ERI MEETODITEL PALJUNDATUD JA AVAMAAL KASVATATUD KARTULI MERISTEEMTAIMEDE PRODUKTIIVSUSE NÄITAJATE ANALÜÜS

Marje Särekanno[1, 2], Katrin Kotkas[1], Viive Rosenberg[1], Jüri Kadaja[3]
[1]*Eesti Maaviljeluse Instituut, taimebiotehnoloogia osakond EVIKA, Teaduse 6a, Saku 75501*
[2]*Põllumajandusuuringute Keskus, põllumajandusseire- ja uuringute osakond, Teaduse 4/6, Saku 75501*
[3]*Eesti Maaviljeluse Instituut, põllumajandustehnika ja -tehnoloogia osakond, Teaduse 13, Saku 75501*
e- mail: m.sarekanno@evika.org

ABSTRACT. *The experiments carried out in 2005–2007 had two objectives: 1) to compare productivity indicators of plants regenerated from tip- and stem cuttings and truncated plants to that of plants propagated by the in vitro micro-plants method; and 2) to analyse the effect of multiplication method, experimental year, and variety on productivity indicators of potato meristem plants. The dynamics of the productivity indicators, like leaf area index; tuber number per plant; average tuber fresh mass and total tuber fresh mass; tuber size distribution; accumulation of total plant dry mass and tuber dry mass were investigated. From our experiments, it can be concluded that all investigated productivity indicators of field-grown potato meristem plants are dependent on the particular multiplication method, and on the experimental year. Variety was observed to have a significant effect on leaf area index, tuber number, and average tuber fresh mass. Plants multiplied by the in vitro micro-plants method had a smaller leaf area index, and more tubers per plant were formed, the average tuber fresh mass was smaller. A larger tuber number did not compensate for the relatively lower average tuber fresh mass; therefore, total tuber fresh mass, total plant dry mass, and tuber dry mass remained lower for in vitro micro-plants when compared with the other three multiplication methods. Our experiments demonstrated also that field-grown potato plants cultivated by tip-,and stem cuttings and truncated plants methods develop a size suitable for seed production (Ø 30–60 mm) two to three weeks earlier than plants multiplied by the MP method.*

Keywords: Solanum tuberosum *L., potato meristem plants, pre-basic seed, rapid multiplication method, plastic roll, the dynamics of the productivity indicators.*

Sissejuhatus

Seemnekasvatus – ega ka kogu kartulikasvatus – pole kartuli algseemne haigustest tervendamiseta võimalik. Tänapäevased taimebiotehnoloogia meetodid võimaldavad saada terveid ja suure saagivõimega kartulitaimi ka tugevalt viirushaigustesse nakatunud sortidest. Eestis tervendatakse ja uuritakse saagikuse ning haiguskindluse suurendamise võimalusi Eesti Maaviljeluse Instituudi taimebiotehnoloogia osakonnas EVIKA.

Sama oluline kui seemnekasvatuse algmaterjali tervendamine, on ka selle kiire ja massiline paljundamine, et efektiivselt ära kasutada tervendatud seemne saagivõimet ja lühendada seemnekasvatusperioodi.

EVIKA-s välja töötatud tehnoloogia tervendatud kartulitaimede paljundamiseks ja esimese mugulpõlvkonna kasvatamiseks koosneb kolmest etapist: paljundamine *in vitro* (1), paljundamine kilerullis (2), taimede istutamine ja kasvatamine avamaal (3). Sellise tehnoloogia kasutamine annab kilerullis ettekasvatud taimede avamaal kasvatamisel tavalise suurusega seemnemugulad juba esimesel aastal.

Seni puudusid andmed kartuli meristeemtaimede produktiivsuse näitajate dünaamikast erinevate meetoditega paljundamisel ja taimede avamaal kasvatamisel. Käesolev uurimistöö viidi läbi aastatel 2005–2007 EVIKA kasvuhoones ja katsepõllul Sakus.

Käesoleva uurimistöö põhihüpotees on, et kilerullis paljundatud tipu- ja varrepistikutest ning pealt korra lõigatud ja uuesti kasvanud taimede produktiivsuse näitajad nagu lehepinna indeks, mugulate arv, ühe mugula keskmine ja kogu mugulate toormass, mugulate fraktsioonilisus, taime ja mugulate kuivainemass erinevad katseklaasis *in vitro* mikropistikutega paljundatud taimede samadest näitajatest.

Teine hüpotees on, et seemneks sobiliku suurusega mugulate optimaalne koristusaeg võib sõltuda paljundusmeetodist.

Korraldatud katsete eesmärk oli:

1) võrrelda tipu- ja varrepistikutest regenereerunud ning pealt korra lõigatud ja uuesti kasvanud taimede produktiivsuse näitajaid *in vitro* paljundatud taimede samade näitajatega;

2) analüüsida erinevalt paljundatud kartuli meristeemtaimede produktiivsuse näitajate sõltuvust paljundusmeetodist, katseaastast ja sordist.

Metoodika

Katses kasutati nelja kartuli meristeemtaimede paljundusmeetodit.

1. Katseklaasis (*in vitro*) mikropistikutega (edaspidi KK).
2. Kilerullis (turbasubstraadil) tipupistikutega (edaspidi TP).
3. Kilerullis (turbasubstraadil) varrepistikutega (edaspidi VP).
4. Kilerullis (turbasubstraadil) pealt korra lõigatud taimed (edaspidi PL).

Kasvatati kahte Jõgeva Sordiaretuse Instituudis aretatud kartulisorti: 'Ants' (keskhiline) ja 'Vigri' (hilisepoolne).

Kartulitaimede kilerullis paljundamine, taimede aklimatiseerimine ja taimede avamaal kasvatamine toimus vastavalt EVIKA-s väljatöötatud meristeemtaimede kilerullis paljundamise ja avamaal esimese põlvkonna seemnemugulate kasvatamise juhendile (Rosenberg *et al*., 1986; 1988; 2003; 2004).

Kasvudünaamikat määrati, olenevalt aastast, 12–14 korda vegetatsiooniperioodi jooksul. Iga proovivõtmise käigus analüüsiti 32 taime (kaks sorti × neli paljundusmeetodit × neli kordust). Laboratooriumis taimed pesti ja eraldati taimeosad. Eraldi olid vaatluse all lehed, varred, ja varte maaalune osa koos stoolonitega, juured ning mugulad. Eraldatud taimeosad nõrutati pesuveest ja kaaluti. Määrati taimeosade toor- ja kuivmass, proovid kuivatati ja kaaluti uuesti. Saadud tulemuste alusel arvutati kuivainesisalduse osakaal. Kuivaine osakaalu põhjal arvutati taimeosade kuivainesisaldus, lehtede pindtihedus, lehtede pindala, lehepinnaindeks (LPI m^{-2} $/m^{-2}$), fotosünteetiline potentsiaal (FSP m^{-2} $/m^{-2}$) (FSP = päevpäevaste LPI väärtuste summa). Mugulate arvu, ühe mugula keskmise massi, mugulate toormassi ja mugulate fraktsioonilisuse määramiseks eraldati mugulad taimedest, jaotati suuruse järgi (Ø < 30 mm; 30–60 mm; > 60 mm), loendati ja kaaluti.

Katseandmed töödeldi STATISTICA 9.0 programmis ühefaktorilise dispersioonanalüüsi (*one-way* ANOVA) meetodil. Paljundusmeetodite vaheliste erinevuste väljatoomiseks arvutati iga proovivõtmise korra ja iga produktiivsuse näitaja kohta algandmete põhjal piirdiferents.

Kuna LPI, mugulate arvu, mugula keskmise massi, mugulate fraktsioonilisuse, mugulate toormassi, samuti kogu taime ja mugulate kuivainemassi tulemused olid ajast sõltuvad, ei olnud võimalik neid väärtuseid otse analüüsida. Et uuritud näitajad oleksid omavahel võrreldavad kogu kasvuperioodi ulatuses ja et antud uurimistöö üks eesmärk on võrrelda EVIKA paljundusmeetodeid (tipu- ja varrepistikud, pealt korra lõigatud taimed) katseklaasi paljundusmeetodiga (*in vitro* mikropistikud), arvutati kõigi uuritud näitajate väärtused ümber suhtarvudeks. Selleks jagati kõigi uuritud produktiivsuse näitajate iga korduse ja paljundusmeetodi üksikväärtused läbi iga proovivõtmise kohta arvutatud katseklaasi (*in vitro* mikropistikud) paljundusmeetodi vastava keskmise väärtusega. Statistilise analüüsi tulemused konkreetse produktiivsuse näitaja kohta paljundusmeetodist, aastast ja sordist sõltuvalt arvutati suhteliste väärtuste põhjal. Uuritava näitaja mõju loeti oluliseks, kui variantidevaheliste erinevuste puhul $p < 0.05$.

Katseaastate ilmastik erines aastate lõikes nii temperatuuride, sademete hulga kui ka summaarse kiirguse jaotumise osas (tabel 1). Kolmest katseaastast oli kartuli kasvuks ilmastiku poolest suhteliselt sobiv 2005. ja hästi sobiv 2007. aasta, mil temperatuuri ja niiskuse bilanss jagunesid taimede kasvuks soodsalt. 2005. ja 2006. aasta ilmastikku iseloomustas suurtes piirides temperatuuride ja kiirguse kõikumine ja samal ajal ebaühtlaselt jaotunud sademed või nende puudumine taimede ja mugulate aktiivseks kasvuks olulistel perioodidel. 2006. aastal järgnes taimede avamaale istutamisele kolmenädalane kuuma- ja põuaperiood, mistõttu oli häiritud taimede juurdumine ja sellest tulenevalt kogu edasine kasvamine ja saagi kujunemine.

Tabel 1. Keskmised temperatuurid (^{0}C), sademete summa (mm) ja summaarne kiirgus (MJ m^{-2} s^{-1}), mõõdetud Saku katsepõllul juunist-septembrini

Table 1. *Average temperature (°C), sum of precipitation (mm) and sum of total radiation (MJ m^{-2} s^{-1}), for the period June-September, according to measurements in experimental field at Saku*

Kuu/*Month*	Keskmine temperatuur / *Average temperatures* (^{0}C)			Sademed/ *Preciption* (mm)			Summaarne kiirgus (MJ m^{-2} s^{-1}) / *Total radiation*		
	2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007
Juuni/*June*	13.6	15.6	15.1	46.6	22.0	22.4	629	675	666
Juuli/*July*	17.8	18.3	16.5	51.4	21.4	86.6	623	719	558
August/ *August*	15.7	17.3	17.3	125.4	51.6	77.0	430	464	533
September/ *September*	12.4	13.7	11.1	22.2	29.7	71.2	310	307	292
Keskmine/ *Average*	14.9	16.2	15.0						
Summa/ *Sum*				245.6	124.7	257.2	1,992	2,164	2,049

Tulemused ja arutelu

Kartuli lehepindala ja mugulasaagi dünaamikat on analüüsitud taimede kasvatamisel mugulatest (Tooming *et al.,* 1978; O'Brien *et al.,* 1998; Allen *et al.,* 1992; Gordon *et al.,* 1994; Boyd *et al.,* 2002; Eremeev, 2007; Eremeev *et al.,* 2008). Erinevate paljundusmeetoditega paljundatud kartuli meristeemtaimede avamaal kasvatamise kohta siiani lehepinna ja mugulasaagi dünaamika kohta andmed puudusid – see tingiski vajaduse antud katsete korraldamiseks. Kolme aasta käigus uuritud erinevate produktiivsuse näitajate dünaamika käiku on põhjalikult analüüsitud neljas artiklis (Särekanno *et al.,* 2010a; 2010b; 2010c; 2012) Käesolevas artiklis keskendume peamiselt produktiivsuse näitajate lõppkoristusel kogutud tulemuste analüüsimisele (tabelid 2, 3).

Tabel 2. Produktiivsuse näitajad paljundusmeetodite ja kahe sordi keskmisena aastate lõikes
Table 2. *Average productivity indicators of the multiplication methods as the average per two varieties by years*

Produktiivsuse näitaja / *Productivity indicator*	Aasta/Year		
	2005	2006	2007
Maksimaalne LPI / *Maximum LAI*	3.6	2.4	6.0
FSP/*CPP*	121	79	240
Mugulate arv taime kohta (tk) / *Number of tubers per plant*	5.7	4.8	6.7
Ühe mugula keskmine mass (g) / *Average tuber fresh mass*	105.6	78.7	110.3
Kogu taime mugulate mass (g) / *Total tuber fresh mass*	2,549.5	2,182.5	4,161.8
Kogu taime kuivainemass (g m^{-2}) / *Total plant dry mass*	670.1	610.7	1,320.2
Mugula kuivainemass (g m^{-2}) / *Tuber dry mass*	529.6	473.6	977.3

LPI = lehepinnaindeks; FSP = fotosünteetiline potentsiaal. / *LAI = leaf area index; CPP = crop photosynthetic potential.*

Tabel 3. Kahe sordi keskmised produktiivsuse näitajad *in vitro* katseklaasi paljundusmeetodi korral ja teiste paljundusmeetodite erinevus *sellest*
Table 3. *Productivity indicators averaged per two varieties for MP method and differences of other multiplication methods from it*

Aasta ja produktiivsuse näitaja / Year and productivity indicator	KK *MP*	Erinevus KK / *Difference from MP*			LSD_{05}
		TP-KK *TC-MP*	VP-KK *SC-MP*	PL-KK *TP-MP*	
2005					
Maksimaalne LPI / *Maximum LAI*	3.4	0.1	0.3	0.7	1.37
Mugulate arv taime kohta (tk) / *Number of tubers per plant*	7.4	-3.2*	-2.9*	-0.9*	0.68
Ühe mugula keskmine mass (g) / *Average tuber fresh mass*	50.2	103.0*	81.8*	36.7*	12.88
Kogu taime mugulate mass (g m^{-2}) / *Total tuber fresh mass*	2,353.0	339.0	154.0	293.0	371.33
Kogu taime kuivainemass (g m^{-2}) / *Total plant dry mass*	622.3	82.7	45.8	62.6	191.95
Mugula kuivainemass (g m^{-2}) / *Tuber dry mass*	496.9	66.4	21.8	42.5	163.15
2006					
Maksimaalne LPI / *Maximum LAI*	1.9	0.6	0.3	1.2*	0.99
Mugulate arv taime kohta (tk) / *Number of tubers per plant*	5.9	-1.6*	-1.6*	-1.2*	0.94
Ühe mugula keskmine mass (g) / *Average tuber fresh mass*	45.0	42.5*	52.4*	32.9*	10.31
Kogu taime mugulate mass (g m^{-2}) / *Total tuber fresh mass*	1,780.0	553.0*	750.0*	307.0	422.17
Kogu taime kuivainemass (g m^{-2}) / *Total plant dry mass*	495.5	178.9	196.7	85.0	216.7
Mugula kuivainemass (g m^{-2}) / *Tuber dry mass*	385.6	135.6	174.4	42.0	199.31
2007					
Maksimaalne LPI / *Maximum LAI*	4.8	1.8*	1.7*	1.3	1.43
Mugulate arv taime kohta (tk)/*Number of tubers per plant*	10.2	-5.9*	-3.9*	-4.1*	0.76
Ühe mugula keskmine mass (g)/*Average tuber fresh mass*	57.8	103.9*	46.9*	59.0*	13.92
Kogu taime mugulate mass (g m^{-2}) / *Total tuber fresh mass*	3,926.0	269.0	166.0	508.0*	444.09
Kogu taime kuivainemass (g m^{-2}) / *Total plant dry mass*	1,218.5	148.2	137.6	121.1	314.80
Mugula kuivainemass (g m^{-2}) / *Tuber dry mass*	956.4	75.6	-34.2	42.1	290.98
Kahe sordi kolme aasta keskmine / *Three-year average per two varieties*					
Maksimaalne LPI / *Maximum LAI*	3.3	0.7	0.8	1.1*	0.96
Mugulate arv taime kohta (tk) / *Number of tuber per plant*	7.8	-3.6*	-2.8*	-2.1*	0.79
Ühe mugula keskmine mass (g) / *Average tuber fresh mass*	51.0	83.1*	62.7*	42.9*	12.37
Kogu taime mugulate mass (g m^{-2}) / *Total tuber fresh mass*	2,686.3	387.0	356.7	369.3	412.63
Kogu taime kuivainemass (g m^{-2}) / *Total plant dry mass*	778.8	136.6	126.7	89.6	241.15
Mugula kuivainemass (g m^{-2}) / *Tuber dry mass*	613.0	92.5	54.0	42.2	217.81

Paljundusmeetodid: KK – katseklaasis *in vitro* mikropistikutega; TP – tipupistikud; VP – varrepistikud; PL – pealt korra lõigatud taimed. / *Multiplication methods: MP – microplants raised in vitro; TC – tip cuttings; SC – stem cuttings; TP – truncated plants.*
LPI = lehepinnaindeks; LSD_{05} = piirdiferents paljundusmeetodite vahel ($p < 0.05$); * = oluline erinevus variandi KK suhtes($p < 0.05$). / *LAI = leaf area index; $LSD_{0.5}$ = least significant differences ($p < 0.05$) between multiplication methods; * = Significant difference ($p < 0.05$) compare with in vitro MP method.*

Lehepinnaindeks (LPI) kirjeldab taimede lehepinna suurust (m^{-2}) kasvupinna ühiku (1 m^{-2}) kohta. Korraldatud katsetes analüüsiti pealsete kasvu LPI dünaamika muutumise ja fotosünteetilise potentsiaali (FSP) kaudu.

LPI dünaamika arvestuses esinesid meie katsetes erinevatel aastatel suured kõikumised. Kuival ja kuumal 2006. aastal oli maksimaalne LPI väärtus üle kahe korra väiksem kui optimaalsel kasvuaastal 2007 (tabel 2).

Nitšiporovitši (1963) andmetel peetakse kasvuks optimaalseks LPI väärtuseid, mis on vahemikus 3.5–4.0, teiste autorite andmetel > 4 (Scott & Wilkockson, 1978; Allen & Scott, 1980; Khurana & McLaren, 1982; Struik & Wiersema, 1999; Eremeev, 2007; Eremeev *et al.,* 2008).

Meie katses olid LPI väärtused eelnimetatud optimaalse LPI piirides 2005. ja 2007. aastal, alla optimaalse 2006. aastal. Taimede kasvuks ebasobival kuumal ja kuival aastal (2006) oli mõlema sordi taimede kasv pärsitud pea kogu kasvuperioodi jooksul (Särekanno *et al.,* 2010a).

Lommen ja Struik (1992) tõestasid oma katsetega, et kõrgemad temperatuurid soodustavad varte arengut, pärsivad aga mugulate moodustumist ja lehepindala suurenemist. Lorh (1960) väitis, et kasvutingimustes, mil päevaste keskmiste temperatuuride summa tõusis 19–21^{0}C-ni, osutus kõikidest taimedest stressiseisundis olevaks 20%, keskmise päevase temperatuuri 24^{0}C tingimustes 50% ja 25^{0}C tingimustes 75% kõikidest taimedest. Tõenäoliselt tulenes see asjaolust, et häiritud oli taimede

tavapäraselt toimiv ainevahetus, mille tulemusena formeerus madalam saak ja saagi kvaliteet langes.

Lisaks kasvuaastast tingitud LPI kõikumistele ilmnesid ka üsna suurtes piirides paljundusmeetodite vahelised LPI kõikumised. Sellest võib järeldada, et meristeemtaimede areng sõltub suuresti nende avamaale istutamise järgsest arenemise kiirusest. Ebasoodsate istutustingimuste korral võib taimedel ilmneda kohanemisraskuseid *in vivo* (avamaa) tingimustega, mis avaldub taimede nn istutusjärgses stressis. Selgelt avaldus see meie katsetes kuival ja kuumal 2006. aastal, mil istutusjärgse stressi tulemusena oli taimede kasv surutud seisus suurema osa suvest.

Ka mujal maailmas korraldatud katsetes on täheldatud meristeemtaimede avamaal kasvatamisel taimede istutamisele järgneda võivat istutusjärgset stressi. Struik ja Wiersema (1999) konstateerisid, et *in vitro* taimede või pistikute istutusjärgse stressi korral ei juurdu need korralikult, edasine taimede areng aeglustub ja mugulasaak jääb madalaks. Struik ja Lommen (1999) väitsid, et meristeemtaimede aklimatiseerimine ja avamaale istutamisele järgneda võiv stress oli ja on tõsine probleem.

Tadesse *et al.* (2001) on oma uuringute põhjal väitnud, et varieerumine taimede arengus võib olla tingitud nii nende erinevast kasvukiirusest kui ka muudest füüsikaliste ja füsioloogiliste näitajate koostoimest kasvuprotsessi jooksul. Eriti tundlikud on taimed üleminekul ühest kasvukeskkonnast teise. Näiteks võivad taimed liiga sügavale istutamise tagajärjel hävida või jääda põdema, probleemiks võib kujuneda *in vitro* tingimustest *in vivo* tingimustesse istutamisele järgneda võivad kõrged temperatuurid ja veepuudus.

Kirjanduse andmetel on samuti teada, et kui taimede lehed on arenenud niiskuse puuduse tingimustes, jääb nende pind väiksemaks potentsiaalsest lehepindalast, võrreldes normaalsete kasvutingimustega (Jefferies & Lawson 1991).

Paljundusmeetodite lõikes saadi meie katsetes aastatel 2005 ja 2006 ning kolme katseaasta ja kahe sordi keskmisena suurim LPI korra pealt lõigatud taimede paljundusmeetodi kasutamisel (tabel 3). Sama paljundusmeetodi korral oli suurim ka fotosünteetiline potentsiaal ja moodustus peavarrel enam külgvõrseid. See on seletatav tõenäoliselt antud paljundusmeetodi taimedel ühelt poolt paremini väljaarenenud juurekavaga ja teiselt poolt nende parema kohanemisvõimega avamaale istutamisel.

Madalaim oli LAI kõigil aastatel KK *in vitro* paljundusmeetodi korral (tabel 3). Selle põhjuseks võib pidada *in vitro* paljundusmeetodi korral varasemat mugulate moodustumist, võrreldes teiste paljundusmeetoditega. Ülevaatliku pildi lehepinna akumulatsioonist kogu kasvuperioodil annab fotosünteetiline potentsiaal (FSP), mis teisisõnu väljendab kultuuri fotosünteetilist võimekust (Van Oijen, 1991; Allen *et al.,* 1992; O'Brien *et al.,* 1998; Boyd *et al.,* 2002, Osborne *et al.,* 2009).

Nagu selgus meie katsetest, erines fotosünteetiline potentsiaal (katseaastate lõikes mitmekordselt. Kolmest katseaastast suurim oli FSP 2007. aastal (tabel 2). Sel katseaastal olid kasvutingimused (summaarne kiirgus, niiskus, temperatuur) praktiliselt kogu kasvuperioodi ulatuses taimede arenguks optimaalsed (tabel 1). Soodsad kasvutingimused (2007) tagasid kiirema lehepindala suurenemise ja maksimaalse LPI pikemaajalise kestuse 2005. ja 2006. aastaga võrreldes.

Kuigi üldjuhul kartuli meristeemtaimede lehepindala jääb väiksemaks võrreldes mugulatest kasvatud taimede lehepindalaga (vähem peavarsi), olid 2007. aastal määratud kartuli meristeemtaimede FSP väärtused võrreldavad FSP väärtustega, mis määrati kunstlikult niisutatud ja mugulatest kasvatatud hilise sordi 'Sulev' korral (Mäetalu & Tammets, 1984).

Oleme oma pikaajaliste põldkatsete käigus visuaalselt kogenud, et pistikutest kasvatatud taimedest avamaal seemnemugulate kasvatamisel ilmnevad teatud erisused mugulatest kasvatamisega võrreldes. Mugulast kasvatamisel areneb, sõltuvalt seemnemugulal olevatest idudest, reeglina mitu peavart, mis hargnemisel moodustavad külgvõrseid. Nii võib mugulast kasvatamisel moodustuda mitu eraldi seisvat peavart, millest igaühel arenevad juured, stoolonid ja mugulad. Pistikust kasvanud taimedel moodustub reeglina ainult üks peavars ja edasine hargnemine toimub samal põhivarrel külgharude moodustumise kaudu. Kui taimi õigel ajal korralikult mullata, satuvad külgvõrsed mulla alla ja nii võivad ka peavarre külgharud kasvatada juuri ja moodustuda mugulaid. Samas esineb olukordi, kui külgharud kasvatavad küll stooloneid, aga mugulaid nendest ei moodustu (Kotkas & Särekanno, 1996; 2000; Rosenberg *et al.,* 2005).

Wiersema andmetel hinnatakse külgvõrseid vähem produktiivseks kui peavõrseid ja tavaliselt on nendelt saadud mugulad väiksema massiga (Wiersema, 1989). See võib olla ka üks põhjendusi, miks meristeemtaimedest kasvanud taimede mugulate arv jääb avamaal kasvatamisel väiksemaks võrreldes mugulatest kasvatamisega. Varasemate EVIKA katsepõllul korraldatud katsete põhjal on teada, et rohkem külgharusid moodustub katseklaasitaimedest ja pealt korra lõigatud taimedest võrreldes tipu- ja varrepistikutest kasvanud taimedega (Kotkas, 2003). Sama tulemust kinnitas ka käesolev katse: vähem külgvõrseid moodustus tipu- ja varrepistikute paljundusmeetoditega paljundatud taimedel (Särekanno *et al.,* 2010b). Kuigi külgvõrseid oli arvuliselt vähem, kasvasid eelnimetatud paljundusmeetodite kasutamisel taimedel oletatavasti suuremad lehed ja lõppkokkuvõttes oli ka lehepindala suurem. Arvatavasti võib selle osaliseks põhjuseks pidada tipu- ja varrepistikutest kasvanud taimede nõrgemat juurekava katseklaasis (*in vitro* mikropistikud) ja pealt korra lõigatud taimede juurekavaga võrreldes. Põhjuseks asjaolu, et tipu- ja varrepistikutel kulub pärast kasvuhoones kilerulli istutamist üks nädal pistikute juurdumiseks.

Paljundusmeetodite lõikes moodustus lõppkoristusel arvuliselt enam mugulaid kõigil katseaastatel KK *in vitro* mikropistikutega paljundatud taimedel (tabel 3). Ühelt poolt on see arvatavasti seotud katseklaasitaimedel paremini väljaarenenud juurekavaga ja suurema külgvõrsete arvuga, teiselt poolt varasema mugulate moodustumise algusega võrreldes teiste paljundusmeetoditega. Väiksemaks jäi mugulate arv tipu- ja varrepistikute paljundusmeetodi korral, mille külgvõrsete arv oli väiksem ja mugulate moodustumise algus hilisem (Särekanno *et al.,* 2010b).

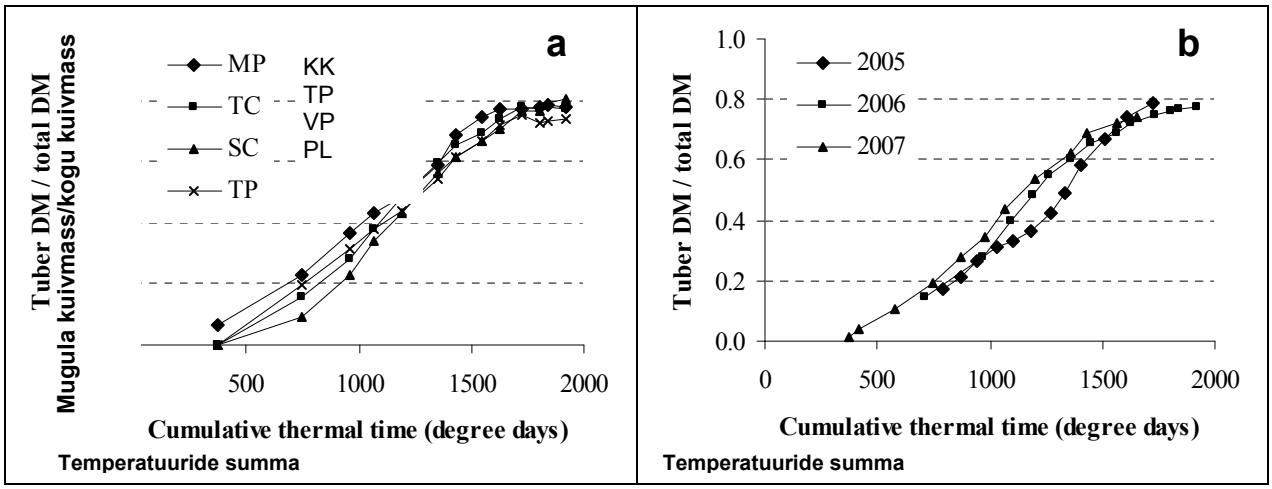
Ühe mugula keskmine mass kujunes lõppkoristusel suuremaks tipu- ja varrepistikutest kasvanud taimedel. Tulemus oli ootuspärane: mida vähem mugulaid taime kohta moodustus, seda suurem oli ühe mugula keskmine mass, ja vastupidi, mida arvuliselt rohkem mugulaid, seda väiksem oli ühe mugula keskmine mass (tabel 3). Sama seaduspärasus on leidnud kinnitust ka taimede mugulatest kasvatamise juhtudel (Boyd *et al.,* 2002; Eremeev *et al.,* 2007, 2008).

Paljundusmeetodite vahelised erinevused mugulate arvu ja ühe mugula keskmise massi arvestuses olid lõppkoristusel suuremad 2005. ja 2007. aastal ja väiksemad ebasoodsal, 2006. aastal (tabel 3).

Mugulate formeerumise varajasus väljendub mugulate kuivainemassi osakaal kogu taime kuivainesse. Kolme katseaasta ja kahe sordi keskmisena oli meristeemtaimede avamaal kasvamise algusfaasis katseklaasi (*in vitro* mikropistikud) paljundusmeetodi taimedel suurem mugulate kuivainemassi osakaal võrreldes teiste paljundusmeetoditega (joonis 1a). Varajasem mugulate moodustumine katseklaasi paljundusmeetodi korral võib olla üks põhjusi, miks teiste katses olnud paljundusmeetoditega võrreldes kujunes kogu taime mugulate toor- ja kuivainemass, samuti mugula kuivainemass lõppkoristusel madalamaks just katseklaasi *in vitro* paljundusmeetodi korral (tabel 3). Tuginedes kirjanduse andmetele (Struik & Lommen, 1999), on teada, et juhul kui mugulad moodustuvad ajal, mil lehepindala on alles väike, saab häiritud või katkeb edasine külgvõrsete moodustumine, olemasolevad lehed vananevad kiiremini ja tulemuseks on madalam mugulasaak.

Avamaale istutusjärgsel perioodil kujunes mugula kuivainemassi suhe kogu taime kuivainesse madalamaks varrepistikute paljundusmeetodi korral, teiste katses kasutatud paljundusmeetoditega võrreldes. Hilisemas kasvufaasis paljundusmeetodite vahelised erinevused mugula kuivainemassi suhtes kogu taime kuivainesse vähenesid ja seda arvatavasti põhjusel, et eelnimetatud paljundusmeetodi korral suurenes ühe mugula keskmine mass kiiremini kui katseklaasi (*in vitro* mikropistikud) paljundusmeetodi ühe mugula keskmine mass.

Aastate lõikes oli mugulate kuivainemassi suhe kogu taime kuivainesse mõnevõrra madalam 2005. aastal, samal ajal, kuival ja kõrgete temperatuuridega 2006. ja kasvuks sobivaimal 2007. aastal oli mugulate kuivainemassi suhe kogu taime kuivainesse mõnevõrra kõrgem (joonis 1b). Erinevusi 2005. ja 2006. aasta vahel võib põhjendada asjaoluga, et 2005. aastal olid taimed avamaal kasvades veepuuduse ilmnedes juba hästi juurdunud, 2006. aastal sattusid taimed ebasoodsatesse kasvutingimustesse vahetult avamaale istutamise järgselt, mil veepuudus ja kõrged temperatuurid pärssisid taimede normaalset arenemist. Antud tulemuste põhjal võib oletada, et paremini juurdunud taimed panustasid veepuuduse tingimustes enam lehtede ja juurte moodustumisele. Algusest peale kuumades ja kuivades oludes kasvanud taimed aga panustasid varasemale mugulate moodustumisele. Kokkuvõtvalt võib väita, et keerulised ilmastikutingimused pärsivad taimede normaalset kasvuprotsessi, mistõttu ka biomassi kogunemine erinevatel aastatel kujunes ebaühtlaseks (Särekanno *et al.,* 2012).



Joonis 1. Mugulate kuivainemassi suhe kogu taime kuivainesse paljundusmeetodite lõikes (kolme aasta ja kahe sordi keskmisena, a) ja aastate lõikes (nelja paljundusmeetodi ja kahe sordi keskmisena, b). Alguspunkt joonisel (b) tähistab andmeid ainult 2007. aasta kohta. Paljundusmeetodid: MP = KK – katseklaasis *in vitro* mikropistikud; TC = TP – tipupistikud; SC = VP – varrepistikud; TP = PKL – pealt korra lõigatud taimed

Figure 1. *Ratio of tuber dry mass (DM) to the total dry mass of potato plant, averaged for multiplication methods over different years (a) and for different years over multiplication methods (b). Initial points in figure (b) reflect only the data of 2007. Multiplication methods: MP – in vitro micro plants; TC – tip-cuttings; SC – stem-cuttings; TP – truncated plants*

Nagu mugulatest kasvatamisel, nii ka meristeemtaimedest avamaal mugulate kasvatamisel on kartulitaimedel ühesugused kasvu pärssivad tegurid, aga ka teatud erisused. Veepuudus on üks peamisi kartuli saaki ja saagi kvaliteeti pärssivaid faktoreid. Teiste kultuuridega võrreldes on kartul oma suhteliselt pinnapealse juurekava tõttu veepuuduse suhtes väga tundlik (Iwama, 2008; Hassanpanah, 2010). Veevajadus on suurim mugulate moodustumise ajal juulis ja augustis, mil esineb positiivne korrelatsioon saagi ja õitsemisest saagi koris-

tamiseni mõõdetud sademete summa vahel (Saue, 2011). Siinkohal esineb teatud erisus vee vajaduse osas meristeemtaimedest ja mugulatest kasvatamise vahel. Kui mugulast kasvatamisel on taimede kasvu algstaadiumis mugulast kasvatatud kartulitaimed kuiva suhtes suhteliselt vähe tundlikud, toeks emamugulast ammutatav niiskus, siis meristeemtaimedel see puudub, mistõttu nende edasine kasvamine ja areng on suuresti sõltuv juurdumisetapis mullast ja õhust kättesaadavast niiskusest. Teine niiskuse vajaduse kõrgpunkt on sama kui mugulast kasvatatud taimedel, s.o mugulate moodustumise periood. Veepuudus pärsib tugevalt taimede kasvu, varte kõrgust, lehtede arvu, lehtede pindala, pinnakatvust, päikesekiirguse neeldumist lehestikus, mugulate arvu ja saaki (Frensch, 1997; Walforth & Carling, 2002; Vos *et al.,* 2007). Kõrge temperatuur limiteerib kartuli saaki vähemalt kahel moel: esiteks pärsib see taimede toitumist ja ainevahetust, teiseks vähendab fotosünteesi intensiivsust (Jefferies, & Lawson, 1991).

Mugulate saak lõppkoristusel kujunes erinevaks nii paljundusmeetodite kui aastate lõikes (tabelid 2 ja 3). Kõigil katseaastatel saadi väikseim mugulate lõppsaak katseklaasi (*in vitro* mikropistikud) paljundusmeetodi kasutamisel. Teiste paljundusmeetoditega võrreldes oli KK paljundusmeetodi korral väiksem nii LPI kui ühe mugula keskmine mass. Paljundusmeetodite ja sortide keskmisena saadi aastate arvestuses ootuspäraselt suurim saak kasvuks kõige sobivamal, 2007. aastal (Särekanno *et al.,* 2010c).

Üks seemnekasvatuse võtmeprobleeme on võimalikult suure arvu sobiva suurusega seemnemugulate kasvatamine. Aeg, mil seemneks sobivaima suurusega mugulate fraktsiooni (Ø 30–60 mm) osakaal mugulate massist oli suurim, varieerus paljundusmeetodite ja katseaastate lõikes (tabel 4). EVIKA tehnoloogia kilerullis paljundatud taimedest avamaal seemnemugulate kasvatamise tulemuste põhjal saame väita, et tipu- ja varrepistikutega paljundatud, samuti pealt korra lõigatud taimedest kasvanud mugulad saavutavad seemneks sobiliku suuruse (Ø 30–60 mm) kaks kuni kolm nädalat varem kui katseklaasi (*in vitro* mikropistikud) paljundusmeetodi korral. Tipu- ja varrepistikute ning pealt korra lõigatud taimede paljundusmeetodite korral moodustub taimedel arvuliselt vähem mugulaid, mistõttu konkurents toitainete jagunemise osas on tõenäoliselt väiksem kui rohkemate mugulate vahel ja mugulad kasvavad jõudsamalt. Ühelt poolt annavad tipu- ja varrepistikutest ning pealt korra lõigatud taimedest kasvatatud taimed küll arvuliselt vähem seemnemugulaid, teiselt poolt aga võimaldab varasem koristamise võimalus vähendada ohtu mugulate nakatumiseks. Erinevate paljundusmeetodite kooskasutus loob nii vajaduse (vältimaks mugulate liiga suureks kasvamist), aga ühtlasi ka eelise koristusaja planeerimiseks pikemale perioodile. Optimaalse koristusaja valikul tuleb kindlasti silmas pidada konkreetse aasta ilmastikuolusid.

Ka kirjanduse andmed toetavad seisukohta, et mugulate fraktsioonilisus on otseselt sõltuvuses kasvufaktoritest (Struik, 2007). Tihedama varte arvu korral pinnaühiku kohta, mil konkurents ressursside pärast on varte vahel suur, moodustub enam väiksemaid mugulaid kui siis, kui varte arv pinnaühiku kohta on väiksem. Suurem varte tihedus suurendab saaki teatud tasemeni, mis realiseerub suuremas hulgas väiksemates mugulates (Wiersema 1989; Kotkas & Särekanno, 1996; 2000; Särekanno *et al*., 2010c*).*

Tabel 4. Mugulate fraktsiooniline jagunemine (%), kahe sordi keskmisena, ajal kui Ø 30–60 mm mugulate osakaal saagis oli maksimaalne

Table 4. *Arrival of maximum percentage of Ø 30–60 mm tubers and the distribution of tubers (%) by this term, averaged data over two varieties*

Aasta/ *Year*	PPI/ *DAP*	Temperatuuride summa / *Sum of temperature*	Ø < 30 mm (%)	Ø 30–60 mm (%)	Ø > 60 mm (%)
In vitro mikropistikud / *In vitro microcuttings*					
2005	91	1850	20.0	71.9	9.9
2006	99	1920	29.3	61.4	9.3
2007	87	1670	24.7	73.3	2.0
Tipupistikud / *Tip cuttings*					
2005	65	1515	8.3	38.5	53.1
2006	99	1920	9.6	49.1	41.4
2007	77	1565	3.1	54.6	42.3
Varrepistikud / *Stem cuttings*					
2005	79	1720	13.6	34.8	51.6
2006	99	1920	15.9	33.9	50.,2
2007	85	1645	10.1	54.3	356
Pealt korra lõigatud taimed / *Truncated plants*					
2005	79	1720	15.0	60.1	24.9
2006	99	1920	14.3	55.1	30.6
2007	77	1565	10.6	58.7	30.7

PPI – päevade arv pärast istutamist. / *DAP – days after planting.*

Tabelid 5, 6 ja 7 annavad ülevaate erinevate produktiivsuse näitajate sõltuvusest, paljundusmeetodist, aastast ja sordist kogu kasvuperioodi kohta (Särekanno et al., 2010a; 2010b; 2010c; 2012).

Tabel 5. Produktiivsuse näitajate sõltuvus paljundusmeetodist, arvutatuna *in vitro* paljundusmeetodi suhtes kolme aasta ja kahe sordi keskmisena
Table 5. *Differences among multiplication methods in terms of productivity indicators determined relatively to the MP method over three experimental years and for two varieties*

Produktiivsuse näitaja / *Productivity indicator*	Paljundusmeetod / Multiplication method			
	KK/ *MP*	TP/ *TC*	VP/ *SC*	PKL/ *TP*
Lehepinnaindeks / *Leaf area index*	1.00a	1.28b	1.25b	1.45c
Mugulate arv taime kohta (tk) / *Number of tuber per plant*	1.00a	0.58b	0.57b	0.79c
Ühe mugula keskmine mass (g) / *Average tuber fresh mass*	1.00a	2.36b	2.05c	1.75d
Ø 30 mm	1.00a	0.62b	0.61b	0.82c
Ø 30–60 mm	1.00a	0.82b	0.72b	0.99a
Ø > 60mm	1.00a	1.34bc	1.29b	1.50c
Kogu taime mugulate mass (g m^{-2}) / *Total tuber fresh mass*	1.00a	1.33b	1.15c	1.32b
Kogu taime kuivainemass (g m^{-2}) / *Total plant dry mass*	1.00a	1.30c	1.18b	1.29c
Mugula kuivainemass (g m^{-2}) / *Tuber dry mass*	1.00a	1.29c	1.12b	1.28c

Statistiliselt olulised erinevused ($p<0.05$) paljundusmeetodite vahel on märgitud erinevate tähtedega. / *Different letters indicate significant differences ($p < 0.05$) between multiplication methods.*

Tabel 6. Produktiivsuse näitajate sõltuvus aastast, arvutatuna *in vitro* paljundusmeetodi suhtes nelja paljundusmeetodi ja kahe sordi keskmisena
Table 6. *Differences between years in terms of productivity indicators determined relative to the MP method for all multiplication methods and two varieties*

Produktiivsuse näitaja / *Productivity indicator*	Aasta/Year		
	2005	2006	2007
Lehepinnaindeks / *Leaf area index*	1.22a	1.50b	1.03c
Mugulate arv taime kohta (tk) / *Number of tuber per plant*	0.65a	0.89b	0.71a
Ühe mugula keskmine mass (g) / *Average tuber fresh mass*	1.69.a	1.73a	2.05b
Ø 30 mm	0.68a	0.87b	0.80b
Ø 30–60 mm	0.96a	1.23b	0.71c
Ø > 60mm	1.23a	1.21a	1.44b
Kogu taime mugulate mass (g m^{-2}) / *Total tuber fresh mass*	1.25a	1.30a	1.01b
Kogu taime kuivainemass (g m^{-2}) / *Total plant dry mass*	1.21b	1.41c	0.95a
Mugula kuivainemass (g m^{-2}) / *Tuber dry mass*	1.23b	1.27b	0.95a

Statistiliselt olulised erinevused ($p < 0.05$) aastate vahel on märgitud erinevate tähtedega. / *Different letters indicate significant differences ($p < 0.05$) between years.*

Tabel 7. Produktiivsuse näitajate sõltuvus sordist arvutatuna *in vitro* paljundusmeetodi suhtes nelja paljundusmeetodi ja kahe sordi keskmisena
Table 7. *Differences between varieties in terms of productivity indicators determined relative to the MP method for four multiplication methods over three experimental years*

Produktiivsuse näitaja / *Productivity indicator*	Sort/Variety	
	'Ants'	'Vigri'
Lehepinnaindeks / *Leaf area index*	1.29a	1.23b
Mugulate ar taime kohta (tk) / *Number of tuber per plant*	0.72a	0.77b
Ühe mugula keskmine mass (g) / *Average tuber fresh mass*	1.93a	1.68b
Ø 30 mm	0.80a	0.78a
Ø 30–60 mm	0.88a	0.90a
Ø > 60mm	1.28a	1.36a
Kogu taime mugulate mass (g m^{-2}) / *Total tuber fresh mass*	1.18a	1.22a
Kogu taime kuivainemass (g m^{-2}) / *Total plant dry mass*	1.18a	1.19a
Mugula kuivainemass (g m^{-2}) / *Tuber dry mass*	1.14a	1.21a

Statistiliselt olulised erinevused ($p < 0.05$) sortide vahel on märgitud erinevate tähtedega. / *Different letters indicate significant differences ($p < 0.05$) between varieties.*

Järeldused

Kokkuvõtvalt võib antud katsete põhjal väita, et erinevalt paljundatud kartuli meristeemtaimede kõik uuritud produktiivsuse näitajad (lehepinna indeks, mugulate arv, ühe mugula keskmine ja kogu taime mugulate toormass, mugulate fraktsioonilisus, kogu taime ja selle mugulate kuivainemass) olid avamaal kasvatamisel mõjutatud kasutatud paljundusmeetodist ja katseaastast (tabelid 5, 6).

Sordi oluline mõju ilmnes lehepinna indeksi, mugulate arvu ja mugula keskmise massi arvestuses. Antud katse tingimustes ei olnud sordi mõju oluline mugulate toormassi, kogu taime ja mugulate kuivainemassi arvestuses (tabel 7).

Ilmnes, et katseklaasis *in vitro* mikropistikutega paljundatud taimedel oli väiksem LPI, arvuliselt moodustus küll taime kohta rohkem mugulaid, aga need olid väiksema keskmise massiga. Mugulate suurem arv ei kompenseerinud mugula suhteliselt väiksemat keskmist massi, mistõttu mugulate toormass, kogu taime ja mugula kuivainemass jäid katseklaasitaimedel võrreldes teiste paljundusmeetoditega väiksemaks.

EVIKA tehnoloogia järgi kilerullis paljundatud taimedest avamaal seemnemugulate kasvatamise tulemuste

põhjal saab väita, et tipu- ja varrepistikutega paljundatud ning pealt korra lõigatud taimedest kasvanud mugulad saavutavad seemneks sobiliku suuruse (Ø 30–60 mm) kaks kuni kolm nädalat varem kui *in vitro* paljundusmeetodi korral. EVIKA paljundusmeetodite korral moodustub taimedel arvuliselt vähem mugulaid, kuid mugulad kasvavad jõudsamalt. Varasem mugulate koristamise võimalus vähendab ohtu mugulate taasnakatumiseks. Et mugulad liiga suureks ei kasvaks, tuleb optimaalne koristusaeg valida konkreetse aasta ilmastikku ja taimede arengut silmas pidades.

Katseklaasis *in vitro* mikropistikutega paljundusmeetodi kasutamine eeldab spetsiaalsete steriilsete laboratoorsete tingimuste, vastava aparatuuri ja kemikaalide olemasolu, mis muudab selle meetodi kasutamise töö- ja energiamahukaks ning keeruliseks.

Kilerullis tipu- ja varrepistikutega ning pealt korra lõigatud taimedega paljundamine on tunduvalt lihtsam, odavam, laialt kasutatavam ja loodushoidlikum kui *in vitro* paljundamine. Ka taimede paljunduskoefitsient kilerullis paljundamisel on suurem, kuna kilerullis kasvanud taimi saab pealt mitu korda lõigata.

Katsetulemused sõltusid suures osas konkreetse aasta kasvutingimustest. Käesolevas katses oli taimede kasvuks kolmest aastast sobivaim, 2007. kasvuaasta. Selle aasta vegetatsiooniperioodil jagus taimede kasvuks piisavalt soojust, niiskust ja päikesekiirgust.

Uurimisöö kinnitas, et nii EVIKA-s välja töötatud (tipu- ja varrepistikud, pealt korra lõigatud ja nendest uuesti kasvanud taimed) kui ka maailmas enam kasutamist leidnud töömahukam ja kulukam *in vitro* paljundusmeetod, sobivad tervendatud kartuli seemnekasvatuse algmaterjali kiireks ja massiliseks paljundamiseks.

Tänuavaldus

Uurimistöö tehti Eesti Teadusfondi (grandid nr 6132 ja 6092) ning Teadus- ja Haridusministeeriumi finantseeritud sihtfinantseerimise projekti nr SF0442528s03 toetusel.

Kirjandus

Allen, E.J., Scott, R.K. 1980. An analysis of growth of the potato crop. – Journal of Agricultural Science, 94, pp. 583–606.

Allen, E.J., O'Brein, P.J., Firman, D. 1992. The physiology of growth and tuber yield. In: Harris, P.M. (Ed.). The Potato Crop. 2nd edition, Chapman & Hall, London, pp. 153–188.

Boyd, N.S., Gordon, R., Martin, R.C. 2002. Relationship between leaf area index and ground cover in potato under different management conditions. – Potato Research, 45 (2–4), pp. 117–129.

Eremeev, V. 2007. The influence of thermal shock and presprouting of seed potatoes on formation of some yield structure elements. PhD thesis. Tartu, Estonia, 126 p.

Eremeev, V., Lõhmus, A., Lääniste, P., Jõudu, J., Talgre, L., Lauringson, E. 2008. Influence of seed potato pre-planting treatments on leaf area and tuber yield formation. - Acta Agriculturæ Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science, 48, pp. 35–42.

Frensch, J. 1997. Primary response of root and leaf elongation to water deficits in the atmosphere and soil solution. – Experimental Botany, 48, pp. 985–999.

Gordon, R., Brown, D.M., Dixon, M.A. 1994. Non-destructive estimation of potato leaf area index using a fish-eye radiometer. – Potato Research, 37 (4), pp. 393–402.

Hassanpanah, D. (2010). Evaluation of potato cultivars for resistance against water deficit stress under in vivo conditions. – Potato Research, 53, pp. 383–392.

Iwama, K. 2008. Physiology of the potato: New insights into root system and repercussions for crop management. – Potato Research, 51 (3–4), pp. 333–353.

Jefferies, R.A., Lawson, H.M. 1991. A key for the stages of development of potato (*Solanum tuberosum*). Annals of Applied Biology, 119, pp. 387–399.

Khurana, S.C., McLaren, J.S. 1982. The influence of leaf area, light interception and season on potato growth and yield. Annals of Applied Biology, 122, pp. 105–112.

Kotkas, K. 2003. Influence of culture medium composition and preservation conditions on *in vitro* preservation of potato varieties by means of meristem plants and on subsequent influence in field. *PhD thesis.* Tartu, Estonia, 108 p.

Kotkas, K., Särekanno, M. 1996. An effective and environmentally safe potato multiplication technology created in Research Centre EVIKA. Abstracts of 13th Triennial Conference of EAPR. Veldhoven, The Netherlands, pp. 198–199.

Kotkas, K., Särekanno, M. 2000. The influence of plant propagation method and planting density on the productivity of potato meristem plants. Transactions of the Estonian Academic Agricultural Society 11. Tartu, Estonia, pp. 25–29.

Lommen, W.J.M., Struik, P.C. 1992. Production of potato minitubers by repeated harvesting: effect of crop husbandry on yield parameters. – Potato Research, 35 (3–4), pp. 419–432.

Lorh, A.G. 1960. O kartofele. Potato growing. Moskva, Russia, 58 (vene keeles)

Mäetalu, H.I., Tammets, T.H. 1984. Cpecifičnost' parametrov fotosintetičeskoj dejatel'nosti u sortov kartofelja v različnyh agrotehnieskih uslovijah. Varietal specificity of photosynthetic potato activity in various yield conditions. – Sel'skohozjajstvennaja biologija (Agricultural Biology) 10, 27–31. (vene keles)

Ničiporovič, A.A. 1963. O putjah povyšenija produktivnosti fotosinteza rastenij b posevax. (About alternatives for increasing plants photosynthetic productivity in the crops). In: Fotosintez i voprosy produktivnocti rastenij. (Photosynthesis and issues of plant productivity. Editorial of AN SSSR, Moscow, 5–36. (vene keeles)

O'Brien, P.J., Firman, D.M., Allen, E.J. (1998). Effects of shading and seed tuber spacing on initiation and number of tubers in potato crops (*Solanum tuberosum*). – The Journal of Agricultural Science, 130, p. 431–449.

Osborne, T.M., Slingo, J.M., Lawrence, D.M., Wheeler, T.R. 2009. Examining the interaction of growing crops with local climate using a couple crop-climate model. – Journal of Climate 22 (6), pp. 1393–1411.

Rosenberg, V., Kotkas, K. 1986. Sposob razmnozenija posadosnovo materiala kartofelja v kulture tkani. SU Autoritunnistus nr. 15013118. (vene keeles)

Rosenberg, V., Kiisk, J., Kotkas, K., Sarnet, V. 1988. Sposob posadki rastenii-regenerantov kartofelja. SU Autoritunnistus nr. 1678255. (vene keeles)

Rosenberg, V., Kotkas, K., Särekanno, M. 2003. Kartuli meristeemtaimede kilerullis paljundamise juhend. EVIKA, Saku, Estonia, 2.

Rosenberg, V., Kotkas, K., Särekanno, M. 2004. Kartuli meristeemtaimede avamaal kasvatamise juhend. EVIKA, Saku, Estonia, 2.

Rosenberg, V., Kotkas, K., Särekanno, M. 2005. The number of tubers per plant and tuber's weight formation dynamics of potato meristem plants. Transactions of the Estonian Agricultural University, 220. Tartu, Estonia. 72–74.

Saue, T. 2011. Simulated potato crop yield as an indicator of climate variability in Estonia. *PhD thesis.* Tartu University press, Estonia*,* 178.

Scott, R.K., Wilcockson, S.J. 1978. Application of physiological and agronomic principles to the development of the potato industry. In: Harris, P.M. (Ed.), The Potato Crop: The Scientific Basis for Improvement. Chapman & Hall, London. pp. 678–704.

Struik, P.C., Lommen, W.J.M. 1999. Improving the field performance of micro- and minitubers. – Potato Research, 42 (3–4), pp. 559–568.

Struik, P.C., Wiersema, S.G. 1999. Seed potato technology. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands, 383 p.

Struik, P.C. 2007. Above-ground and below-ground plant development. In: Vreugdenhill, D., Bradshaw, J., (Eds.). Potato Biology and Biotechnology. Advances and Perspectives. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 219–236.

Särekanno, M., Kadaja, J., Kotkas, K., Rosenberg, V., Vasar, V., Ojarand, A., Eremeev, V. 2010a. Dependence of leaf area index on different multiplication methods of potato meristem plants grown under field conditions. – Acta Agriculturæ Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science, 60, pp. 1–9.

Särekanno, M., Kadaja, J., Kotkas, K., Rosenberg, V., Vasar, V., Saue, T., Eremeev, V. 2010b. Potato seed from meristem plants using EVIKA multiplication methods. – Acta Agriculturæ Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science, 60, pp. 101–109.

Särekanno, M., Kadaja, J., Kotkas, K., Rosenberg, V., Vasar, V., Saue, T., Eremeev, V. (2010c). Yield potential and tuber-size distribution using EVIKA multiplication methods. - Acta Agriculturæ Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science, 60, pp. 297–306.

Särekanno, M., Kadaja, J., Kotkas, K., Rosenberg, V., Eremeev, V. 2012. Development of field grown potato plants derived from meristem plants multiplied with different methods. – Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Section B – Soil & Plant Science. (avaldamisel)

Tadesse, M., Lommen, W.J.M., Struik, P.C. 2001. Effects of temperature pre-treatment of transplants from in vitro produced potato plantlets on transplant growth and yield in the field. – Potato Research, 44(2), pp. 173–185.

Tooming, H.G., Mäetalu, H.I., Kyjva, P.H., Tammets, T.H. Raig, H.G. 1978. Programmirovanie maksimal'nyh urozhaev kartofelja. (Programming of maximum potato yield.) Vestnik sel'skohozjajstvennyh nauk (Reports of Agricultural Sciences), 2 (257), 110–117. (vene keeles)

Van Oijen, M. 1991. Light use efficiencies of potato cultivars with late blight (*Phytophthora infestans*). – Potato Research, 34(2), pp. 123–132.

Vos, J., Haverkort, A.J. 2007. Water availability and potato crop performance. In: Vreugdenhill, D., Bradshaw, J., Gebhardt, C., Govers, F., Taylor, M., MacKerron, D., Ross, H. (Eds.). Potato Biology and Biotechnology. Advances and Perspectives. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 333–348.

Walworth, L.J, Carling, D.E. 2002. Tuber initiation and development in irrigated and non-irrigated potatoes. – American Journal of Potato Research*,* 79 (6), pp. 387–395.

Wiersema, S.G. 1989. Comparative performance of three small seed tuber sizes and standard size seed tuber planted at similar plant densities. - Potato Research, 32 (1), 81–89.

Analysis of productivity indicators of field- grown potato meristem plants multiplied by different methods

M. Särekanno, K. Kotkas, V. Rosenberg, J. Kadaja

Summary

From 2005 to 2007, tests were carried out in the Department of Plant Biotechnology EVIKA of Estonian Research Institute of Agriculture to study productivity indicators of plants multiplied by different methods on the basis of results of canopy dynamics and the tuber yield accumulation of meristem potato plants cultivated in the field. Technology for the propagation of first-generation seed tubers includes propagation of plantlets *in vitro*, greenhouse propagation in plastic rolls, and growing of meristem plants in the field. The present study was necessary as up-to-date data on the dynamics of LAI formation and tuber yield of field-grown potato meristem plants propagated *in vitro* and in plastic rolls were not available. The medium late maturing variety Ants and late maturing variety Vigri (both bred at the Jõgeva Plant Breeding Institute in Estonia) were used in the experiments. Four different multiplication methods were used. 1. *In vitro* microplants (MP). Potato plants were multiplied in test tubes on artificial media with micro-cuttings 2. Tip cuttings (TC) in plastic rolls. Microplants were transplanted to plastic rolls filled with peat substrate, followed by a growing period of 2–3 weeks under greenhouse conditions. After that tip cuttings (1.5–2.0 cm, the uppermost tip-cut leaves) were made with simple scissors, and then the cuttings were planted in plastic rolls filled with peat substrate. 3. Stem cuttings (SC) in plastic rolls. SC (1.5–2.0 cm, single-leaf stem cuttings) were cut from the same plants from which the TC had been obtained (Method 2), and then the cuttings were planted in plastic rolls filled with peat substrate. 4. Truncated plants (TP) grown in plastic rolls. The same plants, from which tip- and stem cuttings were taken, were left to grow in plastic rolls filled with peat for another two weeks. During that time, new vines developed from the axial bud. Pre-growing of plants in plastic rolls, acclimatisation, transplanting to the field, and nursing of the plants was carried out according to EVIKA guidelines for cultivation of first-generation seed tubers in the field. 1200 plants were transplanted to the field and planted by hand with a density of 7.1 plants m^{-2} and with a spacing of 70 × 20 cm. The dynamics of potato shoot and tuber growth was measured 12–14 times during the vegetation period.

From our experiments, it can be concluded that specific productivity indicators of field-grown potato meristem plants dependent on the particular multiplication method, as well as on the experimental year. Variety was observed to have a smaller effect on the specific productivity indicators. The productivity indicators of plants multiplied by TC, SC, and TP methods are comparable to those of plants multiplied by the MP method. Furthermore, plants multiplied in plastic rolls by TC, SC, and TP methods, achieve a seed potential similar to plants multiplied by the MP method; however, attentive differentiation is required during harvest time. All described multiplication methods proved to be suitable for seed production.