

Viljelyn kalmojuuren (*Acorus calamus*) ja mustuvapajun (*Salix myrsinifolia*) sadot suonpohjalla

The crops of the cultivated Common Sweet Flag (*Acorus calamus*) and Dark Leaved Willow (*Salix myrsinifolia*) on peat

Bertalan Galambosi & Kirsi Jokela

Bertalan Galambosi, Kirsi Jokela, Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Karilantie 2A, 50600 Mikkeli, email: bertalan.galambosi@mtt.fi

Turvetuotannosta vapautuneella suonpohjalla tehtiin vuosina 2000–2004 kalmojuuren (*Acorus calamus* L.) ja mustuvapajun (*Salix myrsinifolia* Salisb) viljelykokeita. Kalmojuurta ja mustuvapajua viljeltiin Juvan Pakinsuolla (61° 50' N/27° 52' E) ja Mikkelin Kovalansuolla (61° 46' N/27° 18' E). Lisäksi pajua viljeltiin kivennäismaalla MTT:n Mikkelin Karilan tutkimusasemalla (61°44' N/ 27°18' E). Suonpohjapeltojen happamuus oli 4,3 ja 4,8; kokeet perustettiin joko lannoittamattomille ja kalkitsemattomille tai lannoitetuille ruuduille. Lannoitetuissa ruuduissa käytettiin 15000 kg ha⁻¹ kalkkia ja NPK -lannoitusta 75-90-300 kg ha⁻¹. Kolmen kalmojuurikannan taimia istutettiin 80 cm × 40 cm:n etäisyydelle ja viiden mustuvapajukannan juurrutettuja varsipistokkaita istutettiin 60 cm × 50 cm:n välein. Kalmojuuren juurisato mitattiin toisen ja kolmannen kasvukauden lopussa ja sadosta tutkittiin sekä juuriöljyn määrää että koostumusta. Pajukantojen yksivuotisten versojen sato mitattiin joka vuosi elokuussa ja määritettiin salisiin kokonaispitoisuus. Kalmojuuren tuore- ja kuivajuurisato oli kolmannen kasvukauden jälkeen 6,2 ja 1,7 kg m⁻². Kuivan juurisadon öljypitoisuus oli suurin kolmannen vuoden lokakuussa 1,5 %. Öljyn β-asaronin pitoisuus eurooppalaisten triploidikantojen öljyssä oli 11–12 %, kun vastaava määrä pohjoisamerikkalaisen diploidikannan öljyssä oli β-asaronia vain 1.8 %. Lannoitetun mustuvapajun yksivuotisten versojen tuore sato oli toisena ja kolmantena vuonna 6,4 ja 10,4 kg m⁻². Salisiin kokonaispitoisuus oli korkein pajun Si-4 kannassa (4,4 %), ja suurimmat pitoisuudet mitattiin elokuun alussa. Suopelloilta ja kivennäismailta saatiin määrältään ja laadultaan samanlaiset sadot. Viljelykoetuloksien mukaan kalmojuurta ja mustuvapajua voidaan viljellä suonpohjalla. Sadonkorjuun toteuttaminen on kuitenkin eräs merkittävä viljelyn pullonkaula. Lisää tutkimusta tarvittaisiinkin laajemmassa tuotantomittakaavassa mm. koneellisen sadonkorjuun edellytysten selvittämiseksi.

Avainsanat: kalmojuuren juurisato, mustuvapajun versosato, salisiini, β-asaron

Johdanto

Tausta

Suomessa vapautuu vuosittain polttoturvetuotannosta pinta-alaltaan merkittäviä alueita, joiden jälkikäytölle etsitään erilaisia vaihtoehtoja kuten viljelykäyttöä (Selin 1998). Suonpohjapellot poikkeavat tavallisista pelloista happamuuden, kylmyyden ja kosteuden osalta ja tämä rajoittaa niillä viljeltäväksi sopivien lajien valikoimaa. Kansainväliset ympäristöjärjestöt ovat olleet huolissaan siitä, että luonnossa kasvavat rohdoskasvit harvinaistuvat ja ovat uhanalaistuneet kontrollottoman ylikeraun seurauksena useissa Euroopan maissa. Vaarantuneiden kasvien listalla on muutamia kosteikkoympäristössä kasvavia lajeja, mm. pyöreälehtinen kihokki (*Drosera rotundifolia*), raate (*Menyanthes trifoliata*) ja kalmojuuri (*Acorus calamus*). Kansainvälisillä rohdoskasvimarkkinoilla on näistä kasveista jatkuva kysyntä ja niiden viljelymahdollisuudet ovat herättäneet kiinnostusta. Haluttuja kasveja ovat myös mm. pajut (*Salix sp.*) ja paatsama (*Rhamnus frangula*), joita voidaan myös viljellä turvemaalla.

Kalmojuuri

Kalmojuuri on monivuotinen kasvi, jonka lehdet ovat miekkamaiset, niiden pituus on 80–150 cm ja leveys 1–2 cm. Juurakko on pitkä, suikertava, haaroittunut ja tuoksuu mausteiselta/sitrukselta. Kalmojuuri tuotiin tataarien välityksellä Aasiasta Eurooppaan 1200–1500-lukujen välillä ja se on levinnyt eri puolille maanosaa lämpimähköille ja lauhkeille alueille. Tataarit käyttivät sitä juomaveden pudistamiseen. Suomessa kalmojuuri kasvaa melko harvinaisena Lounais-Suomessa järvien, jokien ja lammikoitten savipitoisilla rannoilla matalassa vedessä (Hämet-Ahti ym. 1998).

Rohdokseksi käytetään kalmojuuren juurakkoa, joka sisältää haihtuvia öljyjä. Haihtuvan öljyn pitoisuus vaihtelee 2,1 % ja 6,82 % välillä ja öljyn pääkomponentteina ovat cis-isoasaroni, α - ja β -asaronit ja isoeugenoli; lisäksi se sisältää karvas- ja parkkiaineita (Röst 1979). Kasvia on käytetty ruoansulatusvaikeuksiin, koska se lisää syljen sekä maha- ja suolinesteiden erittymistä. Sillä on myös maustettu liköörejä ym. alkoholijuomia. Ulkoisesti kasvia on käytetty ihovaivojen

hoitoon. Elias Lönnrot kirjoitti Suomen kasvi-ossa: ”Juurta kiitetään vatsaa vahvistavaksi ja terveelliseksi pitää tarttuvaisten tautien aikana, taidetaan myös ulkomaan ryytien asemasta käyttää ruokiin. Lehtiä ei syö yksikään eläin.” (Lönnrot, 1860). Kalmojuuriöljyn karsinogeenisen β -asaroni -komponentin takia kasvin käyttöä ihmisille on rajoitettu ja Suomessa kasvi kuuluu lääkeluetteloon.

Kalmojuuren biologiset vaikutukset ovat monipuolisia. Sen sisältämien yhdisteiden käytömahdollisuuksia on todettu seuraavilla alueilla (Galambosi & Jokela 2002):

- öljynä varastotuholaisten torjuntaan esim. viljalla, riisillä ja perunalla
- tuhohyönteisten karkottamiseen riisin, maissin, puuvillan, banaanin ja perunan viljelyssä
- uutteenä sienitautien torjuntaan esim. riisillä, puuvillalla ja mangohedelmällä
- erilaisina valmisteina ulkoloisten torjuntaan kotieläimillä (koirat, karja, vuohet)
- öljyä itämisen estoaineena

Kosteiden alueiden vähenemisen ja keruun seurauksena kalmojuuripopulaatiot ovat harvinaistuneet. Keski-Euroopassa kasvi on joutunut uhanalaisten kasvien listalle (Lange 1998) ja sen viljelykokeita on aloitettu eri puolilla Eurooppaa (Menghini ym. 1998, Rode 2001, Strelec 1993).

Suomessa kalmojuuren hyödyntäminen on tällä hetkellä melko vähäistä, mutta juurista tislattavan haihtuvan öljyn biologisten vaikutusten takia sillä on tiettyä potentiaalia.

Mustuvapaju

Pajunkuorilla on lääketieteen historiassa suuri merkitys. Vuonna 1827 ranskalainen kemisti Leroux valmisti ensimmäisen kerran kipuja lievittävää salisiinia joka myöhemmin johti aspiriinin kehittämiseen.

Pajunkuori (*Salix cortex*) on monessa farmakopeiassa virallinen rohdos. Se sisältää 5–7 % erilaisia salisyylihapon ja alkoholin glykosideja ja estereitä. Vaikutuksiltaan salisyylihappo on tulehduksia estävä ja sitä käytetään kuumesairauksien, reumaattisten vaivojen ja päänsäryn hoitoon. Rohdokseksi kelpaavat useiden eri pajulajien kuoret, mm. valkopajun (*Salix alba*),

härmäpajun (*Salix daphnoides* Vill.), punapajun (*S. purpurea* L.) ja piilipajun (*S. fragilis* L.) (Hiltunen- Holm, 2000).

Pajunkuoresta valmistetaan erilaisia tuotteita, kuten teetä, tabletteja, nestemäisiä tuotteita ja kapseleita. Saksan rohdosmarkkinoilla on myynnissä yli 30 valmistetta, jotka tehdään pajunkuoresta ja asiantuntijoiden arvion mukaan Saksan rohdosteollisuus käyttää vuosittain 1060–2860 tonnia pajunkuorta. Viime vuosikymmenen asti pajunkuori saatiin koriteollisuuden sivutuotteena, kun pajunversot kuorittiin käsin. Pajunkuori oli peräisin Euroopan köyhimmistä maista, kuten Romaniasta, Albaniasta, Bulgariasta ja Unkarista, koska sen tuotanto vaati runsaasti käsityötä. Näistä maista tulevien raaka-aineiden salisyypitoisuus vaihteli 1,5–8 % välillä.

Nykyisin uuden, koneellisen teknologian myötä pajunkuorta keitetään, jotta kuori saadaan helpommin irti, mutta tällä menetelmällä vaikuttava aine tuhoutuu. Tästä syystä vuodesta 1997 alkaen kiinnostus pajun viljelyä kohtaan on noussut ja EHGA:n tilastojen mukaan vuonna 2004 pajulajeja viljeltiin Euroopassa 58 ha, enimmäkseen Saksassa (EHGA 2004).

Saksalaisen Rohdoskasvimonografian mukaan pajun viljelyn yksi tärkeä edellytys on se, että pelkän pajunkuoren sijasta voidaan käyttää yksivuotisia kokonaisia versoja, joiden tulee sisältää vähintään 1 % salisiinia. (ESCOP 1997). Tämä muutos mahdollistaa yksivuotisten versojen koneellisen korjuun ja jatkojalostuksen energia-pajuteknologiaa hyväksikäyttäen.

Suomessa kasvavien *Salix*-lajien fytokeemiallisista ominaisuuksista on suoritettu laajoja tutkimuksia Joensuun yliopistossa, ja tiedetään, että mustuvapaju (*Salix myrsinifolia*) sisältää muita lajeja enemmän salisyylihappoja (Julkunen-Tiitto 1989). Mustuvapajun uuttamista lääketieteellisuuden raaka-ainetarpeisiin (Julkunen-Tiitto & Meyer 1992) sekä jalostettujen kantojen viljelyä kivennäismaalla on myös tutkittu (Heiska ym. 2004).

Suonpohjan uusiokäytön mahdollisuuksia etsittäessä otettiin viljelykokeisiin myös mustuvapaju, koska sen biologisia ja farmakologisia ominaisuuksia on tutkittu laajasti Suomessa ja pajun viljelylle täällä on hyvät edellytykset (Honkanen 1994). Pajua viljellään Suomessa mm. bioenergiatuotantoon.

Vuosina 2000–2004 suoritettuun tutkimushankkeeseen valittiin sellaisia rohdoskasveja, joiden alkuperäiset kasvuolosuhteet vastaavat suoympäristöä (Jokela & Galambosi 2004).

Tässä kirjoituksessa esitellään kalmajuuren ja mustuvapajun suopelloilla suoritettujen viljelykokeiden tuloksia. Kalmajuuren viljelykokeiden tarkoituksena oli saada tietoa juurisadon ja haihtuvan öljyn määrästä ja koostumuksesta sekä kasvin viljelymahdollisuudesta suonpohjalla. Mustuvapajun viljelykokeilla selvitettiin pajun yksi- ja kaksivuotisten versojen määrää ja kokonaissatoa, vertailtiin sadon määriä turve- ja kivennäismaa-alustoilla sekä tutkittiin versojen salisiinipitoisuutta.

Aineisto ja menetelmät

Viljelykokeet

Viljelykokeet perustettiin kolmelle koealueelle. Kalmajuurta ja mustuvapajua viljeltiin turvetuotannosta vapautuneella suonpohjalla v. 2000–2004 Juvan Pakinsuolla (61° 50' N/27° 52' E) ja v. 2001–2003 Mikkelin Kovalansuolla (61° 46' N/27° 18' E). Lisäksi perustettiin pajunviljelykoe kivennäismaalle MTT:n Mikkelin Karilan koeasemalle (61°44' N/ 27°18' E).

Juvan Pakinsuolla viljelylohkon pohja oli suurimmaksi osaksi savea, hiesua ja hietaa vuorokerroksina. Ennen viljelytoiminnan alkua kaistan molemmilla puolilla oli ojasta kaivettua savea. Kaistaa ympäröivissä ojissa oli koko kesän ajan vettä, jonka korkeus vaihteli merkittävästi. Koealueen ruutujen koko oli 24 m² ja kasvit istutettiin 50 × 60 cm etäisyyksin kahteen riviin. Kasvualustan happamuus oli 4,3, johtoluku 3,7 ja viljavuustutkimusten mukaan Ca-, P-, K- ja Mg-pitoisuudet olivat 585 mg l⁻¹, 1,9 mg l⁻¹, 50,2 mg l⁻¹ ja 120 mg l⁻¹. Kasvit istutettiin lannoitetuille ja kalkituille sekä lannoittamattomille ja kalkitsemattomille ruuduille. Lannoitemäärä oli NPK = 75–90–300 kg ha⁻¹ ja kalkitus 15 000 kg ha⁻¹.

Mikkelin Kovalansuolla turvetuotanto oli loppunut useita vuosia aikaisemmin ja viljelykokeisiin valittiin tasaisempi ja kuivempi lohko. Turvemaan pH oli 4,8, johtoluku 0,4, ja Ca-, P- ja K- pitoisuudet olivat 712 mg l⁻¹, 1,1 mg l⁻¹ ja 22,5 mg l⁻¹. Kasveja viljeltiin vain lannoitetulla

lohkolla, joka ennen istutusta kalkittiin (15000 kg ha⁻¹) ja lannoitettiin Puutarha Y-2 lannoitteella (NPK = 75-90-300 kg ha⁻¹). Rikkaruohoja torjuttiin haraamalla.

Mikkelin Karilan koalueen maalaji oli hietamoreeni, pH: 5,9, johtoluku 1,2, ja Ca-, P- ja K- pitoisuudet olivat 656 mg l⁻¹, 5,9 mg l⁻¹ ja 177 mg l⁻¹. Ruutuja ei kalkittu, lannoitus oli sama kuin edellisillä kokeilla. Karilassa rikkaruohon torjunnassa käytettiin katteena sanomalehtipaperia, jonka päälle levitettiin 5–7 cm paksuudelta puuhaketta.

Kasvimateriaalit ja mittaukset

Kalmojuurikokeessa viljeltiin kolmea geneettistä kantaa: suomalaista luonnon kantaa, joka kerättiin Turun ympäristöstä, sekä slovenialaista kantaa, joka oli saatu Slovenian Zalecissa sijaitsevasta geenipankista. Kasvit istutettiin rönspaloista ja ne olivat triploidia karyotyyppejä: *Acorus calamus* var. *calamus* (3n= 36). Kolmannen geneettisen kannan siemenet olivat peräisin Kanadasta (Richters, Ontario) ja sitä lisättiin siementaimesta (kylvö 4.5.1999). Tämä kanta oli diploidi karyotyyppi: *Acorus calamus* var. *americanus* (Raf.) Wulff (2n=24). Kalmojuuren taimet istutettiin suopellolle 22.6.2000, 80 × 40 cm etäisyyksin, (3 kpl/m²) kahteen ruutuun. Jokaista kantaa istutettiin 12 tainta sekä lannoitettuun että lannoittamattomaan ruutuun.

Juurien nosto suosta oli hyvin työlästä ja kolmannen kasvukauden lopussa nostettiin ja mitattiin vain lannoitettujen ruutujen kasveja. Jokaisesta kannasta nostettiin käsin toisen ja kolmannen kasvukauden lopussa (27.9.2001 ja 17.10.2002) kaksi kasvia ja mitattiin juurakoiden ja hiusjuurten painoa sekä kuiva-ainepitoisuutta. Kokonaisen kuivatun juuren haihtuvan öljyn pitoisuutta ja koostumusta analysoitiin Unkarissa, Budapestin Corvinus-yliopiston rohdoskasviviljelylaitoksen laboratoriossa (Hethelyi ym. 2002a, 2002b.)

Mustuvapajun viljelykokeisiin oli saatu viisi kantaa Simo Leinoselta (Jyskynyrty Oy, Ylämylly). Vuonna 1991 Pohjois-Karjalan 4H-liitto oli kerännyt 20 mustuvapajukantaa P-Karjalasta ja Kannuksesta, ja niitä oli istutettu ja ylläpidetty Ylämyllyllä. Kasvun voimakkuuden ja

talvehtimisen perusteella valittiin viisi kloonina, (koodinimet: Si-1, Si-2, Si-3, Si-4, Si-5), joista jokaisesta leikattiin 25 tikkua 28.4.2000. Ne laitettiin veteen ja juurrutettiin turpeessa. Samanaikaisesti kloonien versosta otettiin kuorinäytteet ja analysoitiin niiden kokonaissalisiinipitoisuudet. Kokeita perustettaessa ruutujen pinta tasoitettiin koneellisesti ja pajut istutettiin lannoitettuihin ja lannoittamattomiin ruutuihin. Pajuntaimien istutustiheytenä käytettiin rivivälinä 60 cm ja taimivälinä 50 cm. Jokaisesta kannasta istutettiin 12 kasvia/ruutu. Karilassa kasveja viljeltiin ainoastaan lannoitetulla lohkolle.

Joka vuosi lehtien pudottua leikattiin jokaiselta koeruudulta ja geneettisestä kannasta kuusi kasvia, ja laskettiin yksi- ja kaksivuotisten versojen määrä, mitattiin pituus ja tuorepaino sekä laskettiin kuiva-ainepitoisuus.

Kokeissa tutkittiin yksivuotisten versojen kokonaissalisiinipitoisuuden vaihtelua eri osissa kasvukauden aikana ja kantojen silputtujen versojen sisältämiä pitoisuuksia jokaisen kasvukauden lopussa. Salisiinianalyytit suoritettiin CRS Biotech Oy:n laboratoriossa. Kuivat näytteet hydrolysoitiin ja uutettiin metanolissa 12 tuntia. Nestekromatografi -analyysissä käytettiin Merck-Hitachi HPLC -laitteistoa, käänteisfaasikolonnia ja UV- detektointia. Referenssiaineena käytettiin synteettistä salisiinia (Sigma).

Tulokset

Kalmojuuren sato

Sadon määrä

Kalmojuurikannat kasvoivat suonpohjalla erinomaisesti, viljelylohkon pitkäaikaisesta märkyydestä huolimatta. Istutusvuonna lehtien keskimääräinen korkeus oli 79 cm ja kolmannen kasvukauden lopussa 121 cm. (Taulukko 1). Lannoituksella ja kalkituksella oli selvä vaikutus kalmojuuren kasvuun. Lannoittamattomissa ruuduissa lehtien määrä istutusvuonna oli keskimäärin 28 kpl/kasvi ja lannoitetuilla kasveilla 34 kpl. Lannoitettujen kasvien lehtimassan tuorepaino oli kolmannen vuoden lopussa keskimäärin 321 g/kasvi, mikä oli 45 % korkeampi verrattuna lannoitetta ei saaneisiin kasveihin (x = 221 g/kasvi).

Juurakot levisivät voimakkaasti ja kolmannen vuoden lopussa kasviyksilöt olivat läpimitaltaan 0,5–0,7 m. Toisen kasvukauden lopussa lannoittamattomien kasvien juurten kokonaistuorepaino oli keskimäärin 493 g/kasvi, ja lannoitettujen kasvien 689 g/kasvi eli n. 40 % suurempi (Taulukko 2).

Kolmen kasvuvuoden jälkeen kasviyksilöiden juurten kokonaistuorepaino oli keskimäärin 2064 g/kasvi. Juuristo koostui n. 1–2 cm paksuista ja

0,5–1 m pitkistä juurakoista ja niistä kasvaneista hiusjuurista. Niiden suhde kuivattuna oli lähes 50:50. Koko juuriston kuiva-ainepitoisuus oli keskimäärin 28 %. Tuoresato oli keskimäärin 6,2 kg m⁻² ja kuivasato 1,7 kg m⁻². Geneettisistä kantoista voimakaskasvuisin ja satoisin oli Slovenian kanta, jonka sato oli lähes kaksinkertainen muihin kantoihin verrattuna (Taulukko 2).

Taulukko 1. Kalmojuurikantojen lehtien kasvu vuosina 2000–2002. Juva, Pakinsuo, A= ei kalkitusta, ei lannoitusta; B= kalkitus 15000 kg/ha, lannoitus NPK= 75-90-300 kg/ha (n= 4–12).

Table 1. Growth of *Acorus calamus* accessions at Juva, Pakinsuo during 2000–2002, A= non-fertilized, non-limed; B= liming 15000 kg/ha, fertilization NPK= 75-90-300 kg/ha (n= 4–12).

Kanta <i>Accession</i>	Lannoitus <i>Fertilization</i>	2000		2001		2002
		Korkeus cm <i>Height</i>	Lukumäärä kpl/kasvi <i>Number of leaves</i>	Korkeus cm <i>Height</i>	Tuorepaino g/kasvi <i>Fresh weight</i>	Korkeus cm <i>Height</i>
1. Suomi <i>Finland</i>	A	85,7	21	87	253	
	B	79,5	22	99	364	126
2. Slovenia	A	80,9	28	112	181	
	B	86,2	36	107	269	121
3. Kanada <i>Canada</i>	A	69,7	36	85	221	
	B	72,2	43	96	321	115
Keskiarvo <i>Mean</i>	A	78,8	28	95	221	
	B	79,3	34	101	321	121

Taulukko 2. Kalmojuurikantojen juurisato vuosina 2001–2002. Juva, Pakinsuo.

Table 2. Root yield of *Acorus calamus* accessions at Juva, Pakinsuo during 2001–2002.

Kanta <i>Accession</i>	Lannoitus	2001	2002	2002	2002	2002
		Juurien tuorepaino g/kpl <i>Fresh weight of roots g/root</i>	Juurien tuorepaino g/kpl <i>Fresh weight of roots g/root</i>	Juurisadon kuiva-aine % <i>Root yield dry mass %</i>	Juurisato kg/m ² tuore <i>Root yield kg/m² fresh</i>	Juurisato kg/m ² kuiva <i>Root yield kg/m² dry</i>
1. Suomi <i>Finland</i>	A	692				
	B	967	1555	28,9	4,66	1,35
2. Slovenia	A	466				
	B	687	3172	26,0	9,51	2,47
3. Kanada <i>Canada</i>	A	320				
	B	413	1464	29,9	4,39	1,31
Keskiarvo <i>Mean</i>	A	493				
	B	689	2064	28,3	6,18	1,71

Juurisadon öljypitoisuus ja koostumus

Haihtuvan öljyn pitoisuus määriteltiin kokonaisuudesta kuivasta juurisadosta, ottaen huomioon koko juurimassan tislauksen. Öljypitoisuus vaihteli 1,1–1,7 % välillä ja kasvien iän myötä se nousi. Toisen vuoden lopussa juurten öljypitoisuus oli keskimäärin 1,25 %, kolmannen vuoden elokuussa 1,4 % ja lokakuussa 1,5 %. Kantojen öljyjen koostumuksessa oli selvä ero (Taulukko 3). Röstin (1979) mukaan Keski-Euroopassa kasvaa triploidi karyotyypin (*A. calamus* var. *calamus* (3n= 36) ja Pohjois-Amerikassa diploidi karyotyypin (*A. calamus* var. *americanus* (Raf.)Wulff, (2n=24).

Kokeissamme kanadalaisen kannan juuriöljyn koostumus erosi merkittävästi triploideista kannoista (Suomi, Slovenia). Sen juuriöljyn β -asaronipitoisuus oli vain 1,8 %, kuin triploideilla kannoilla pitoisuus oli 11–12 %. Myös eremofylenin ja solavetivonin pitoisuudessa oli suuret erot.

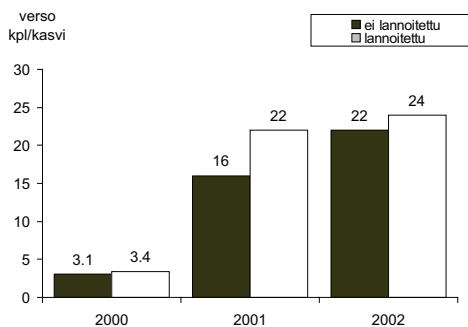
Myöhempien vertailututkimusten mukaan Suomessa ja Tsekin tasavallassa kasvavien kantojen juuriöljyjen koostumus oli samanlainen (Dusek ym. 2007). β -asaronin karsinogeenivaiikutuksen takia kalmojuuren öljyä ei suositella ihmiskäyttöön, mutta sitä voi käyttää kuitenkin mm. hyönteiskarkotteena (El-Nahal ym. 1989).

Mustuvapajukokeiden tulokset

Yksivuotisten versojen kasvu ja sato

Juvan Pakinsuolla viljeltyt kasvit kasvattivat istutusvuonna keskimäärin 3,1–3,4 kpl versoja, ja leikkausten jälkeen ne pensastuivat, jolloin versojen määrä toisena vuonna oli 16–22 ja kolmantena vuonna 22–24 kpl/kasvi (Kuva 1). Versojen pituus istutusvuonna oli 89–105 cm ja kolmantena vuonna 121–145 cm (Kuva 2). Yksivuotisten versojen tuorepaino oli istutusvuonna vielä pieni, 26–56 g/kasvi, mutta kolmantena vuonna tuorepaino vaihteli 157–260 g välillä (Kuva 3).

Lannoituksella oli selvä vaikutus kasvuun. Lannoitetuissa ruuduissa kasvit olivat 18–32 % korkeampia kuin lannoittamattomissa ruuduissa, versojen määrä oli 10–38 % ja tuorepaino 66–115 % suurempi. (Kuvat 1, 2 ja 3). Tuoreiden versojen kuiva-ainepitoisuus vaihteli 52 ja 60 % välillä (Kuva 4). Istutusvuonna tuoresato oli 104 ja 224



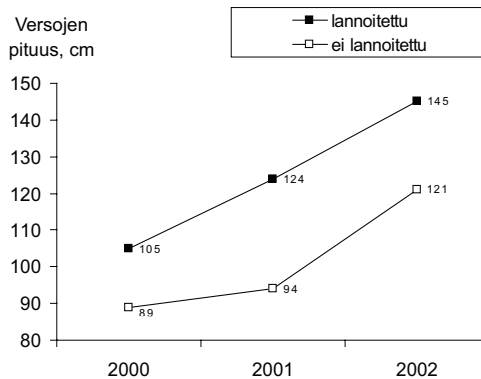
Kuva 1. Mustuvapajun yksivuotisten versojen määrä vv. 2000–2002. Juva, Pakinsuo

Fig. 1. Number of one-year-old shoots of *Salix myrcinifolia* during 2000–2002 at Juva, Pakinsuo. The black bars denote the fertilized and white bars the unfertilized experiments.

Taulukko 3. Kalmujuurikantojen juurisadon haihtuvan öljyn pitoisuus ja koostumus. Juva, Pakinsuo, 2002. (Hethelyi ym. 2002b)

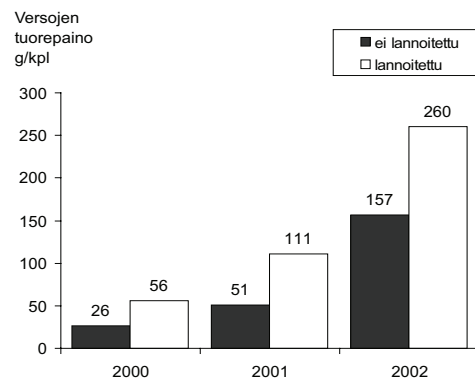
Table 3. Essential oil content and composition of root oil of *Acorus calamus* accessions at Juva, Pakinsuo (Hethelyi et al. 2002b). The names of oil components are according to Finnish nomenclature.

Komponentit % Components, %	Suomi Finland	Slovenia Slovenia	Kanada Canada
β -pineeni	1,9	1,9	
limoneeni	1,1	1,1	
linalooli	1,2	1,3	
kamfori	3,2	3,7	
tuntematon / unknown			1,4
kariofylleni	2,7	2,6	
β -selineeni	5,2	4,9	
β -malineeni	3,8	3,9	2,3
aristoleeni	5,1	5,1	4,6
kalareeni	5,7	6,3	4,3
eremofylleni	1,1	1,4	11,8
δ -kadieneeni	2,1	1,9	1,7
α -asaroni	1,1	1,2	
β -asaroni	12,1	11,2	1,8
akoroni	6,9	7,4	13,1
tuntematon / unknown	1,2	1,3	1,3
tuntematon / unknown	1,9	2,1	3,1
aristolooni	7,3	7,6	6,1
ciklohexanon	7,2	7,8	8,8
naphthaloni	4,9	5,9	1,4
solavetivoni	7,5	7,1	24,6
öljypitoisuus % / oil content %	1,52	1,16	1,08



Kuva 2. Mustuvapajun yksivuotisten versojen pituus vv. 2000–2002. Juva, Pakinsuo.

Fig. 2. Length of one-year-old shoots of *Salix myrcinifolia* during 2000–2002 at Juva, Pakinsuo. The filled marks depict the fertilized and non-filled the unfertilized experiments.



Kuva 3. Mustuvapajun yksivuotisten versojen tuorepaino vv. 2000–2002. Juva, Pakinsuo.

Fig. 3. Fresh weight of one-year-old shoots of *Salix myrcinifolia* during 2000–2002 at Juva, Pakinsuo. The black bars denote the fertilized and white bars the unfertilized experiments.

g m⁻² ja kolmantena vuonna 628 ja 1040 g m⁻². Lannoitus on lähes kaksinkertaistunut biomassan määrää. Hehtaarille laskettuna yksivuotisen versoston tuoresato olisi toisena vuonna 4400 kg ha⁻¹ ja kolmantena vuonna 10000 kg ha⁻¹.

Kaksivuotisten versojen kasvu ja sato

Lannoitetuilla ruuduilla kaksivuotisten versojen määrä oli keskimäärin 5,7 kpl, korkeus 179 cm ja tuorepaino 460 g. Lannoittamattomien kasvien pituus oli 138 cm ja tuorepaino 228 g/kasvi. Kaksivuotiset versot olivat 23 % korkeammat ja 77 % painavammat kuin yksivuotiset versot. Kaksivuotisten versojen paksuus oli lähes kaksinkertainen (läpimitta 1,5–2 cm) ja tästä johtuen ne sisältävät enemmän arvotonta ydinosa. Tämän johdosta ne ovat lääketieteellisuuden näkökulmasta vähärvoisia. Lannoitetujen ruutujen tuore ja kuiva versosato oli 1,84 kg m⁻² ja 1,27 kg m⁻², hehtaarille laskettuna 18400 kg ha⁻¹ ja 12700 kg ha⁻¹. Lannoittamattomissa ruuduissa sato oli 50 % pienempi.

Versosadon vertailu suopellolla ja kivennäismaalla

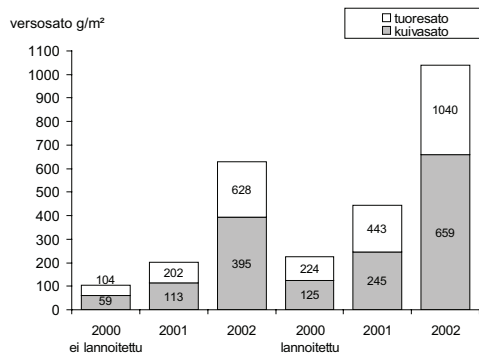
Hyvin lannoitetulla turvemaalla (Mikkeli, Kovalansuo) ja kivennäismaalla (Mikkeli, Karila)

kasvaneiden pajukantojen kasvun ja sadon välillä ei ollut suurta eroa. Versojen määrä turvemaalla oli keskimäärin 2,5–3,9 kpl/kasvi, eli 5–30 % enemmän kuin kivennäismaalla (2,4–2,7 kpl/kasvi), vaikka niiden pituus oli 10–40 % pienempi. Ensimmäisen vuoden versojen tuorepaino kivennäismailla oli keskimäärin 32 g/kasvi, eli lähes puolet pienempi kuin turvemaalla (59 g/kasvi). Toisena vuonna kivennäismaan versojen paino oli 11 % korkeampi (218 g/kasvi) kuin turvemaalla (195 g/kasvi). Tulosten mukaan hyvin lannoitetun ja hoidetun turvepellon pajun tuotos oli siis samaa tasoa kuin vastaavan viljelmän tuotos kivennäismaalla.

Versojen salisiinipitoisuus

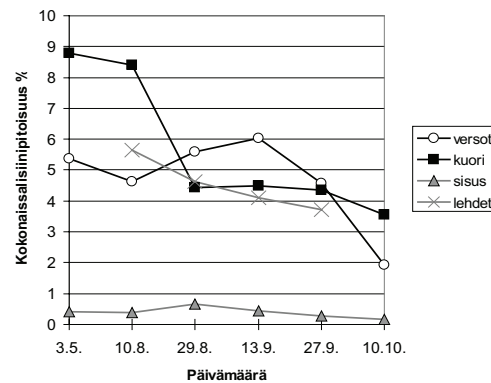
Kokonaissalisiinipitoisuus oli matala kannassa Si-1 (0,99 %), korkea kannassa Si-4 (4,04 %) ja keskimääräinen (2,62–2,75 %) kannoissa Si-2, Si-3 ja Si-5) (Taulukko 4.)

Koko verson ja verson eri osien salisiinipitoisuuden vaihtelu kasvukauden aikana esitetään kuvassa 5. Tulosten mukaan salisiinipitoisuus oli alhainen versojen sisusosassa (0,3–0,6 %). Korkeimmat pitoisuudet (8,8 ja 8,39 %) mitattiin kuorinäytteistä heti keväällä (3.5) sekä elokuun alussa (10.8.), jonka jälkeen kuorten pitoisuus laskee n. 4 %:iin (Kuva 5). Lehtien salisiinipitoisuus



Kuva 4. Mustuvapajun yksivuotisten versojen sato vv. 2000–2002. Juva, Pakinsuo.

Fig. 4. Yield of one-year-old shoots of *Salix myrsinifolia* during 2000–2002 at Juva, Pakinsuo. The grey bars depict the dry weight and the white bars the fresh weight of the shoots.



Kuva 5. Salisiinipitoisuus mustuvapaju yksivuotisten versojen eri osissa v. 2001. Juva, Pakinsuo (Kanta: Si-4).

Fig. 5. Salicin content of the different parts of one-year-old shoots in 2001. Juva, Pakinsuo. (accession: Si-4); versot = shoots, kuori = bark, sisus = pith, lehdet = leaves.

oli elokuun alussa 5,7 %, jonka jälkeen lehtien vanhetessa pitoisuus laski lokakuun alkuun mennessä 3,7 %:iin. Koko versojen salisiinipitoisuus vaihteli ajanjakson 10.8–27.9. välillä 4,64 %–6,12 % ja 10.10. se oli jo n. 2 %.

Kasvukauden lopussa koko yksivuotisten versojen salisiinipitoisuutta määritettiin eri vuosina käsin paloitteluista ja oksasilppurilla silputuista näytteistä. Tulosten mukaan vuonna 2001 kuorien salisiinipitoisuus oli keskimäärin 3,3 % ja koko versojen pitoisuus keskimäärin 1,7 % (Taulukko 1). Käsin viipaloitujen ja teollista jatkojalostusta

jäljittelevän oksasilppurilla silputtujen versojen salisiinipitoisuuksien välillä ei ollut merkitseviä eroja.

Vuonna 2002 analysoitiin vain kaksi parasta kantaa (Si-4 ja Si-5). Salisiinipitoisuutta määritettiin yksi- ja kaksivuotisten versojen turvemaalla ja kivennäismaalla kasvaneista näytteistä. Kahden kannan yksivuotisten versojen pitoisuus turvemaalla oli keskimäärin 4,4 % ja kivennäismaalla 3,6 %. Kaksivuotisten versojen pitoisuus oli turvemaalla myös merkitsevästi vähän korkeampi (4,2 %) kuin kivennäismaalla (3,95 %).

Taulukko 4. Mustuvapaju kantojen versojen salisiinipitoisuus vuosina 2000–2002 (korjuupäivämäärät) Juvan Pakinsuolla.

Table 4. Salicin content of shoots of *Salix myrsinifolia* accessions at Juva, Pakinsuo during 2000–2002 (harvesting date mentioned)

Kanta Accession	Kuori Bark		Silputtu koko verso Chaffered shoot		
	Käsikorjuu Manual harvesting 18.4.2000	Käsikorjuu Manual harvesting 10.10.2001	Käsikorjuu Manual harvesting 10.10.2001	Oksasilppuri Chaff-cutter 10.10.2001	Oksasilppuri Chaff-cutter 20.9.2002
Si-1	0,99	3,13	1,32	1,71	
Si-2	2,63	3,17	1,42	1,71	
Si-3	2,75	3,59	1,39	1,45	
Si-4	4,04	3,56	1,93	1,55	4,44
Si-5	2,62	3,10	2,54	2,37	4,41
Keskiarvo / Mean	2,61	3,31	1,72	1,75	4,43

Tulosten arviointi

Kalmojuuri

Vuosina 2000–2002 saadut kalmojuuren viljelykokemukset ovat myönteisiä. Kasvi oli yksi parhaista selviytyjistä vaihtelevissa suo-oloissa, joissa kasvua olivat haitanneet sekä kuuma kesä että pitkäaikainen märkyys (Jokela & Galambosi 2004). Kalmojuuri kasvoi suonpohjalla erinomaisesti ja tuotti suuren biomassan. Kalmojuuren alkuperäinen kasvuympäristökin on jokien ja lammikoiden savipitoiset rannat, joissa se kasvaa matalissa vesissä. Kolmen kasvukauden jälkeen lehtimassan määrä oli n. 10 000 kg ha⁻¹ ja öljytislaukseen sopiva tuore juurimassa n. 50 000 kg ha⁻¹.

Juurista on mahdollista tislata haihtuvaa öljyä, jonka biologista aktiivisuutta voidaan hyödyntää mm. kasvinsuojelussa. Kansainvälisessä kirjallisuudessa esiintyvien tietojen mukaan pelkän juurakon öljypitoisuus on 3–4 % (Röst 1979). Koska meidän näytteissämme juurakko versus hiuserien suhde oli 50:50, juurakon arvioitu öljypitoisuus (2–3,6 %) vastaa näitä arvoja. Kokeessa viljeltiin onnistuneesti kanadalaista diploidia kantaa, jonka öljyssä ei ole karsinogeenista β -asaronia ja sitä voidaan hyödyntää myös ihmiskäytössä (esim. liköörien maustamiseen).

Biomassan hyödyntämiseen liittyy kuitenkin käytännön ongelmia. Syvällä turpeessa kasvaneen juurimassan korjuu on mahdollista vain koneella (esim. tärisevä taiminostokone). Konekorjuu kuitenkin edellyttää sopivia sääolosuhteita ja suhteellisen kuivaa maata. Lisätutkimukset ja käytännön sovellutukset ovat tarpeen ison juurimassan ennen tislausta tapahtuvaa käsittelyä varten (silppuaminen, tislaukset) ja tietoa tarvitaan lisäksi juurimassan mukaan tulleiden lehtien vaikutuksesta tislattun öljyn laatuun.

Mustuvapaju

Kolmen viljelyvuoden aikana kahdella suonpohjalla suoritettujen viljelykokeiden tulosten perusteella voidaan päätellä, että mustuvapajun viljely pistokaslisyystä käyttäen oli onnistunut menetelmä. Saksalaisen farmakopean vaatimukset yksivuotisen verson tuore- ja kuivasadolle oli keskimäärin 10400 kg ha⁻¹ ja 6500 kg ha⁻¹

(vaihteluvälit: tuoresato 7600 ja 12700 kg ha⁻¹ ja kuiva 4600 ja 7700 kg ha⁻¹).

Tutkittujen geneettisten kantojen versojen kokonaissalisiinipitoisuus vaihteli 1,3 % ja 6,1 % välillä, korjuuajoista ja kannasta riippuen. Parhaiksi kannoiksi osoittautuivat Si-4 ja Si-5, joiden pitoisuudet olivat korkeimmat. Lääketeollisuuden laatukriteerit huomioon ottaen kaikilla muilla kasvinosilla, paitsi verson sisusosalla, kokonaissalisiinipitoisuus ylittää em. 1 %. Turvemaalta ja kivennäismaalta saadut satomäärät ja sadon laadulliset ominaisuudet vastasivat toisiaan.

Massatuotantoa ajatellen sopiva pajun korjuu-aika olisi elo-syyskuun vaihteessa, jolloin koko verson salisiinipitoisuus on korkeimmillaan. Myös tuotantomittakaavaista korjuuta ja uuttoja ajatellen koko verson sopiva korjuu-aika näyttäisi olevan elokuussa, jolloin lehdet ovat vielä vahvoja ja versot reheviä. Silloin myös turvemaapellet ovat yleensä kuivimmillaan ja korjuu voidaan suorittaa koneellisesti. Viljelykokemusten mukaan riittävän biomassan saanti edellyttää pajukasvuton asianmukaisia viljelytoimenpiteitä, kuten lannoitusta ja kasvinsuojelua sekä tarpeen mukaan rikkakasvien torjuntaa.

Nämä koemittakaavassa saadut tulokset kalmojuuren ja mustuvapajun viljelystä vaatisivat laajempien, tuotantomittakaavaisten kokeiden perustamista, joissa olisi mahdollisuus tutkia myös versostojen koneellista korjuuta.

Kiitokset

Kirjoittajat esittävät parhaat kiitöksensä Vapo Oy:lle viljelykokeiden suorittamismahdollisuudesta ja Juvan Pakinsuon viljelykokeisiin saadusta tuesta.

Kirjallisuus

- Dusek, K., Galambosi, B., Hethelyi, E. B., Korany, K., Karlova, K. 2007. Morphological and chemical variations of sweet flag (*Acorus calamus* L.) in the Czech and Finnish gene bank collection. *Horticultural Science* 34, 1: 17–25.
- EHGA 2004. Cultivation areas of herbs and medicinal plants in the members of the European herb Growers Association (EHGA).

- [<http://www.european.net/inventory.htm>. EHGA production of Herbs in EU-Total 2004.xls]
- El-Nahal, A.K., Schmidt, G.H., Risha, E.M. 1989. Vapours of *Acorus calamus* oil – a space treatment for stored-product insect. *Journal of Stored Product. Res.* Exeter: Pergamon Press. Vol 25, 4: 211–216.
- ESCOPE Monographs 1997. *Salicis cortex*. Fascicule 4, ISBN 1-901964-03-5. ESCOP Secretariat, Exeter, UK.
- Galambosi, B. 2006. *Acorus calamus* L. (Sweet flag). Teoksessa: Spice- and medicinal plants in the Nordic and Baltic countries. Conservation of genetic resources: report from a project group at the Nordic Gene Bank. Alnarp: Nordic Gene Bank. Pp. 40–48, 136–137.
- Galambosi, B., Jokela, K. 2002. Uhanalaisten lääkekasvien markkinat ja viljely: Kirjallisuusselvitys. Maa- ja elintarviketalous 17: 88 s. + 8 liitettä. (verkkojulkaisu). [<http://www.mtt.fi/met/pdf/met17.pdf>]
- Heiska, S., Turtola, S., Tirkkonen, V., Meier, B., Rousi, M., Julkunen-Tiitto, R. 2004. Effect of black plastic mulch on dark-leaved willow (*Salix myrsinifolia* Salisb) bioass and salicilate yield. Teoksessa: "Actual problems of creation of new medicinal preparations of natural origin. Proceedings of the 8th international congress Phytopharm 2004, Mikkeli, Finland, June 21–23. 2004, pp. 517–518.
- Hethelyi, B.E., Korany, K., Galambosi, B., Domokos, J. & Palinkas, J., 2002a. Growing of medicinal Sweet flag (*Acorus calamus*) on recultivated areas and phytochemical study of its active components. *Olaj, Szappan, Kozmetika* 51 (5): 185–191.
- Hethelyi B. E., Galambosi, B., Korany, K., Domokos, J. & Palinkas, J. 2002b. Studies on the determination of the bitterness value and chemical character of the *Acorus calamus* L. *Olaj, Szappan, Kozmetika* 51(6): 228–
- Hiltunen, R. & Holm, Y.(toim.) 2000. Pajunkuori. Teoksessa: Farmakognosia. Farmaseuttinen biologia. Yliopistopaino. Helsinki. s. 245–247.
- Hämet-Ahti, L., Suominen, J., Ulvinen, T. & Uotila, P. (ed.), 1998. Retkeilykasvio (Field Flora of Finland), Ed. 4. 656 pp. Finnish Museums of Natural History, Botanical Museum, Finland.
- Honkanen, A. Selection of *Salix Myrsinifolia* Clones for Biomass Forestry in Finland. *Silva Fennica* 28(3): 189–201.
- Jokela, K. & Galambosi, B., 2004. Cultivation possibilities of Chinese and European endangered medicinal plants in Finland. Final report. 31 pp. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Electronic library: <http://mtt.fi/met/pdf/met42.pdf>
- Julkunen-Tiitto, R. 1989. Distribution of certain phenolics in *Salix* species (*Salicaceae*). Joensuu yliopiston luonnontieteellisiä julkaisuja No. 15., Joensuu, 29 s.
- Julkunen-Tiitto, R. & Meier, B. 1992. Variation in Growth and Secondary Phenolics Among Field-Cultivated Clones of *Salix myrsinifolia*. *Planta Medica*. 58: 77–80.
- Lange, D., 1998. Europe's medicinal and aromatic plants: their use, trade and conservation. Cambridge, UK: TRAFFIC International, 77 s.
- Lönnrot, E. 1860. Flora Fennica – Suomen kasvisto, Helsinki. Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran Toimituksia 24: L+1-376+III.
- Menghini, A., Poceschi, N., Venanzi, G. & Tomaselli-Palladini, B., 1998. Effect of nitrogen fertilization on photosynthesis rate, nitrogenous metabolites and α - and β -asarone accumulation in triploid *Acorus calamus* L. leaves. *Flavour and Fragrance Journal* 13 (5): 319–323.
- Rode, J., 2001. Cultivation trials with sweet flag (*Acorus calamus* L.) in: Abstracts of World Conference on Medicinal and Aromatic Plants, Hungary 2001, p. 252.
- Röst, L.C.M., 1979. Biosystematic investigations with *Acorus* L. (*Ar*). 2. Communication. Essential oil contents. Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen, 82C: 113–126.
- Selin, P. 1998. Useita mahdollisuuksia suonpohjien jälkikäytöllä. Teoksessa: Vasander, H. (toim). Suomen suot. Suoseura Ry. pp. 128–130.
- Strelec, V. 1993. Sweet Sedges (*Acorus calamus* L.) – perspective plants for growing. Teoksessa: Book of Abstracts, Cultivation, Harvesting and Processing of Herbs, 15–17. June 1993, The High Tatras, Slovak Republic, p. 84.

Summary:**The crops of the cultivated Common Sweet Flag (*Acorus calamus*) and Dark Leaved Willow (*Salix myrsinifolia*) on peat**

Cultivation experiments with *Acorus calamus* L. and *Salix myrsinifolia* Salisb. were performed during 2000–2004 in two cat-away peatlands at Pakinsuo mire, Juva (61°50' N / 27°52' E) and Kovalansuo mire, Mikkeli (61°46' N / 27°18' E). Comparison experiment for *Salix* was carried out on mineral soil as well at Mikkeli (61°44' N / 27°18' E). The acidity of the soils were 4.3 and 4.8, respectively. The 24 m² plots were limed with 15 000 kg ha⁻¹ and fertilized with NPK=75-90-300 kg ha⁻¹ and unfertilized plots were used. Seedlings of three *Acorus calamus* accessions (density: 80 × 40 cm) were transplanted and root yields were measured during the end of the 2nd and 3rd growing seasons. Root oil contents and compositions were analysed as well. The rooted shoots of *Salix myrsinifolia* accessions were transplanted with a plant density of 60 × 50 cm and the yield and the total salicin contents of the one-year-old leafy shoots were measured in every August.

According to the results, the fresh and dry root yield of *Acorus calamus* after the 3rd year was 6.18 and 1.7 kg m⁻², respectively. The oil content was the highest (1.53%) during October. The β-asaron content of the European triploid accessions was 11–12%, while that of the diploid North American accession was only 1.8%.

The fresh yield of the one-year-old leafy shoots of *Salix myrsinifolia* during the 2nd and 3rd year were 6.4 and 10.4 kg m⁻², respectively. Accession Si-4 had the highest total salicin content (4.4%) in the beginning of August. No yield and quality differences were observed between cat-away peatland and mineral soils.

Finally we may conclude, that well fertilized and limed cat-away peatlands seems to be suitable for cultivation of these special plants. The results obtained here have to be checked in semi-large scale