses ja väljanägemises.



Foto 6. Vasakul riiulil lehtsalati katse, paremal riiulil sama kontroll.



Foto 7. Vasakul riiulil tilli katse, paremal riiulil sama kontroll. Selgelt on märgatavad taimede kasvuerinevused ja kontrolltaimede värvus on lisaks sellel kahvaturoheline ning kohati lausa kollakas.



Foto 8. Vasakul riiulil pereselli katse, taimed on ilusad, ühtlase arenguga ja tumerohelise terve värvusega. Parempoolse riiuli kontrollkatsel on taimed vähemalt poole väiksemad katsetaimedest, kahvaturohelised ja kohati lausa kollased.

Katse lõpus kaaluti igalt riiulilt 10 taime mass 0,1 gr täpsusega, tulemused koondati alljärgnevasse tabelisse 4.5.

Taime nimi/nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ gr
Salat gr											
Katse	12,5	12,9	11,9	12,2	13,0	11,7	12,0	12,3	12,1	12,2	122,8
Kontroll	10,4	10,6	10,5	9,8	9,9	10,1	10,6	10,1	10,6	10,3	102,9
Till gr											
Katse	3,5	3,3	3,3	3,8	4,0	3,1	3,1	3,0	3,6	3,7	34,4
Kontroll	2,8	2,4	2,3	2,5	2,5	2,7	2,4	2,4	2,3	2,4	24,7
Petersell gr											
Katse	5,1	5,4	5,4	5,3	5,0	5,5	5,1	5,6	5,2	5,2	52,8
Kontroll	3,6	3,3	3,5	3,4	3,5	3,7	3,6	3,4	3,5	3,6	35,1

Tabel 4.5. Köögiviljataimede katsetulemused

Katsetulemustest selgub et, salati puhul oli katsetaimede keskmine mass võrrelduna kontrolltaimede massiga 19,3 % suurem, tillil vastavalt 39,3 % ja

petersellil 50,4 % suurem. Ainuüksi toitelahuse õige pH kontsentratsiooni korral saab suurendada köögiviljade toodangut samalt pinnaühikult märgatavalt. Katmikköögivilja kasvatamisel on tulemusel ülisuur tähtsus, sest üldistades tulemuse näiteks lehtsalatile, siis keskmiselt 1 m<sup>2</sup> kasvatatakse 38-40 taime, kasvuperioodiga 6 nädalat, kusjuures selle ajaga kasvab taime keskmiselt 100 gr raskuseks. 1 m<sup>2</sup> keskmiseks saagikuseks kujuneb lehtsalatil 3,5-4 kg. Kui ainuüksi toitelahuse pH kontrolli all hoidmine suurendab saagikust 19,3 %, siis 1 m<sup>2</sup> saagikus suureneks näiteks 3,5 kg asemel 4,18 kg-ni. 1 ha kasvupinna puhul oleks toodangu suurenemine lausa 6,8 tonni võrra 6 nädalaga ehk 1133 kg nädalas.

## 5. Tulemuste analüüs ja järeldused.

Nagu nähtub katsetulemustest, siis taimede kastmisvee pH mõju nende arengule ja kasvule väljendub väga erinevalt, sõltudes kultuurist, kasvuperioodi pikkusest, toorvee pH tasemest, kasvusubstraadist, kasutatavatest mineraalväetistest ja hulgast muudest teguritest. Meie valisime katseteks teadlikult pH suhtes väga tundlikud kultuurid, et tulemused reljeefsemalt välja joonistuksid.

Suvelillede puhul on kastmisvee ja üldisemalt siis substraadi pH suhtes väga tundlikud kultuurid petuunia (*Petunia sp.*), samuti surfiinia (*Petunia Surfinia* rühm), aed-puispetuunia (*Calibrachoa sp.*), lõvilõug (*Antirrhinum sp.*), begooniad (*Begonia sp.*) jpt. Samas pH reaktsiooni suhtes vähem tundlikud suvelillekultuurid on põõsas-hõbekakar (*Argyranthemum sp.*), aednelk (*Dianthus sp.*), värdfuksia (*Fuchsia x hybrida*), kuldkaar (*Osteospermum sp.*) jt. Köögivilja ja maitsetaimed on toitelahuse pH suhtes üldjuhul väga tundlikud, vähem tundlikud on spargelkapsas (*Brassica oleracea var. italica*), lehtsalat (*Lactuca sativa var. crispa*), rooma salat (*Lactuca sativa var. longifolia*) jmt.

Katsetulemused petuunia kasvatamisel näitasid meile seda, et toitelahuse pH ebasoodne mõju ei avaldu kohe esimestel kasvunädalatel. Mida pikem on taimede kasvunädalate arv, seda negatiivsemaks kujuneb tulemus. Seega, kui kastmisvee pH reguleerimise võimalus puudub, siis tuleb valida kasvatamiseks väga kiire arenguga kultuurid. Toitelahuse pH-st tingitud suvelillede välimuse halvenemine tingib selle, et sellised taimed tuleb realiseerimiseks alla hinnata või üldse realisatsioonist kõrvaldada. Aianduses on normaalne, kui taimepartiidest õnnestub ideaalse väljanägemisega kasvatada ja realiseerida vähemalt 90 % taimedest, alla selle tuleb kasvatamistulemust lugeda juba kesiseks. Meie katse andis suvelilledega selgelt kesise tulemuse.

Köögiviljataimede katse näitas samuti väga selgelt, kuivõrd oluline roll on toitelahuse õigel pH tasemel taimede kasvule ja arengule. Vähem tundlikel kultuuridel (lehtsalat) oli saagikuse langus vähem märgatav, kuid siiski 19,3 % suurune, tillil vastavalt 39,3 %. Kõige drastilisemalt mõjus toitelahuse pH ebaõige kontsentratsioon katses petersellile, mille saagikus kontrolltaimedel vähenes lausa poole võrra, ehk 50,4 % ulatuses.

Kokkuvõtteks tuleb nentida seda, et mõlema katse tulemused näitavad väga selgelt seda, kuivõrd oluline on kastmisvee ehk laiemalt toitelahuse pH õiges vahemikus kontsentratsioon taimekasvatuses. Kui me ei suuda reguleerida ega kontrollida kastmise toorvee pH-d, on majanduslikus mõttes tootmistulemused tagasihoidlikud. Lisaks tuleb meeles pidada veel seda, et halvas seisundis taimed on palju vastuvõtlikumad haigustele ja kahjuritele, mis omakorda põhjustab taimede väljalangemist. Seda aspekti antud katsete raames ei uuritud.

## **6. Lõppsõna**

Tulevastele ettevõtjatele tuleb panna südamele, et kui soovitakse alustada katmikalal taimekasvatusega, siis väga oluline on esmalt läbi mõelda, millistest allikatest on pärit kastmisvesi, on selleks puurkaev, järv, jõgi, tiik vms. Alustuseks tuleb kindlasti välja selgitada tulevase kastmisvee pH ja arvestada tuleb sedagi, et see võib üsna suurtes piirides kevadest sügiseni muutuda. Kui on selge, et kastmisvee pH-d on väljaspool taimekasvuks optimaalseid piire, on igal juhul kasvuhoonete projekteerimise faasis ette näha ka kastmisvee regulaatori paigaldamine. Räpina Aianduskoolile Tami Automatics'i poolt koostatud ja paigaldatud pH regulaator on igati õnnestunud, selle tootlikkus vastab maksimaalsele kastmiskoormusele, lisaks on seade täisautomaatne, selle hooldus ja kalibreerimine on suhteliselt lihtne. pH regulaator andis Aianduskoolile võimaluse teha kasvuhoonete moderniseerimisel ka järgmise sammu, ning ehitada välja toitelahuste korduvkasutamise süsteemi. Tehtud investeering on end igati õigustanud.

## **7. Kasutatud kirjandus**

1. Kalmet, R., Kanger, J., Kevvai, L., Kevvai, T., Kuldkepp, P., Kärblane, H., Raudväli, E., Turbas, E. Koost. Kärblane, H. Taimede toitumise ja väetamise käsiraamat. Tln., 1996. Eesti Vabariigi Põllumajandusministeerium.
2. Kuldkepp, P. Taimede toitumise ja väetamise alused. Tln. 1994. AS Infotrükk.
3. Veski, E. Lillede kasvatamine mullata. Tln. 1975. Kirjastus "Valgus".