

Tutkimusraportti nro D 2.1.7b
Helsinki 2015

Antti Laine

Uusien peltobioenergiakasvien potentiaali ja käytännön ongelmien edulliset ratkaisut kestävässä energiantuotannossa



Sustainable Bioenergy
Solutions for Tomorrow



Sustainable Bioenergy
Solutions for Tomorrow

Uusien peltobioenergiakasvien
potentiaali ja käytännön ongelmien
edulliset ratkaisut kestävässä
energiantuotannossa
Laine A.

6/15/2015

2(15)

CLEEN OY
ETELÄRANTA 10
00130 HELSINKI
FINLAND
www.cleen.fi

ISBN 978-952-5947-75-5



Sustainable Bioenergy
Solutions for Tomorrow

Uusien peltobioenergiakasvien
potentiaali ja käytännön ongelmien
edulliset ratkaisut kestävässä
energiantuotannossa
Laine A.

6/15/2015

3(15)

Cleen Oy
Tutkimusraportti nr XX

Laine A.

Uusien peltobioenergiakasvien potentiaali ja käytännön ongelmien edulliset ratkaisut kestävässä energiantuotannossa



Sustainable Bioenergy
Solutions for Tomorrow

Cleen Oy
Helsinki 2015



Sustainable Bioenergy
Solutions for Tomorrow

Uusien peltobioenergiakasvien
potentiaali ja käytännön ongelmien
edulliset ratkaisut kestävässä
energiantuotannossa
Laine A.

6/15/2015

2(15)

Alkusanat

Tämä raportti on osa Sustainable Bioenergy Solutions for Tomorrow (BEST) – tutkimusohjelmaa, joka on FIBIC Oy:n ja CLEEN Oy:n yhteinen tutkimusohjelma. BEST – ohjelmaa rahoittaa innovaatorahoituskeskus Tekes.

Raportti on osa Fortum Oy:n BEST – tutkimusohjelmaan liittyvää tilaustutkimusta ” Uusien peltobioenergiakasvien potentiaali ja käytännön ongelmien edulliset ratkaisut kestävässä energiantuotannossa”. Tässä raportissa kerrotaan uusien peltobioenergiakasvien lisäys – ja viljelytoimista Peltoteho-hankkeen tulosten ja kirjallisuuden pohjalta.

Antti Laine, Luonnonvarakeskus (Luke)

Jokioinen 2015



Raportin nimi: Uusien peltobioenergiakasvien potentiaali ja käytännön ongelmien edulliset ratkaisut kestävässä energiantuotannossa

Avainsanat: bioenergia, biomassa, Igniscum, Sida hermaphrodita

Key words: bioenergy, biomass, Igniscum, Sida hermaphrodita

Tiivistelmä

Tämä raportti perustuu kahden peltobioenergiaprojektin, BEST (Sustainable Bioenergy Solutions for Tomorrow) ja Peltoteho (Suurituottoisten peltokasvien energiakäytön tehostaminen), tuloksiin sekä kirjallisuuteen. Raportissa keskitytään uusien peltobioenergiakasvien käytännön viljelyn ongelmakohtien edullisten ratkaisujen selvittämiseen

Raportissa käydään läpi Igniscumin (*Fallopia sachalinensis*), Virginian malvan (*Sida hermaphrodita*), bioenergiamaissin, hampun, ruokohelven ja lyhytkiertoviljely-energiapajun kasvuston perustamis-, viljely-, sadonkorjuu – sekä käyttö- ja varastointitoimenpiteitä.

Summary

This report is based on two field bioenergy tasks, results of BEST (Sustainable Bioenergy Solutions for Tomorrow) and Peltoteho (Potential of high-yielding bioenergy crops) as well as published literature. The report focuses on the problems of the cultivation of new bioenergy crops and on low-cost solutions to the practical aspects of their production. The report goes through the establishment, cultivation, harvesting, storage and use of Igniscum (*Fallopia sachalinensis*) and Virginia mallow (*Sida hermaphrodita*), bioenergy maize, hemp, reed canary grass and short rotation coppice willow.



Sustainable Bioenergy
Solutions for Tomorrow

Uusien peltobioenergiakasvien
potentiaali ja käytännön ongelmien
edulliset ratkaisut kestävässä
energiantuotannossa
Laine A.

6/15/2015

4(15)

Sisällysluettelo

1	Igniscum.....	7
2	Kasvuston perustaminen	7
2.1	Mikropistokaslisäys	7
2.2	Pistokaslisäys.....	7
2.3	Juuripistokaslisäys	7
2.4	Rikkakasvien kemiallinen torjunta	11
2.5	Istutus	11
2.6	Kasvuston hoito	12
2.7	Muokkaus.....	13
2.8	Satovuosien lannoitus	14
2.9	Sadonkorjuu	15
2.10	Varastointi.....	18
2.11	Käyttö	19
2.12	Kasvuston lopetus ja uudelleen muuhun viljelyyn ottaminen	19
3	Virginian malvan (Sida hermaphrodita) viljely	20
3.1	Kasvuston perustaminen.....	20
3.2	Lannoitus	21
3.3	Hoitotoimet kasvukaudella	22
3.4	Kasvuston korjuu	22
3.5	Varastointi ja käyttö	23
4	Energiamaissi	24
4.1	Johdanto	24
4.2	Maissin kasvuedellytykset Suomessa	25
4.3	Esikasvit.....	25
4.4	Kylvö	25
4.5	Lannoitus	26
4.6	Kasvinsuojelu	27
4.7	Kastelu	27
4.8	Korjuu.....	28
4.9	Käyttö	28
4.10	Maissin typpilannoituksen taso.....	28
4.11	Aineisto ja menetelmät	29
4.12	Tulokset ja tulosten tarkastelu	29
	4.12.1 Kuiva-aine sato.....	29
	4.12.2 Lannoitustason vaikutus maissisadon eri osien suhteeseen	31
5	Hamppu	31
5.1	Viljely.....	32
5.2	Sadonkorjuu	33
5.3	Varastointi.....	33
5.4	Sadon käyttö.....	33
6	Ruokohelpi.....	34



6.1	Viljely.....	34
6.2	Kasvinsuojelu.....	35
6.3	Ruokohelven tuotanto energiakäyttöön	35
6.4	Korjuu.....	35
6.5	Varastointi.....	35
6.6	Kasvuston lopettaminen	35
7	Energiapaju.....	36
7.1	Viljelmän perustaminen	36
7.2	Pajulajikkeet.....	37
7.3	Rikkakasvien torjunta	37
7.4	Tuholaiset	37
7.5	Lannoitus	37
7.6	Korjuu.....	38
7.7	Kasvuston lopettaminen	39



1 Igniscum

Igniscum® jättitatar on *Fallopia japonese* ja *Fallopia sachalinensis* sukuihin kuuluvien tatarkasvien mutaation /risteytymän kautta syntynyt nopeakasvuinen monivuotinen kasvi. Kasvista on kaksi muotoa; keväällä kuivana korjattava Igniscum Basic ja biokaasun raaka-aineeksi soveltuva Igniscum Candy, joka poikkeaa edellisestä korkeamman sokeripitoisuuden johdosta. Igniscumin ominaisuuksiin kuuluu, että se ei muodosta siemeniä, ei leviä viljelyalueensa ulkopuolelle versoista, on kestävä ja muodostaa runsaasti biomassaa. Sen lisääminen tapahtuu juurisilmuista, varsipistokkaista sekä solukko- tai meristeemiviljelyllä tuotetuista taimista.

2 Kasvuston perustaminen

2.1 Mikropistokaslisyys

Igniscum kasvuston perustamisen suurin ongelma on kasvuston perustamisen kalleus. Kasvusto perustetaan mikrolisätyistä taimista, joiden hinta on ollut luokkaa 1,5 €/kpl vuonna 2011. Korkea hinta perustuu suurelta osin maksuihin, sillä kasvilla on patentti ja tavaramerkki. Mikrolisätyn taimen tuotantokustannus vastaavaan aikaan on ollut 0,39 € kpl (Fehner). Mikrolisätty istutettava taimi on kooltaan 5-15 cm korkea ja on istutettu kasvualusta levyihin, joissa taimitilan koko on 4x4 cm. Taimikasvatus ja hoito näin pitkälle lisäävät taimien hankintakustannuksia. Mikrolisättyjen taimien hankinta pienempinä mikropistokkaina ja jatkokasvatus tilalla kevytrakenteisissa kausihuoneissa laskisi tiloille tulevan taimimateriaalin hankintahintaa, koska istutusmateriaalin hoidosta aiheutuvat kustannukset siirtyisivät tilalle. Vastaava käytäntö on Suomessa nykyisin mm. MTT:n valiotaimituotannossa, jossa on pyritty laskemaan taimien tuotantokustannuksia.

2.2 Pistokaslisyys

Igniscumin pistokaslisyys maanpäällisistä osista on myös mahdollista kuten esim. herukoilla. Igniscumin maanpäällisiä lehtisilmuja sisältäviä repäisypistokkaita otetaan lisäykseen varhain keväällä ja siirretään kasvualustaan kostioon, jossa pistokkaiden juurtuminen tapahtuu. Kostio voi olla muovitunneli tai kevytrakenteinen muovikalvoinen kausihuone, jossa ilmankosteus pidetään lähellä 100 %:a. Kostiossa pistokkaat eivät pääse kuivumaa, koska niillä ei ole vielä kehittynyt juuria, joilla ne voisivat ottaa vettä kasvualustasta korvaamaan lehtien kautta tapahtuvaa haihduntaa. MTT:llä on tutkittu kasvualustan vaikutusta juurrutettavien pistokkaiden lisäyksessä. Kompostipitoinen kasvualusta on edesauttanut pistokkaiden kasvua tavanomaiseen kasvuturvealustaan verrattuna. Latva- pistokkailla juurtuminen on tapahtunut ilman juurrutushormonia, kun taas puutuneilla pistokkailla juurrutushormonin käytöllä on ollut parempia vaikutuksia. (Kaakinen S. ja Kukkonen S. 2014)

2.3 Juuripistokaslisyys

Igniscumin lisäystä voidaan tehdä myös maa-alaisten juuriversojen paloista. Syksyllä 2013 nostettiin Igniscumin juuria taimitarhoilla käytettävällä taimien nostokoneella, joka nostaa juurakon ylös ja samalla ravistelee siitä maa-aineksen pois. Nostokone toimii parhaiten

kevyillä hieta tai hiekkamailla, jolloin kone irrottaa parhaiten maa-aineksen juurista. Nyt nosto tapahtui hieman savisella maalla ja juurakoihin jäi vielä savea kiinni.



Kuva 1. Taimien nostoon käytetty kone, joka ravistaa multaa pois juurista



Kuva 2. Koneella ylös nostettuja Igniscumin juurakoita, joissa on paljon juurisilmuja sisältäviä juuria.



Kuva 3. Juurissa olevia juurisilmuja syksyllä noston jälkeen



Kuva 4. Viileä varastossa (+1 °C) kevääseen säilytetyissä juurisilmut ovat keväällä ennen istutusta hyvin elinvoimaisia.



Kuva 5. Keväällä 6.5. 2014 maahan kalvon käpi pistety juuripistokkaat ovat hyvässä kasvussa 17.6. Kalvo on pitänyt maan kosteana ja edistänyt juurtumista sekä estänyt rikkakasvien kasvun taimien lähellä. Rikkakasvien torjunta rivien välistä suoritetaan taimirivejä suojaavalla riviväliruiskulla tai sivelylaitetta käyttäen glyfosaattivalmisteella.



Kuva 6. Igniscum kasvusto kaksi kuukautta istutuksen jälkeen Piikkiössä elokuussa 2010.



Kuva 7. 13.5.2011 kevätlannoituksen aikana
Igniscumin taimet tulivat pinnalle juurisilmuista.

Kuva 8. Kahden viikon kuluttua 27.5.2011
kasvusto oli jo noin 90 cm mittaista

Igniscumin juurakko on maan pintakerroksessa pääasiallisesti ulottuen 40 cm syvyyteen asti. Juurakossa on päätyypiltään kolmenlaisia juuria, halkaisijaltaan 20- 30 mm paksuja ja pitkiä juuria, joiden avulla kasvi levittäytyy laajemmalle, 5-10mm paksuja juuria, joissa on juuriverson silmuja sekä ohuita 1 mm luokkaa olevaa hiusjuuristoa, jolla kasvi ottaa maasta vettä ja ravinteita. Ylösnostetuista juurakoista leikataan ja otetaan talteen juurisilmuja sisältävät 8- 10 mm paksut juuret ja laitetaan +1 °C lämpöiseen varastoon muovikalvolla peitettyihin varastolaatikoihin pakattuna odottamaan käyttöä. Muovikalvo estää juurakoiden kuivumisen varastoinnin aikana. Juuret säilyvät näin varastoituina seuraavaan kevääseen asti, jolloin juuret voidaan laittaa kasvualustaan vaakatasoon noin 10 cm syvyyteen juurtumaan ja tuottamaan juurisilmuista muodostuvia pistokkaita, jotka irrotetaan toisistaan niiden tultua maan pinnalle. Juuret voidaan myös pilkkoa noin 10 cm mittaisiksi pätkiksi, jotka sisältävät vähintään yhden juurisilmun. Juurisilmun sisältävät juuripistokkaat istutetaan suoraan kasvupaikalleen katteen alle. Kate voi olla biohajoavaa materiaalia, jolloin se maatuu sijoilleen. Katteen alla pistokkaiden juurtuminen tapahtuu ilman kastelua, jos maa on istutus hetkellä vielä tuoretta ja kapilaarista veden nousua tapahtuu maassa. MTT:n puutarhantutkimuslaitoksella tutkittiin juuripistokkaiden istutusaikaa, vaihtoehtoiset ajat olivat myöhään syksyllä kasvukauden päätyttyä ennen maan routaantumista ja aikaisin keväällä ennen kasvukauden alkua. Molemmissa tapauksissa maahan oli levitetty biohajoava muovikalvo ennen istutusta ja istutus tapahtui muovikalvon läpi noin 5 cm syvyyteen. Syksyn istutuksista lähti keväällä kasvamaan 52,5 %, kun taas keväällä istutetuista kasvuun lähti 78,5 %. Osasyynä syksyn istutusten heikkoon taimettumiseen saattoi olla matala istutussyvyys yhdistettynä lumettoman maan aikana olleisiin koviin pakkaslukemiin, jotka olivat maanpinnassa enimmillään -22 °C ja lähes kahden viikon ajan yli - 15 °C, mikä saattoi vaurioittaa etenkin lähelle pintaa jääneitä juurisilmuja. Varastossa keväeseen säilytetyistä juurista parhaiten kasvuun lähtivät juuret, jotka olivat suojattu haihtumista estävällä muovikalvolla.

Varastossa säilytetyistä juurista tehdään keväällä noin 10 cm pituisia pistokkaita, joita voidaan istuttaa esim. kaalin istutukseen tarkoitetulla istutuskoneella. Kone vetää muokattuun maahan noin 8-10 cm syvyyteen 5 cm leveän uran, johon juuripistokas putoaa koneeseen säädetyin taimiväleihin. Koneessa olevat jyräkiekot peittävät ja tiivistävät taimen molemmin puolin istutusuran. Istutusyksiköitä voi koneessa olla useita koneen työleveydestä riippuen. Maa voidaan istutuksen jälkeen vielä jyrätä kauttaaltaan kapillaarisen kosteuden nousun edistämiseksi. Tällöin ei käytetä katekalvoa rivillä, mikä mahdollistaa lietteiden tai rejektivesien multaamisen istutuksen jälkeen. Istutukseen voidaan käyttää myös kalvon läpi istuttavaa taimen istutuskoneesta (esim. Hortec) sopivalle rivi ja taimivälille modifioitua konetta. Kone muodostaa ensin leveän matalan penkin, johon sijoitetaan lannoite ja tämän jälkeen kone peittää penkin kalvolla. Istutus tapahtuu asettamalla pistokas tai taimi käsin tai automaattisesti istutus vantaan lokerikkoon, joka puhkaisee biomuovi- tai paperikalvon samalla avautuen ja pudottaen pistokkaan kalvoon tekemästään reiästä maahan.



Kuva 9. Hortec koneen istutusvannas, jolla voidaan istuttaa myös katekalvon läpi taimia (Kuva Hortech Horticulture Technology)



Kuva 10. Istutuskoneista on tarjolla useita erilaisia vaihtoehtoja, traktoriin asennettavista omalla voimanlähteellä ja automaatiohjauksella varustettuihin malleihin. (Kuva Hortech Horticulture Technology)

2.4 Rikkakasvien kemiallinen torjunta

Rikkakasvien torjuntaa voidaan tehdä kasvuston perustamisvuonna glyfosaatti – valmisteilla, jos rikkakasvit taimettuvat ennen istutettavaa kasvustoa ja rikkakasveissa on mukana kestorikkakasveja, muussa tapauksessa rikkakasvien torjuntaan käy esim. dikvatti (kauppanimi Reglone), joka tuhoaa ne kasviosat joihin ruiskutus kohdistuu, mutta ei kulkeudu kasvissa. istutusvuoden jälkeisenä vuonna voidaan tarvittaessa tehdä keväällä glyfosaatti - ruiskutus ennen Igniscumin versojen pintaan tuloa rikkakasvien torjumiseksi. Myöhempinä vuosina, kun kasvusto on kehittynyt varjostavaksi, muut kasvit eivät kykene kilpailemaan Igniscumin kanssa. Keväällä maan lämmittyä ja kasvun lähtiessä liikkeelle, kasvu on nopeaa ja Igniscum varjostaa nopeasti maanpinnan.

2.5 Istutus

Istutus tehdään pakkasettomana aikana toukokuun lopun ja elokuun välisenä aikana. Juurtumisen kannalta istutuksessa kannatta välttää pitkiä kuivia pouta- ja hellejaksoja, jolloin jouduttaisiin turvautumaan kasteluun pistokkaiden juurruttamiseksi ja vedentarpeen tyydyttämiseksi. Jos istutetaan kasvustoa mikrolisätyistä tai pistokaslisätyistä taimista, istutussyvyyden pitää olla juuripaakun korkeutta suurempi, jotta juuripaakussa oleva turve peittyi multa. Juuripaakun turpeen jäädessä näkyviin se haihduttaa turpeen kautta juurakon kuivaksi, jolloin kasvi kuolee. Igniscum viihtyy sekä keveillä että jäykillä maalajeilla. Maan hidas lämpiäminen keväällä on kuitenkin haitaksi Igniscumin kasvulle. Kasvupaikoista myös hallanarat alueet eivät sovi sille, koska kasvulla ei ole lainkaan pakkasen kestävyyttä. Keväällä palettuneet versot kuolevat, mutta uutta versoa alkaa kuitenkin kasvaa maanalaisista juurisilmuista, mikä lyhentää kuitenkin kasvin kasvu-aikaa. Istutukseen voidaan käyttää edellä kuvattu istutuskonetta. Työsaavutuksena käsin istutuslokerikkoon taimen sijoittavilla koneilla on noin 3000 tainta tunnissa istutusyksikköä kohden riippuen

käytetystä taimitiheydestä. Harvemmillä istutustiheyksillä työsaavutus pienenee, koska ajonopeutta ei voida kohtuuttomasti nostaa istutuskoneen toimivuuden kannalta. Istutuksessa työvoimana olisi kenties mahdollista hyödyntää myös kausityövoimaksi marjatiloilta saapuvaa työvoimaa. Automaattisilla istutuskoneilla työvoiman tarve supistuu yhteen koneetta käyttävään henkilöön.

2.6 Kasvuston hoito

Istutuksen jälkeen on huolehdittava taimien juurtumisesta. Istutuksen yhteydessä löyhäksi jäänyt maa jyrätään kapilaarisen veden nousun parantamiseksi. Jyräykseen sopii rankojyrää paremmin tiivistävä kamriikkijyrä, joka on myös hellävaraisempi taimien lehdille. Jos jyräyksellä ei saada muodostumaan riittävää kontaktia maan ja juuripaakun välille on maa kasteltava ainakin istutusriviltä. Tällöin on mahdollista käyttää lietalannan levitykseen käytettäviä letkulevittimiä, joiden letkut voidaan kohdistaa riveille kiinnittämällä useampia letkuja läheltä maanpintaa toisiinsa poikittain letkuihin nähden sidotun riman avulla. Samalla on mahdollista levittää myös lannoitteeksi karjalannan nesteperäisiä jakeita kuten virtsaa, lietettä tai biokaasulaitosten rejektivesiä.

Hoitoon liittyvät istutuksen jälkeen myös kasvuston haraukset, joilla poistetaan rikkakasveja rivien välistä. Haraukseen voidaan käyttää juurikasvien harausvälineistöä. Sokerijuurikkaan haraukseen kehitetyt harat soveltuvat hyvin vielä pienien taimien haraukseen, mutta taimien kasvaessa haroista on poistettava suojalautaset, jotta taimet eivät vahingoitu ja taimien lähelle kasvaneet rikkakasvit voidaan mullata. Mitä suurempaa nopeutta voidaan käyttää, sitä tehokkaammin saadaan peitettyä istutusriveillä kasvavia pieniä rikkakasveja. Rikkakasvien riviltä poistoon voidaan käyttää myös sormikiekkoharoja, jotka möyhivät riviä sormien tavoin molemmin puolin riviä.



Kuva 11.
Sormikiekkoharoilla rikkakasvien poisto onnistuu myös riviltä. Rivien välistä rikkakasvit torjutaan samalla ajokerralla hanhenjalkavantaila tai S-piikillä.
Kuva Hatzenbichler.

Haroja on sekä itseohjautuvia että ohjattavia. Itseohjautuvat harat kulkevat traktorin perässä keskittämällä itsensä traktoriin nähden tai seuraamalla maahan istutuksen yhteydessä vedettyä uraa tai myös seuraamalla optisesti taimiriviä, mikä ei ole kuitenkaan Igniscumin

kohtalla käytännöllinen ratkaisu, sillä pieni taimi ei kasvata aluksi paksua vartta vaan ohut varsi alkaa aluksi lamoamalla peittää maata. Tällöin rivi on leveä eikä optinen ohjaus toimi kunnolla. Ohjattavat harat voivat olla traktorin eteen kiinnitettyjä etuharoja joita traktorin kuljettaja ohjaa traktorin liikkein tai traktorin takana olevia, joita ohjaa toinen henkilö. Harauksia ehditään tehdä ainoastaan 2-3 kertaa, ennen kuin kasvusto alkaa peittää istutusrivejä ja on korkeudeltaan niin korkea, että haraus ei ole mahdollista ilman harauksen aiheuttamia kasvustovaurioita. Harojen runkorakenteen korkeus on samaa luokkaa traktorien maavaran kanssa. Harauksia ei voida tehdä enää myöhempinä vuosina, sillä riviväleihin alkaa pian muodostua juuriversoja. Haraukselle vaihtoehtoinen toimenpide on rikkakasviäestys rikkaäkeellä, jos maassa on pieniä itäneitä siemenrikkakasveja eikä juuririkkakasveja, jota rikkaäkeellä ei voida torjua. Rikkaäkeessä on oltava riittävän korkea runkorakenne ja pitkävartiset jousisilmukalla varustetut piikit, jotka väristessään multaavat pieniä rikkakasvien taimia.



Kuva 12.
Rikkaäes on nopea työväline rikkakasvien torjunnassa. Kuva Hatzenbichler

2.7 Muokkaus

Perusmuokkaus on hyvä tehdä jäykällä mailla jo kasvuston perustamista edellisenä syksynä kyntämällä tai kultivoimalla maa 20 cm syvyyteen. Perusmuokkauksen jälkeen maa muokataan istutussyvydeltä hienoksi tehokkaalla äkeellä tai jyrsimellä. Kelajyrsin ja vaakatasojyrsin käyvät yhden ajokerran muokkaukseen, vaakatasojyrsin muokkaussyvyys on riittävä ja työleveys on kuitenkin kelajyrsimiä suurempi ja näin ollen myös työtehokkuus. Jos istutuskoneessa on istutusvaon auki vetävä vannas, muokkaus tehdään keväällä maan lämmettyä savimailla istutussyvyyteen siten, että istutuskoneen vannas ylettyy muokkaamattomaan maahan. Tällöin saadaan istutuspaakussa olevat juuret varmemmin kosteaan maahan ja varmistettua parempi juurtuminen. Kevyemmällä hietamailla perusmuokkaus voidaan tehdä vielä keväällä maan lämpiämisen parantamiseksi. Kevyillä mailla kapilaarinen veden nousu on nopeampaa, mikä pitää maan pidempään kosteana pintaan asti ja kosteuden haihtuessa maasta se samalla pysyy viileänä. Keväällä kynnetty tai syvältä kultivoitu maa pitää saada istutettua mahdollisimman pian, jotta maa ei kuivu liiaksi ja jotta mahdolliset sateet eivät keskeytä työtä. Löyhän, syvältä muokatun maan kuivuminen kestää uudelleen kylvökuntoon huomattavasti kauemmin kuin muokkaamattoman maan,

joten suurten istutusalojen olleessa kyseessä kannattaa muokata etukäteen vain päivittäin istutettavaksi aiottu maa-ala.

2.8 Satovuosien lannoitus

Lannoitus tapahtuu viljavuusanalyysitietojen perusteella. Korjattua kuiva-ainetta tonnia kohden pääravinteiden tarve on taulukon 1. mukainen.

Taulukko 1. Igniscumin ravinnetarve tuotettua kuiva-ainetta tonnia kohden (Fechner 2012).

Ravinne	N	P	K	Ca	Mg
Kg/sadon k-a t.	5,2	0,5	6,2	9,7	1,0

Typpilannoitukseen soveltuvat moniravinteiset mineraalilannoitteet, biokaasureaktorioiden mädätysjäännökset, kompostit, karjanlanta, - virtsa sekä lietteet. Kiinteät mädätysjäännökset, kompostit, karjanlanta kannattaa levittää maahan jo syksyllä ennen perusmuokkausta. Kasvuston perustamisvuonna mineraalilannoitteet ja nestemäiset orgaaniset lannoitteet voidaan sijoittaa vantaiden avulla kasvustoon vielä istutuksen jälkeenkin. Myöhemmin vuosina lannoitusta kasvien lehdille tulee välttää ja ravinteet antaa mahdollisimman aikaisin heti kevätkorjuun jälkeen ennen versojen työntymistä maan pinnalle. Karjan lietelannat voidaan johtaa kasvustoon varhain keväällä letkulevittimillä varustetuilla lietevaunuilla.

Puhdistamolietteitä voidaan käyttää kasvin fosforitarpeen täyttämiseen ja typpi sekä kalilannoitustarve täydennetään tarpeen vaatiessa epäorgaanisilla lannoitteilla. Puhdistamolietteissä typpi ja fosfori ovat sekä sitoutuneena orgaaniseen ainekseen että liukoisessa muodossa, kalium on puolestaan pääosin liukoisessa muodossa. Yhdyskuntalietteitä käytettäessä voidaan fosforilannoituksessa käyttää fosforin tasausta ja antaa kerralla neljän vuoden fosforilannoitustarvetta vastaava määrä lietettä maan viljavuusanalyysien perusteella. Yhdyskuntalietteet ovat tuotteen toimittajasta riippuen olleet vastaanottajalle maksuttomia pellolle toimitettuna noin 50 km etäisyyksille asti, kun taas maanparannusaineina markkinoidut kompostoidut tuotteet, joihin on sekoitettu turvetta, ovat olleet useimmiten maksullisia. Tuotteen levitys tapahtuu vastaanottajan toimesta karjan kuivalannan levittimellä, levitykseen on mahdollista käyttää myös urakoitsijaa, joka kuormaa ja levittää puhdistamolietteen pellolle. Yhdyskuntalietteen mädätysjäännöksessä (Biovakka Humusvoima Turku) kokonaistyppipitoisuus on 11,3 kg/tn tuoretilavuudessa (tilavuuspaino 1000kg /m³), jossa vesiliukoisen typen määrä on 1,4 kg, kokonaisfosforia on 8,3 kg, josta vesiliukoista 0,1 kg ja kalia 0,3 kg/m³. Tuotantoeläinten lannasta valmistetussa mädätysjäännöksessä (Biovakka Humusvoima Vehmaa) vesiliukoisen typen määrä on suurempi kuin yhdyskuntajätteestä valmistetussa. Orgaanisista lannoitevalmisteista mädätysjäännösten rejektiovesi esim. Biovakka Woimakas sisältää vesiliukoista typpeä tuoretilavuudessa 24 kg/m³, kokonaisfosforia 1,7 kg/m³ vesiliukoista fosforia 0,5 kg/m³ ja kalia 4 kg/m³. Igniscum ottaa yhdyskuntalietteissä olevia raskasmetalleja maasta tehokkaasti suuren kuiva-ainesadon mukana, mm. kuparia muille kasveille myrkyllisissä pitoisuuksissa. (Isong Godlove Tingwey, Seth Nii-Annang, and Dirk Freese)



Happamilla mailla kalkituksen avulla on pyrittävä pitämään yllä riittävää pH tasoa, vaikka kasvin viihtyvyys alue on pH 5,5 - 6,5. Saksalaisten kokemusten mukaan kalkitus keväällä sadonkorjuun jälkeen estää kasvin lehtien kellastumista ja kasvun hidastumista.

2.9 Sadonkorjuu

Ignicum Basic on kuivana korjattavaa ja korjuu tehdään aina kevättalven ja kevään aikana, kun lumi on sulanut ja on mahdollisesti vielä routaa pintaan asti, jolloin maan rakenteelle aiheutetaan mahdollisimman vähän vaurioita. Parhaimmillaan kasvuston kosteus voi jäädä keväällä alle 11 %:a, joka mahdollistaa tarvittaessa korjatun materiaalin pelletöinnin ilman erillistä kuivausta. Korjuuseen soveltuvat parhaiten maissinkorjuuseen kehitetyt itsekulkevat silppurit, jotka on varustettu rivivälistä riippumattomalla korjuupäällä. Itsekulkevia korjuukoneita valmistavat mm. John Deere, Krone, Claas ja New Holland. Riviväliriippumattomia korjuupöytiä ovat mm. Kemper C300, Krone Easy Collect 6000 FP ja Claas Orbis sarjojen korjuupöydät. Etunostolaitteisiin tai taakseajolaitteella varustettuun traktoriin kiinnitetty Kemper Champion riviväliriippumaton säilörehun korjuukone toimii pienempien alojen korjuussa. Korjuu tapahtuu korjuukoneen vierellä kulkevaan traktorin vetämään perävaunuun. Traktori kuljettaa silputun massan terminaalivarastoon aumaan tilakeskuksen läheisyyteen tai kovapohjaiselle peltomaalle josta kuorma-autokuljetukset ja lastaukset tapahtuvat auman purkuvaiheessa. Korjuuketjun tarvitaan useita traktoreita samanaikaisesti kuljetustehtäviin pelloilta terminaalivarastoon korjuun mahdollistamiseksi katkeamattomana. Lyhyilläkin kuljetusmatkoilla tarvitaan vähintään kaksi satoa pelloilta pois kuljettavaa traktoria korjuukonetta kohden. Pitempiä korjuun yhteydessä tapahtuvia kuorma-autokuljetusmatkoja varten traktorin perävaunussa käytetään vaihtolavakonttia, jonka traktori siirtää kuorma-autokuljetusta varten paikkaan, mistä kuorma-auto voi ottaa kontteja perävaunuun ja lavalle. Täysperävaunulla varustettuun kuorma-autoon mahtuu kolme konttia.

Irtotavaran ominaispaino on keväällä korjatulla kuivalla Ignicum Basicilla 130 - 150 kg/m³, kun silpun pituus on 30 mm. Silpun pituuden pieneminen lisää tuotteen ominaispainoa, silpun pituudella 4-17 mm ominaispaino saavuttaa 160 kg/m³, mutta pienijakoisemman silpun tekeminen kuluttaa enemmän energiaa. Myös massan täristäminen kuljetusvaunussa nostaa sen ominaispainoa. Silpun tiheyttä voidaan lisätä myös käyttämällä lastauksen aikana hydraulikkamootorilla pyörivää täristintä. Täristin asennetaan traktorin perävaunun vaihtolavalaitteisiin siten, että tärinä saadaan johdettua kuljetuskonttiin. Täytön aikana täristintä käytetään silpun tiiviimmän pakkautumisen aikaansaamiseksi.

Korjuun jälkeen terminaalivarastossa voidaan pidempiä kuljetusmatkoja varten silppu paalata esim. norjalaisvalmisteisella Orkel pyöröpaalaimella, jolloin ominaispaino nousee 400 kg/m³. Paalauksen jälkeen paali kääritään verkkoon tai muoviin, jolloin se saadaan säilymään kastumattomana ulkovarastossa. Muoviin käärittämisen haittapuolena on kuitenkin kustannusten lisääntyminen, vaikka käärintämuovi voitaisiin polttaa polttolaitoksessa. Kasvusto voidaan paalata suoraan myös esimerkiksi Kuhnin valmistamalla etuniittolaitteeseen sovitetulla biomassan korjuuyhdistelmällä, joka katkaisee ja murskaa karholla korjattavan biomassan ja jonka traktorin perässä kulkeva suurkanttipaalain paalaa. Näin korjuu voidaan järjestää yhden ajokerran menetelmällä. Paalit kerätään etukuormaimen paalipihdeillä paalivaunuun kuljetettavaksi pelloilta terminaalivarastoon tai suoraan käyttökohteeseen.



Kuva 13. Kuhn WS 320 BIO biomassan niittomurskain ja suurkanttipaalain. Kuva Kuhn.



Kuva 14. Igniscum Basicin sadonkorjuu itsekulkevalla ajosilppurilla vierellä kulkevan traktorin perävaunuun. Kuva Conpower.

Biokaasun raaka-aineeksi soveltuvan Igniscum Candy kuiva-ainepitoisuuden on hyvä olla korjuussa 28 - 35 % säilörehun teon varmistamiseksi. Igniscum Candyä voidaan kasvukauden aikana korjata 4-6 viikon välein, mikä Suomen kasvuolosuhteissa tarkoittaa maksimissaan kolmea korjuu kertaa. Leikkuukorkeudella on vaikutusta kasvuston jälleenkasvukykyyn. Jos kasvusto leikataan aivan maan rajasta, voi kasvusto uusiutua vain juurisilmuista muodostuvista versoista, jolloin jälkikasvukyky on heikompaa. Jos kasvusto leikataan 30 cm korkeudelta, kasvi uusiutuu myös varsisilmuista, joita kehittyy jäljelle jääneeseen varrenosaan. Igniscum säilörehun ominaispaino on 300 - 500 kg/m³ silpun pituudella 6-8 mm.

Taulukossa 2. on MTT:llä Piikkiössä 2010 perustetun Igniscum kasvuston kasvukausilla 2012 - 2014 tuottamia satoja. Varsista ja lehdistä muodostuneet sadot ovat vihreätä tuoresatota, joka soveltuu biokaasutuotantoon. Kasvusto ei tuleennu Suomessa itsestään, vaan ensimmäiset pakkaset lopettavat kasvun syksyllä, jolloin lehdet kuivuvat ja karisevat maahan. Lehtien mukana kasvusta jää vuosittain maahan noin 10 tn/ha orgaanista ainesta. Keväällä korjattavasta sadosta saatiin korjattua vain noin puolet vuonna 2013 siitä mitä kasvukauden jälkeen oli pellolla. Kasvuston kosteus oli korjuuhetkellä 12,7 %, mikä on riittävän alhainen pitoisuus varastoinnin kannalta. Taulukossa 3. on Piikkiössä MTT:n puutarhatutkimuslaitoksella olleiden suomalaisilta taimistoilta kerätyistä Sahalinin tatarkannoista perustetuilta koealoilta keväällä kerätyt kuiva-ainesadot. Koealat olivat kooltaan 6 m² suuruisia. Istutus alat olivat rajattu toisistaan hakkeella ja nurmikaistoilla. Koealoilta korjattiin sato koko 6 m² alueelta, eikä reunavaikutusta voitu huomioida. Yksi kannoista oli heikompi sadon tuottaja molempina korjuukertoina ja yksi kanta tuotti hieman muita suuremman kuiva-ainesadon molempina vuosina. vastaavaan aikaan neljä vuotta vanhempina kasvustoina jättitatar tuotti satoa Igniscumia enemmän. Syynä tähän oli, että jättitatar kasvusto oli iältään vanhempaa ja oli muodostanut koko koealueelle tasaisesti Igniscumin varsia halkaisijaltaan kookkaampia versoja. Jättitarta ja Japanin tatarta pidetään ympäristölleen haitallisina kasveina niiden voimakkaan leviämisen johdosta. Koealalla kasvaneet jättitattaret eivät olleet kuitenkaan levinneet istutusalueensa ulkopuolelle

vaikka täyttivät koko istutusalueensa juuriversoista muodostuneilla varsilla. Samalla alueella kasvaneet japanin tattaret muodostivat runsaasti siementaimia.

Taulukko 2. Igniscumin sadot kasvukausilla 2012 - 2014 Piikkiössä. Kasvusto on perustettu vuonna 2010.

Lannoitus N-P-K kg/ ha	Korjuu aika	K.a.- pitoisuus %	Tuoresato kg/ha	Kuiva- aine sato kg/ha	Sadon muodostaneet kasvuston osat
370 -11 -11	3.7.2012	20.8	70200	14640	varret ja lehdet
370 -11 -11	3.8.2012	27.2	88720	24150	varret ja lehdet
370 -11 -11	25.9.2012	36.6	75500	27670	varret ja lehdet
370 -11 -11	15.11.2012	31.6	41670	15265	varret
370 -11 -11	30.4.2013	87.3	8833	7713	varret
370 -11 -11	17.6.2014	15.9	109700	17500	varret ja lehdet
370 -11 -11	15.9.2014	37.9	59440	22570	varret ja lehdet



Kuva 15. Kuva Sahalinintatar kantoja Piikkiössä 4.7.2011

Taulukko 3. Fallopia sachalinensis kantojen varsien määrä ja kuiva-aine sadot kevätkorjuussa Piikkiössä 2011 ja 2012, kasvusto on perustettu 2006.

Tatarkanta numero	2011 varsia kpl/ m2	2011		2012		
		kuiva- ainetta g/varsia	kuiva- aine sato kg/ha	kuiva- ainetta g/varsia	kuiva- aine sato kg/ha	
193401	38	55,1	20769	40	69,6	29081
193402	31	83,3	26086	33	98,1	31163
193403	18	83,7	14927	29	74,4	22019
193404	21	94,7	20053	37	79,8	30328

193405	28	99,6	27386	35	86,2	31436
--------	----	------	-------	----	------	-------

2.10 Varastointi

Kuiva silppu aumataan kovapohjaiselle alustalle, joko lämpövoimalaitosalueelle tai muulle kentälle välivarastoon myöhempää jatkokuljetusta odottamaan. Jos korjatun Igniscumin kosteus on alle 20 %, voidaan silppu varastoida ilman erillistä kuivausta. Auman korkeus voi olla korkeintaan 7 m auman massan itsesyttymisen estämiseksi. Auma muodostetaan pellolta varastointipaikalle tuoduista kuormista kurottajalla kasaamalla. Kuljetukseen pellolta voidaan käyttää myös turvesoilla käytettäviä perävaunuja, joilla voidaan ajaa myös auman päälle tyhjentämään kuormaa ja saada siten aikaiseksi korkeampi auma. Turvesoiden perävaunut eivät ole vielä käytössä soilla Igniscumin korjuuaikana. Auman valmistuttua se peitetään TOPTEX peitteillä tai vastaavilla katemateriaaleilla, jotka painotetaan esimerkiksi puunrangoilla, kuormalavoilla, käytöstä poistetuilla auton renkailla tai vastaavilla. Lisäksi auma on hyvä sijoittaa tuulelta suojaisaan paikkaan, jotta katemateriaalin pysyminen paikoillaan varmistuisi. Jos korjattu kuiva Ignicum silppu paalataan ja kääritään muoviin, paalit säilyvät kuivina sellaisenaan odottaen kuljetusta käyttökohteeseensa.



Kuva 16. Silputtu biomassa voidaan paalata kuljetusta varten mm. norjalaisella Orkel MP Compactor paalaimilla ja kääriä muoviin varastoitaviksi. Kuva Orkel.



Kuva 17. Paalin tilavuus on 0,48 m³-1,25 m³ paalaimen koosta riippuen. Kuva Conpower

Tuoreena korjattu tatar säilötään laakasiiloihin ja tiivistetään painavalla kapearenkaisella ajoneuvolla, jotta pintapaine saadaan riittävän suureksi ja silputussa massassa oleva ilma poistettua. Tiivistämisen jälkeen auma peitetään ilmatiiviisti muovilla säilörehun lämpenemisen ja pilaantumisen estämiseksi. Vaihtoehtoisesti tuoreena korjattu massa voidaan säilöä puhaltamalla ilmavirran mukana ilmatiiviisiin tornisiiloihin, jossa tiivistyminen tapahtuu puhalluksen ja massan oman painon avulla. Ilmatiiviiden säiliöiden tyhjennys tapahtuu säiliön sisään asennetuilla purkulaitteilla pinnalta käsin koneellisesti.



Kuva 18. Igniscum Candy korjuuta vierellä kulkevaan traktorin perävaunuun. Kuva Conpower.



Kuva 19. Riviväliriipumaton korjuupöytä. Kuva Kemper.

2.11 Käyttö

Kuiva Igniscum Basic silppu voidaan pelletöidä jauhamisen jälkeen. Igniscum pelletöityy helposti ilman sidosaineita korkean ligniinipitoisuutensa (22 %) johdosta. Igniscumin kuiva silppu soveltuu poltettavaksi puuhakkeen tavoin lämpövoimalaitoksissa. Pelletöinti lisää massan tilavuuspainon 4,7 kertaiseksi 760 kg/m^3 , mikä auttaa vähentämään varastointitilan tarvetta ja parantaa tuotteen kuljetettavuutta

Igniscum Candy soveltuu suoraan tai säilönnän jälkeen käytettäväksi biokaasulaitoksessa fermentoitavaksi. Basergan tutkimusten mukaan Igniscum Candy teoreettinen biokaasun tuotto on $560 \text{ Nm}^3/\text{t}$ orgaanista kuiva-ainetta ja $158 \text{ Nm}^3/\text{t}$ tuoreainetta kohti, josta metaanin osuus on 52,4 %. Maissin ja Igniscumin seoksissa biokaasun tuotto on jopa ollut suurempaa kuin kummankaan biokaasutuotto erikseen.

2.12 Kasvuston lopetus ja uudelleen muuhun viljelyyn ottaminen

Igniscum kasvusto voidaan ottaa uudelleen viljelykiertoon, jos kasvilla ei ole enää taloudellista käyttöä tai kasvusto on heikentynyt, tätä ei saksalaisten kokemusten mukaan ole kuitenkaan tapahtunut vielä nyt jo yli 20 viljelyvuoden aikana. Kasvuston lopettaminen pitäisi tehdä useamman erillisen toimenpiteen yhdistelmänä. Vanha kasvusto on saatava heikennettyä niittämällä ja korjaamalla kasvustojätteet pois tai laiduntamalla esimerkiksi lampaiden tai vuohien avulla. Heikennetty kasvusto tuhoetaan lopullisesti kemiallisesti glyfosaatilla useamman kerran kasvukauden aikana jos on tarpeellista. Igniscum kasvuston juuristo on pääasiallisesti alle 0,5 m syvyydessä, jolloin se ei aiheuta salaojitukselle vahinkoa tukkimalla niitä. Juuristo kasvutaipumus on kasva ja levittyä lähellä pintaa.

Baserga U., 1998, Landwirtschaftliche Co-Vergärungs-Biogasanlagen, FAT-Berichte Nr. 512
Dickeduisberg M. Landwirtschaftszentrum ZNR – Haus Düsse

Fechner H. IGNISCUM: Kultivierung und Anwendung auf Grundlage der bisherigen



Isong Godlove Tingwey, Seth Nii-Annang, and Dirk Freese Potential of *Igniscum sachalinensis* L. and *Salix viminalis* L. for the Phytoremediation of Copper-Contaminated Soils Hindawi Publishing Corporation Applied and Environmental Soil Science Volume 2014, Article ID 654671, 6 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2014/654671>

Kaakinen S. ja Kukkonen S. Pistokaslisäyksen tehostaminen valiotaimituotannossa 30.5.2014

3 Virginian malvan (*Sida hermaphrodita*) viljely

Virginian malva on malvakasvien heimoon kuuluva perennoiva kasvi, jota on erityisesti Puolassa tutkittu bioenergiakasvina. Kasvin ominaisuuksia on tutkittu mm. maaperän stabiloijana, rehuksena, mesikasvina, kuitukasvina sellu ja paperiteollisuudessa (Spooner et al.1985). Kasvi on alkuaan kotoisin Appalakein vuoristosta, missä se viihtyy aurinkoisilla ja puolivarjoisilla hiekka- tai kivikkopohjaisilla jokien rannoilla ja kosteikoissa, jotka ovat veden peittäminä ympäri vuoden

Bioenergiakäytön ohella kasvi soveltuu vihreänä korjattuna korkean valkuaispitoisuuden (lähes 30 %) johdosta ravitsevaksi eläinten rehuksi (Styk B.1984, Borkowska H., Styk B.1997,2006). Kuivana keväällä korjattua materiaalia voidaan käyttää eristeenä ja mäntykuidun tapaan selluloosana. Vihreää kasvustoa voidaan hyödyntää lääke-, rehu-, hunaja- ja biokaasutuotannossa. Lyhytkierto bioenergiakasvina sitä hyödynnetään mm. pelletteinä, briketteinä, biokaasuna, metanolina, selluloosapohjaisena etanolina voima- ja lämpölaitoksissa.

3.1 Kasvuston perustaminen

Virginian malvalla kasvuston perustaminen tehdään keväällä hyvin valmisteltuun maaperään, kuten muillakin monivuotisilla kasveilla. Juuririkkakasvit on hyvä saada poistettua kasvupaikalta jo ennen kasvuston perustamista edellisen vuoden syksyllä glyfosaattikäsittelyllä. Jos maa tarvitsee kalkitusta, on kalkitus hyvä tehdä vielä ennen syyskyntöä, sillä pysyvässä pitkäikäisessä kasvustossa ei enää ole mahdollista toteuttaa kalkitusaineiden multausta. Kynnöksen tasaaminen vielä syksyllä on eduksi, jos kasvusto perustetaan suoraan kylvämällä. Maaperän viljavuudessa hyvät fosfori-, kali- ja magnesiumarvot ovat eduksi, samoin neutraalista hieman happamaan oleva pH.

Kasvusto on mahdollista perustaa suoraan siemenestä kylvämällä aikaisin keväällä. Kylvö onnistuu parhaiten kivennäismailla, joilla veden kapilaarinen nousu on hyvä, sillä pieni siemen joudutaan kylvämään noin 2 cm syvyyteen. Tämän johdosta on tärkeää, että maa on syksyn jälkeen jo tasainen pinnasta eikä siinä ole suuria kuoppia, joihin kevätmuokkauksessa siirtyy pintamaata, jossa siemen ei saa kosteutta itääkseen. Pieni kylvösyvyys edellyttää matalaa muokkausta, joka ei saa juuri olla kylvösyvyyttä suurempi. Jos maa on muokkaushetkellä kylvösyvyydeltä jo päässyt kuivamaan siten, että siemen ei pääse kosketukseen kostean maan kanssa, muokkaussyvyyttä voidaan suurentaa ja käyttää tarkkuuskylvökoneessa ns. kokkareuroja, joilla voidaan siirtää kylvöriivin kohdalta kuivaa maata pois siten että kylvösyvyys ei muodostu liian syväksi ja kylvövannas yltää muokkaamattoman maan pintaan, johon siemen asettuu. Kylvö suoritetaan tarkkuuskylvökoneella riveihin, joiden väli voi vaihdella 0,5 - 0,75 m. Kasvuston

perustamiseen tarvitaan siementä 1-2 kg /ha siemen itävyydestä riippuen. Tuhannen siemenen paino on vain 4-4,5 g, jolloin siemeniä tulee 22,5 – 45 kpl/m², tavoitteena olisi saada noin 100 000 tainta hehtaarille, jolloin kasvusto täyttäisi nopeasti kasvualustan muodostamallaan versoilla. Siemenen itävyydessä on suuria eroja eri vuosien ja eri tuotantoerien välillä. Siementen itävyys voi olla kovan siemen tähden ainoastaan 5-10 %. Siemenen käsittely ennen kylvöä hankaamalla siemenen pintaa on parantanut siemenen itävyyttä, samoin kuin kastaminen kuumaan veteen on nostanut siemenen itävyyden 50 %:iin. Suodattamalla kuumavesikäsitellyssä pinnalle jääneet siemenet pois, on Virginian malvan itävyys voinut parhaimmillaan nousta 80 %:iin. Puolen tunnin upotus 95 % rikkihappoon on parantanut parhaiten Virginian malvan itävyyttä (Packa, D. et al. 2014). Siementen heikon itävyyden johdosta kasvusto voidaan perustaa myös istuttamalla siemenestä teetetyistä taimista, jolloin kasvustosta saadaan tasainen, sekä myös juuripistokkaista.



Kuva 20. Siemenestä kasvatettuja ja kouluttuja Virginian malvan taimia.

Vaikka kylmät ja kuivat sääolosuhteet keväällä estäisivät kasvin siementen itämisen ja versojen kasvun, kasvi selviytyy -35 °C kylmyydestä ja kuivuudesta voimakkaan juuristonsa avulla. Keväällä jokainen kasvi tuottaa 20–40 versoa, jotka saavat alkunsa lepotilassa olleista juurisilmuista. Syksyisin varret ja lehdet kuivuvat ja niiden sisältämät ravinteet palautuvat juuristoon odottamaan seuraavan vuoden uutta kasvua.

3.2 Lannoitus

Lannoitukseen soveltuvat mainiosti kierrätyslannoitteet, kuten komposti, jätevesiliete ja karjan lanta. Mineraali lannoitteilla lannoitus käy kätevästi, mutta se ei ole mielekäästä niiden korkean hintatason vuoksi. Kuiva-aineessa poistuu typpeä 0,54 %, fosforia 0,075 % ja kalia 1,24 % (Szyslak-Bargłowicz), mistä voidaan johtaa Virginian malvan vuotuinen lannoitustarve eri satotasoilla. 10 t/ha sadolla typpeä poistuu 54 kg, fosforia 7,5 kg ja kalia



124 kg hehtaaria kohden. Suurin osa juuristoa sijoittuu kasvualustan ylimpään osaan, josta kasvi saa tarvitsemansa veden ja ravinteet nopeimmin käyttöönsä.

3.3 Hoitotoimet kasvukaudella

Kasvusto ei tarvitse perustusvaiheessa muita hoitotoimenpiteitä kuin rikkakasvien torjuntaa. Kasvuston hitaasta perustamisvuoden alkukehittymisestä johtuen Virginian malva on herkkä rikkakasvien kilpailulle kylvö vuonna. Jos kasvusto perustetaan taimista tai juuripistokkaista, glyfosaatti-käsittelyllä ennen istutusta saadaan poistettua suuri osa rikkakasveista ja myös jo taimettuneet juuririkkakasvit. Kestorikkakasvit on kuitenkin syytä saada torjuttua jo ennen kasvuston perustamista. Valikoivia herbisidejä ei ole käytettävissä Virginian malvalle, joten rikkakasvien torjunta joudutaan kylvetyissä kasvustoissa tekemään ennen Virginian malvan pintaan tuloa glyfosaatilla, jos rikat taimettuvat ennen sitä. Haraus on ainoita keinoja kitkennän ohella poistaa rikkakasvit jo taimettuneesta kasvustosta. Taimettumisen jälkeen rikkakasvien torjunta voidaan tehdä rivisuojuksin varustetulla riviväliruiskulla. Jos kasvusto perustetaan istutettavista taimista, ennen istutusta voidaan käyttää viimeisen kylvömuokkauksen jälkeen rikkakasvien taimettumista estävää herbisidiä, joka muodostaa rikkakasveja tuhoavan kalvon maan pinnalle (aklonifeeni, Fenix), mutta ei haittaa istutettavien taimien kasvua. Kylvössä käytetty 0,5 - 0,75 m riviväli on edellytyksenä rikkakasvien riviväleistä tapahtuvalle haraukselle. Haraukseen soveltuvat mm. sokerijuurikasharat samoin kuin Igniscumin hoitotoimenpiteissä. Myös rikkaakeillä voidaan torjua pieniä juuri taimettuneita rikkakasveja riveiltä ja niiden välistä, kun Virginian malvan taimet ovat vielä pienehköjä, alle 20 cm korkuisia. Taimien kasvaessa rikkakasviäkeellä tapahtuvassa rikkakasvien torjunnassa taimien vaurioituminen lisääntyy.

3.4 Kasvuston korjuu

Hyvinkin perustettu kasvusto tuottaa biomassaa heikosti vielä perustamisvuonna, mutta seuraavina vuosina kasvu on nopeaa, riippuen sää- ja kasvupaikan olosuhteista. Versot kasvavat vuosittain 3-4 m mittaiskesi. Ensimmäinen korjattava sato saadaan vasta kasvuston perustamisesta seuraavan kasvukauden jälkeisenä keväänä.

Jos Virginian malvan biomassaa käytetään kuivana, kasvin korjuu tehdään keväällä ennen uuden kasvun alkua varsiston ollessa kuivimmillaan. Puolassa kasvusto korjataan talvella joulukuun ja maaliskuun lopun välisenä aikana suoraan poltettaviksi lämpövoimalaitoksilla, jolloin kasvuston kosteus on 15 - 30 %. Korjattavan massan energia-arvon tulisi täyttää 10 - 15 kJ /kg. Wardzinska K. 2000. Suomessa lumipeitteen paksuus saattaa olla esteenä talviaikaiselle korjuulle, myös varsiston kuivuminen tapahtuu usein vasta maaliskuun alkuun, kun lumet ovat käyneet vähiin ja ilman suhteellinen kosteus on alhainen. Kuivan kasvuston korjuuseen soveltuvat parhaiten mm. maissin korjuussa käytettävät ajosilppurit, korjuu voidaan tehdä myös niittokoneella ja silppuavalla korjuuvaunulla sekä traktorin etunostolaitteeseen kiinnitetyn niittomurskaimen ja traktorin takana kulkevan suurkanttipaalaimen avulla samalla ajokerralla. Biokaasun raaka-aineena kasvusto korjataan aikaisin syksyllä, kun kasvustossa on vielä vihreät lehdet tai kahdesti kasvukauden aikana. Kahdesti kasvukauden aikana korjattaessa saavutetaan suurimmat tuoresadot. Puolassa suurimmat korjatut tuoresadot ovat olleet 100 t/ha, joiden kuiva-ainepitoisuus on ollut 40 - 60 %, kahdesti kasvukaudessa tapahtuva sadonkorjuu on kuitenkin vähentänyt huomattavasti seuraavan vuoden sadon määrää. Kahdesti kasvukauden aikana tehty korjuutapa sopii sen johdosta parhaiten kasvuston lopettamisen yhteyteen.

Välittömästi tapahtuvaan biomassan polttoon ja pelletöintiin kasvuston kosteuden on oltava alle 20 %. Suomessa ilman suhteellinen kosteus on usein keväällä huhtikuussa aurinkoisina ja tuulisina päivinä ennen uusien versojen kasvua 20- 40 %, mikä mahdollistaa kuivana korjuun. Tällöin ei tarvita muuta erillistä kuivausta materiaalin varastoimiseksi, pelletöitynä tai paalattuna tai suoraan pellolta poltettavaksi. Syksyllä kasvukauden päätyttyä kasvuston kosteus on välillä 28 - 55 %, talvella kosteus on 23 - 37 % ja keväällä 16 - 25 %.

Virginian malvan sadot ovat riippuvaisia kasvuolosuhteiden lisäksi viljelymenetelmistä. Viljeltäessä Virginian malvaa jätevesilietteessä, kuiva-ainesadot ovat olleet 9 t/ha, sen sijaan hyvin perustetuilla viljelmillä hietasavimailla kuiva-aine sadot ovat nousseet 17,8 - 20 t/ha. Kasvusto voidaan perustaa viljelysmaalle, kesannolle ja lähes hiekkaiselle maalle, kosteusolosuhteet ovat ratkaisevimmat tekijät sadon muodostumisen kannalta. (Borowska, H. ja Wardzińska K. 2003.)

3.5 Varastointi ja käyttö

Korjattu silputtu massa voidaan varastoida ulkoilmassa, koska se ei ime ilman kosteutta varastoinnin aikana puuselluloosamaisen rakenteensa johdosta. Ainoastaan kasvin ohut pintakerros kostuu, mikä on kuitenkin pieni osa kasvin massasta. Kuiva, kevätkorjattu massa soveltuu poltettavaksi ilman muun polttoaineen lisäystä. Puolassa massa on lisätty mm. hienoa kivihiiltä energiasisällön nostamiseksi. Sekoituksen etuna on hiili- ja typpioksidien sekä rikkipäästöjen väheneminen pelkkään hiilen polttoon verrattuna. Virginian malvan etuna on alhainen tuhkapitoisuus, n. 2 %, myös kevätkorjattuun kuivaan massaan sitoutuu vain vähän lannoitteiden ravinteista, kuten muillakin keväällä korjattavilla perennoilla.



Kuva 21. Virginian malvan keväällä korjattua vartta silputtuna

Virginian malvaa voidaan käyttää myös raskasmetallien poistoon saastuneilla mailla, sitä voidaan myös lannoittaa jätevesilietteellä, jolloin sen varsisto ottaa yhdyskuntalietteissä olevia Co, Fe ja Ni:ä. Keväällä korjatun varsiston mukana raskasmetallit saadaan pois maasta poltossa muodostuvaan tuhkaan. Borowska, H. ja Wardzińska K. 2003, Wardzińska K. 2000.

Kirjallisuus

Borkowska H., Styk B. (1997): Virginia fanpetals (Sida hermaphrodita Rusby). Cultivation and use. Agricultural Academy of Lublin publishing house.

Borkowska H., Styk B. (2006): Virginia fanpetals (*Sida hermaphrodita* Rusby). Cultivation and use. Agricultural Academy` of Lublin publishing house. Second edition, Agricultural Academy` of Lublin publishing house.

Borkowska, H., Styk B., Molas R. Virginia mallow – Huge potential for one of the most promising perennial biomass crops 2007

Borowska, H. ja Wardzińska Some Effects of *Sida hermaphrodita* R.

Cultivation on Sewage Sludge

Spooner D., Cusick A., Hall, G., Baskin J. Observations on the distribution and ecology of *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby (Malvaceae) SIDA 11(2).215-225.1985

Styk B. (1984): Some matters of use, biology and agriculture of *Sida*. Basic research of Agriculture., 3, 3

Spooner, D.M., Cusick, A.W., Hall, G.H., Bskin, J.M. 1985. Observations on the distribution and ecology of *Sida hermaphrodita* (L) Rusby (Malvaceae) SIDA 11 (2): 215-225.

Styk B. (1984): Some matters of use, biology and agriculture of *Sida*. Basic research of Agriculture., 3, 3

Wardzinska K. 2000. Yield and absorption of heavy metals by *Sida* plantation on mineral soil and on sewage sludge. Ann. UMCS, s. E, 55, 75-87. 2000

Packa, D.; Kwiatkowski, J.; Graban, Ł.; Lajszner, W. Germination and dormancy of *Sida hermaphrodita* seeds Seed Science and Technology, Volume 42, Number 1, April 2014, pp. 1-15(15)

E. Kurucz, M. G. Fári. Improvement of germination capacity of *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby by seed priming techniques Int. Rev. Appl. Sci. Eng. 4 (2013) 2, 137–142

Szyslak-Bargłowicz Joanna Content of chosen macroelements in biomass of Virginia mallow (*Sida hermaphrodita* Rusby)

4 Energiamaissi

4.1 Johdanto

Energiamaissilajikkeiksi soveltuvat rehumaisilajikkeet, käyttötarkoituksesta riippuen. Etanoli valmistetaan käyttämällä alkoholiksi tuleentuneista maissin jyvistä jauhetuista jauhoista valmistettua mäskiä, biokaasua valmistettaessa käytetään maissista hyväksi koko maanpäällinen kasvin osa tuoreena tai säilörehuna. Etanolin valmistukseen tarvitaan aikaisemmin tuleentuvia lajikkeita, joilla tähkän osuus on kasvusta suhteellisen suuri. Biokaasun raaka-aineena käytetään myöhäisiä lajikkeita, joiden vegetatiivinen kasvuvaihe ei ole päättynyt ja tähkä on jäänyt maitotuleentumisasteelle. Maissin käytön lisääntyttä energiakäyttöön, maissinjalostajat ovat jalostaneet erityisesti tähän tarkoitukseen soveltuvia lajikkeita.

4.2 Maissin kasvuedellytykset Suomessa

Maissinkasvua rajoittaa Suomessa syksyisin pakkasen, joka pysäyttää kasvun. Maissi on erityisen herkkä pakkaselle, eikä sen solukko kestä solunesteen jääytymistä, vaan rikkoutuneet solut alkavat kuivua. Keväthallan tuhoamat pienet maissin oraat voivat kasvaa maan alta uudelleen, mutta syksyllä kasvu päättyy ensimmäisiin alle -0 °C lämpötiloihin. Siksi maissin viljelyyn soveltuvana alueena Suomessa voidaan pitää eteläisintä rannikkoaluetta Vaasan seudulle asti, sillä rannikon läheisyydessä syksyn pakkasten esiintyminen tulee myöhemmin. Maissin lämpötilavaatimuksena on 13,5–14,5 °C toukokuun ja lokakuun välisenä aikana. Maissi lopettaa kasvun tilapäisesti lämpötila ylittäessä 32 °C, jota ei Suomessa kuitenkaan saavuteta usein. Maissi on C4-kasvina lyhyenpäivänkasvi, joka ei hyödy Suomen keskikesän pitkän päivän olosuhteista. Voimakkaimman kasvun vaihe ajoittuu elo-syyskuulle öiden pimetessä ja pidetessä. Aikaisilla lajikkeilla, joilla pyritään mahdollisimman suureen tähkäsadon osuuteen, maissin kylvöaika on toukokuun ensimmäinen ja toinen viikko, jolloin tähkien täyttymiseen jää riittävästi aikaa, myöhäisemmissä kylvöissä tähkät eivät ehdi aina kasvaa täyteen kokoonsa. Parhaiten maissinviljelyyn soveltuvat maalajeista multa-, hieta ja hiekkamaat, tiivistyneet savimaat eivät ole soveliaita maissin viljelyyn. Optimaalinen maan pH maissille on 6-7 välillä, pH:n ollessa alle 5,5, maissin kasvu saattaa alkaa häiriytyä ravinteiden hyväksikäytön vaikeuduttua ja kasveille myrkyllisen alumiinin liukoisuuden lisääntyessä.

4.3 Esikasvit

Maissi ei hyödy viljelykierrosta ja maissia voidaankin viljellä samalla loholla toistuvasti. Maissi on itselleen hyvä esikasvi. Maissin juuriston nematodit lisääntyvät, mutta eivät vaikuta haitallisesti maissiin. Maissille hyviä esikasveja ovat peruna ja herne, joille maissi on myös hyvä esikasvi.

Maissin esikasvina nurmet ja laitumet eivät ole parhaita mahdollisia niillä esiintyvien sepän toukkien (*Elateridae*) vuoksi. Sepän toukat ovat haitallisia tuholaisia myös perunalla ja viljoilla. (Perunalla glykoalkaloidit mm. solaniini ovat osa kasvin puolustusjärjestelmää mm. koloradonkuoriaisia ja sepän toukkia vastaan) Sepän toukkien saastuttamien nurmien jälkeen voidaankin viljellä maissia turvallisesti vasta viiden vuoden kuluttua. Maassa elävä mato syö siemenen ontoksi jolloin itänyt taimi kuolee, kasvi voi tuhoutua myös myöhemmässä kasvuvaiheessa sepän toukkien vioittaessa kasvin juuristoa. Maissipellolla sepäntoukkien aiheuttamat tuhot esiintyvät usein laikkuna, jolloin kaikki alueen kasvit tuhoutuvat. Kemiallisesti matoa voidaan torjua maahan levitettävillä rakeilla mm. tiametoksaami (Cruiser 5FS).

4.4 Kylvö

Maissin voi kylvää, kun maa on lämmennyt yli 5 °C, mutta itäminen tapahtuu vasta maan lämpötilan ylittäessä 10 °C. Keväisin aurinkoisina päivinä maan lämpötila ylittää helposti päivisin 10 °C. Lämpötilasta riippuen pintaan tulo kestää kylvöstä 2-4 viikkoa. Jos pakkasen tuhoaa taimen, toinen verso kasvaa uudelleen viikossa.

Maissin siemenet vaativat peittauksen. Peittaukseen käytetään samoja tautipeittausaineita kuin viljoilla, mutta viljasepän toukkiin tehoa metiokarbi-peittausaine (Mesurol), joka on karbamaatteihin kuuluva koliini-esteraasi-inhibiittori.

Maissin kylvösyvyys on 4-5 cm normaaliolosuhteissa, hiekkamaissa maksimi kylvösyvyys voi olla 6 cm, mikä on riittävä syvyys vähentämään lähinnä fasaanien ja varislintujen aiheuttamia



tuhoja pienille taimille. Linnut vetävät matalassa kasvavat taimet ylös saadakseen siemenen ja maanalaisen verson syötäväksi. Sopiva siemenväli 75 cm rivivälillä on rivissä 16–20 cm, tiheämmissä kylvöissä tähkäluku jää pienemmäksi. Kylvö tapahtuu tarkkuuskylvökoneella, joka kylvää yksittäisen siemenen määräväleihin, joko kolopyörän tai pneumaattisesti toimivan reikälevyn avulla. Kylvö voidaan tehdä myös normaalilla kylvökoneella Väderstad esittelemän mallin mukaisesti sulkemalla riviväleistä neljä vannasta ja kylvämällä paririviin tasaisemman kylvön aikaansaamiseksi. Näin menetellen voidaan kylvää maissia ilman erityistä tarkkuuskylvökonetta. Tarvittava kylvömäärä lasketaan tällöin kuten viljoilla. Tällä menetelmällä kylvömäärää lisätään 10 % tarkkuuskylvöön nähden, tavoitteena 110 000 tainta hehtaarille.

4.5 Lannoitus

Lannoitus tapahtuu sijoituslannoituksena. Kylvön yhteydessä lannoiterivi sijoitetaan siemenrivistä 5 cm sivulle ja 5 cm syvemmälle. Kylvön yhteydessä maissille annetaan starttilannoituksena 30–40 kg/ha NP lannoitetta. Karjanlannan hyväksikäyttäjänä maissi on hyvä, sille voidaan antaa karjanlantaa ravinnearvojen mukaisesti täyttämään maissin ravinteidentarvetta. Maalajista ja kasvuolosuhteista riippuen maissi tarvitsee 140–150 N kg/ha 15 -20 t kuiva-ainesadon tuottamiseen. Ensimmäisen kuukauden aikana kylvöstä maissi käyttää vain 2 % koko työntarpeestaan. Jos kylvön yhteydessä on annettu vain starttilannoitus, lisätyppi annetaan maissi ollessa noin 30 cm korkuista. Lisätyppi voidaan antaa sijoittamalla typpi 20-30 cm etäisyydelle taimista riviväleihin, mitä suurempaa maissi on lannoitushetkellä, sitä laajemmalle sen juuret ovat levinneet riviltä ja alttiimpia vaurioitumaan lannoitteen sijoittamisen yhteydessä.

Fosfori on tärkeä ravinne maissin juurien ja korren kehittymiselle sekä edistää maissin tuleentumista sekä toimiin ravinteiden kuljetuksessa ja varastoinnissa ja parantaa maissin kylmänkestävyyttä. Fosforin puute näkyy ensin alimpien lehtien kärjissä punertavana värinä edeten pitkin lehden reunoja. Nuoret kasvit ovat erityisen herkkiä fosforin puutteelle kehittymättömän juuristonsa johdosta. Oireet poistuvat yleensä maissin tullessa 50–100 cm korkeaksi. Fosforin puutteelle altistavat alhaisen maan pH:n lisäksi myös viileä lämpötila, kuiva tai liian märkä maa, tiivistynyt maa, herbisidi- tai tuhohyönteisvioletus sekä juurien vaurioituminen harauksen yhteydessä. Starttifosforin käyttö kylvön yhteydessä estää fosforinpuutosoireiden ilmaantumista.

Kaliumia maissi tarvitsee yhtä paljon kuin tyypeä muodostaakseen suuren sadon. Kalium on soluliman yleisin kationi, jossa sen tehtävänä on solunesteen osmoottisen paineen säätely, jonka avulla se vaikuttaa kasvin vesitalouden säätelyyn toimimalla entsyymien aktivaattoreina solujen aineen vaihdunnassa. Kalium vaikuttaa ilmarakojen avautumisen ja sulkeutumisen sekä kasvin kylmän- ja kuivuudenkestävyyteen. Kasvi käyttää kaliumia korrenlujuuden muodostamiseen edistämällä solujen paksuuskasvua lisäämällä hiilihydraatteja synteesiin. Kaliumin puutteessa hiilihydraatteja ei siirry soluseinien rakennusaineiksi ja kasvi on herkästi lakoutuvaa. Lakoutuminen alistaa kasvin sienitaudeille. Kalilla on suuri merkitys yhteyttämistuotteiden kulkeutumiseen versoista kasvin juuriin ja ravinteiden kulkeutumiseen juurista versoihin. Kasvin nopea kasvu vaatii suurta K+ kuljetusvirtaa. Kasveilla joilla on runsaasti kaliumia käytettävissään, sen otto ja kasvu ovat tasapainossa. Kaliumin puutteen ensisijaiset oireet näkyvät lehtien koloroosina, joka johtaa lehden nekroosiin alkaen alempien lehtien lehtikärjistä edeten pitkin lehden reunoja. Korkeat kaliumpitoisuudet lieventävät maan tiivistymisen aiheuttamia kasvin stressioireita.

Hivenainepuutokset eivät maissilla ole Suomessa yleisiä. Rikkiä ja magnesiumia maissi tarvitsee noin 30–35 kg/ha vuodessa. Oireet ilmenevät useimmiten humusköyhissä hiekkamaissa erityisesti viileissä ja kosteissa olosuhteissa. Oireet näkyvät kellertävän valkoisina juonteina lehtisuonten välissä. Rikinpuutosoireet ilmenevät ylimmissä lehdissä, magnesiumin puute alimmissa lehdissä.

Sinkinpuutosoireet ilmenevät hiekkamaissa, joiden humuspitoisuus on alhainen ja fosforipitoisuus korkea viileiden ja kosteiden sääolosuhteiden vallitessa. Sinkin puutosoireet ilmenevät pienissä taimissa alkaen lehtien alapinnalta lehtisuonten välisinä vaaleina raitoina.

4.6 Kasvinsuojelu

Ensimmäinen kasvinsuojeluruiskutus tehdään tarpeen vaatiessa kahukärpäsen (*Oscinella frit*) torjumiseksi, kun maissi on 1 cm korkealla taimella, toinen 10 päivää myöhemmin yhdessä rikkakasvintorjunta-aineen kanssa. Kahukärpäsen torjuntaan soveltuvat mm. dimetootit (Roxion, Danadim ym.) sekä pyretroidit (Decis ja Karate). Kahukärpäsen heikentää kasvin puolustuskykyä, jolloin maissin nokisieni (*Ustilago maydis*) tarttuu kasviin. Sieni voi tarttua mihin kasvinosaan tahansa, mutta useimmiten saastuttaa jyvät muuttaen varsinaiset jyvät sieniksi. Fusarium (*Fusarium graminearum*) saastuttaa maissin tähkiä ja varsia.

Rikkakasvien torjuntaan hyväksytyjä aineita rehumaisilla ovat mm. Titus (rimsulfuroni), Lentagran (pyridaatti) ja Harmony 50 SX (tifensulfuroni-metyyli). Rikkakasvien torjunta on hyvin tärkeä kasvinsuojelutoimenpide, sillä rikkakasvit tukahduttavat maissikasvuston ilman torjuntaa. Rivivälin haraus on tehokas rikkakasvien torjuntakeino, jota voidaan käyttää maissin varhaisella kehitysasteella, maissin ollessa pääosin alle 30 cm korkuista. Harauksella voidaan torjua suurikokoisia rikkakasveja ja myös maissin rikkaerbisideille kestäviä lajeja. Lisäksi harauksella vähennetään herbisidikuormitusta ja kustannuksia. harausta käytettäessä hebisidien käyttö voidaan ohjata pelkästään riville. Taimivaiheessa maissi on erittäin huono kilpailija rikkakasveja vastaan, sillä rivikylyvässä maissitaimia on vain noin 8 kpl/m².



Kuva 22. Maissin lannoitus voidaan tehdä harauksen yhteydessä. Kuva Hatzonbichler



Kuva 23. Maissin harausta. Kuva Hatzonbichler

4.7 Kastelu

Maissin vedentarve on suuri, vähintään 50 mm/kk. Kastelua käytetään täydentämään maissin vedentarvetta silloin, kun riittävää vesimäärää ei saada sateiden muodossa. Erittäin tärkeää on varmistaa sadetuksella maissin pölytyksen aikainen vedentarve. Pölytyksenaikainen veden puute aiheuttaa maissilla epätäydellistä pölytystä, minkä seurauksena on lovitähkäisyttä. Kustannustehokkaampi veden saannin varmistaja on

säätösalaajitus, jolla voidaan säästää maassa olevaa vettä kasvien käytettäväksi, keväällä kevätöiden jälkeen säätökaivojen ulosjuoksutuspumput nostetaan ylös veden säästämiseksi maassa ja lasketaan alas ennen korjuukauden alkua maan kuivaamiseksi juuristovyöhykkeeltä maan kantavuuden lisäämiseksi.

4.8 Korjuu

Maissin kukinta-aika on yleensä heinäkuussa, jolloin hedekukinnot kehittyvät maissikasvuston latvoihin ja emikukinnot kasvuston puoliväliin. Maissin tuleentumista voi tarkkailla puristamalla siementä kynnellä. Jos jyvistä tulee maitomaista nestettä, on jyvä vielä maitotuleentumisasteella. Taikina asteella ei jyvistä puristu ulos nestettä, mutta jyvä on vielä elastinen. Täystuleentuneena jyvä on muuttunut kovaksi ja jauhomaiseksi.

Maissisäilörehu valmistetaan taikinatuleentumisasteella. Jos syyspakkanen on lopettanut maissin kasvun, valmistetaan biokaasun raaka-aineena käytettävä säilörehu jo maitotuleentumisasteella. Maissin korjuuseen tarvitaan maissipöydällä varustettua silppuria, jotta saadaan koko kasvi korjattua ilman korjuutappioita. Sopiva silpun pituus on 2 cm. Maissikorjuupöytä on joko rivikorjuuseen soveltuva tai rivivälistä riippumaton, jolla kylvösuunnan noudattaminen ei ole tarpeen. Tehokkaimmillaan korjuu suoritetaan ajosilppurilla, joka kuormaa vierellä kulkevaan traktorin rehuvaunuun. Korjuuketjuun kuuluu useampia perävaunuja kuljettamaan rehua aumaan tai ilmatiiviiseen silloon varastoitavaksi. Maissisäilörehun puristeneste on betonia syövyttävää, joten säilörehun kanssa kosketuksiin tulevat betoniosat on hyvä suojata puristenesteeltä. Aumoissa vaaditaan pikaista tiivistystä traktorin renkailla jyräten rehun sekaan jääneen ilman poistamiseksi. Tiivistettävien säilörehukerrosten paksuus ei saa olla laakasiiloissa suuri ja tiivistävässä traktorissa ei käytetä paripyöriä, jotta puristava pintapaine on korkea. Rehun sekaan jäänyt ilma aikaansaa rehun lämpenemisen ja pilaantumisen muutamassa tunnissa. Maissisäilörehu voidaan valmistaa ilman happolisäystä korkean sokeripitoisuutensa johdosta, maissilajikkeilla sokeripitoisuudet vaihtelevat lajikkeesta riippuen 8 - 15 % välillä. Säilörehun pH laskee varastoinnin aikana arvoon 4 - 4,5.

4.9 Käyttö

Maissisäilörehu voidaan käyttää nautakarjan ruokintaan ja naudan lanta biokaasun raaka-aineeksi. Peltokasvien säilörehusta saadaan 2- 10 kertaa enemmän tuotettua biokaasua kuin lannasta. Maatilakokoluokan biokaasuvoimaloita kannattaa kuitenkin rakentaa vain karjatiloilille, joilla voidaan hyödyntää tuotettua kaasua energiana ja joilla lannankäsittely biokaasuksi tuo muita etuja mm. lannan hajuhaittojen vähentymisen myötä. Suurissa biokaasuvoimalaitoksissa maissisäilörehu voi olla muun nurmirehun ohella biokaasun raaka-aineena, maissin korkean satopotentialin johdosta. Maissista korjataan yhdellä korjuukerralla 1,5-2 kertainen satomäärä nurmikasveihin nähden, tosin Suomessa nurmien pääasiallisilla viljelyalueilla eivät maissisadot yllä samaan, kuin pitemmän kasvuajan alueilla. Lisäksi vuotuiset satovaihtelut voivat olla suurempia kasvukautta rajoittavien hallojen johdosta.

4.10 Maissin typpilannoituksen taso

Vuonna 2011 MTT:n Piikkiön peltokasvitutkimuksessa järjestettiin kahden maissilajikkeen lannoitustasokoe, jonka tarkoituksena oli selvittää tarkoituksen mukaista maissin typpilannoitustasoa. Kokeessa olleet kaksi lajiketta olivat Etelä-Suomen viljelyolosuhteisiin aikaisuutensa johdosta soveltuvia lajikkeita, joiden aikaisuutta kuvaavat FAO- luvut olivat välillä 220 - 240.

4.11 Aineisto ja menetelmät

Kokeessa oli kaksi Syngenta seeds'in maissilajiketta Cooky ja Respect. Lajikkeista Cooky oli aikaisempi ja sen FAO arvo oli 220 - 230, vain hieman myöhäisemmän Respect-lajikkeen arvo oli 240. Koealueen viljavuus on esitettyinä taulukossa 4. Maissilajikkeet kylvettiin karkealle hiedalle 17.5.2011 ruutukylvökoneella, joka sijoitti lannoitteen kylvön yhteydessä. Maissin kylvöyksiköt olivat Tumen valmistamia tarkkuuskylvöyksikköjä, joiden kolopyörien kolot olivat maissin siemenille sopivia. Rivivälinä oli 75 cm ja taimivälinä 16 cm, joten teoreettiseksi taimitiheydeksi hehtaarille tuli 84000 kappaletta. Lannoitteen kylvöyksikkönä oli Jukon valmistama telasyöttöinen rivilannoitin, joka sijoitti lannoitteen maissirivin molemmin puolin 5 cm etäisyydelle kylvörivistä ja 5 cm syvyyteen. Kylvöruudun muodostui neljästä rivistä, joista kaksi keskimmäistä olivat korjuu ruutuja ja reunimmaisat ruudut suoja.

Taulukko 4. Koelohkon maalaji ja viljavuus.

Maalaji	kok. typpi mg/l maata pH		Ca mg/l maata	K mg/l maata	Mg mg/l maata	P mg/l maata
KHt	11,71	6,77	2397	137,4	208,9	27,95

Lannoitus tasot tehtiin Yara Mila Pellon Y 1 (27-2-2,5) lannoitteella siten, että typpitasot olivat seitsemässä portaassa 30 kg välein 0- 180 kg ja lannoitteen kokonaismäärä vaihteli vastaavasti 0-667 kg 111 kg välein. Kaikkien tasojen lannoitemäärät määriteltiin ennen kylvöä kiertokokeella. Lannoittamattomia ruutuja varten lannoitteen syötön veto irrotettiin tela-akselilta ja lannoitteen sulkuluukut suljettiin.

Kasvustosta torjuttiin rikkakasvit kertaalleen Titus WSB 20 g/ha (rimsulfuroni) rikkakasvien torjunta aineella 16.6.2011. Rikkakasvitorjunnan teho oli riittävä eikä, rikkakasveja ollut haittaa maissin kehitykselle. Vähäisiä määriä rikkakasveja tuli kasvustoon elokuussa, mutta maissikasvusto esti varjostuksellaan rikkakasvien kehittymisen.

Korjuu suoritettiin kerranteittain 12.- 18.10.2011 välisenä aikana lautasniittokoneella niittäen ja punniten koko maissikasvusto korjuuruudulta. Punnituksen jälkeen edustava näyte silputtiin traktorikäyttöisellä hakettimella, joka oli varustettu neljällä leikkaavalla terällä, jonka tekemän silpuntuus oli 1-2 cm. Silputusta näytteestä otettiin näyte kuiva-aineen määrittämistä varten muovipussiin, joka suljettiin välittömästi myöhemmin samana päivänä suoritettavaa punnitusta ja kuiva-ainekaappiin laittoa varten. Näytteet kuivattiin 60 °C lämmössä 48 h ajan, jonka jälkeen mitattiin poistuneen kosteuden määrä. Jokaisesta koejäsenestä otettiin ruuduittain myös 10 kappaletta kokonaisia maissikasveja kuivumaan myöhempää fraktiointia varten.

4.12 Tulokset ja tulosten tarkastelu

4.12.1 Kuiva-aine sato

Kuiva-ainesadon määrittämiseksi punnittiin ruuduittain tuoresato ja määritettiin kuiva-ainepitoisuus. Kuiva-aine sato soveltuu parhaiten eri lannoitustasojen satojen kuvaamiseen. Taulukossa 5. on esitetty lajikkeiden sato ja kuiva-ainetuotokset. Hieman myöhäisempi Respect lajike oli noin 900 kg hehtaaria kohden satoisampi kuin Cooky -lajike. Molempien lajikkeiden sadot lannoittamattomalla 0-ruudulla olivat jo varsin korkeita, mikä osoittaa maassa olleen runsaasti ravinteita käytettävissä, tyypeä 20 cm syvässä kerroksessa 24 kg ja fosforia 56 kg/ha. Korkein tavoiteltava sato saavutettiin 150 N kg lisäyksellä. Kun lasketaan maassa käytettävissä ollut typpi tämän lisäksi, oli maissin käytettävissä yhteensä 174 N kg/ha. Korkeimmalla 180 N kg/ha lisäyksellä ei kummallakaan kokeessa olleella lajikkeella



Sustainable Bioenergy
Solutions for Tomorrow

Uusien peltobioenergiakasvien
potentiaali ja käytännön ongelmien
edulliset ratkaisut kestävässä
energiantuotannossa
Laine A.

6/15/2015

30(15)

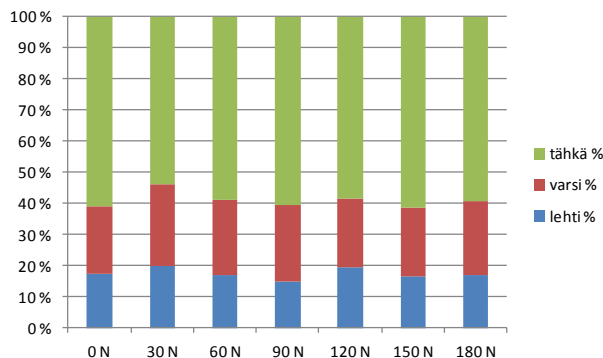
saavutettu enää merkittävää sadon lisäystä. Piikkiön Yltöisissä vuosina 2007 - 2009 hietamailla olleiden aikaisuusluokaltaan samaa luokkaa olleiden energiamaissilajikkeiden satomäärät olivat samaa tasoa kokeessa käytetyllä typpitasolla 120 kg/ha.

Taulukko 5. Cooky ja Respect lajikkeiden tuore- ja kuiva-ainesadot sekä kuiva-ainepitoisuudet korjuussa 2011 Piikkiön Yltöisissä.

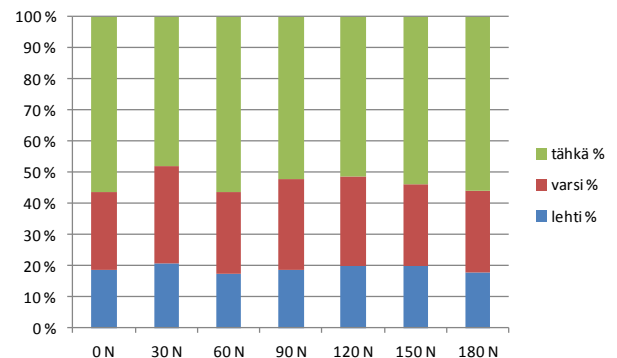
	Cooky			Respect		
	Tuore sato kg/ha	Kuiva-aine %	Kuiva-aine sato kg/ha	Tuore sato kg/ha	Kuiva-aine %	Kuiva-aine sato kg/ha
0 N	35630	28,3	9990	33130	27,4	9020
30 N	45210	27,6	12580	47500	28,0	13230
60 N	48010	25,4	12390	49790	28,9	14170
90 N	59380	26,2	15540	60830	27,3	16680
120 N	62740	25,9	16600	63960	29,5	18640
150 N	73290	25,7	18840	67080	29,7	19680
180 N	71070	26,4	18900	71040	28,1	19690

4.12.2 Lannoitustason vaikutus maissisadon eri osien suhteeseen

Maissikasvustosta korjuuvaiheessa otetut kokokasvit eroteltiin lehtiin, varsiin ja tähkiin. Eri sadonosien määrä punnittiin ja kuiva-aineen määrittystä varten silputtiin rataskäyttöisellä biomurskaimella. Näytteet kuivattiin kuiva-ainekaapissa 60 °C lämpötilassa 48 h ajan. Molemmilla lajikkeilla 30 kg tyypillisä lannoittamattomaan verrattuna sai tähkäosuuden vähenemään ja varren sekä lehtien osuuden kasvamaan koko kasvin massasta. Lannoitusmäärän kasvaessa Cooky lajikkeella tähkän osuus koko kuiva-ainepainosta oli noin 60 %, varsien 23 % ja lehtien 17 %. Respect lajikkeella vastaavasti tähkän osuus 53 %, varret 28 % ja lehdet 19 %. Respect lajikkeella suurimmilla tyypilannoituksen tasoilla tähkän osuus kasvoi koko kasvin painosta seuraavissa kuvissa lajikkeiden eri osien jakauma lannoitustasoittain.



Cooky lajikkeiden lehti, varsi ja tähkäosuus eri N-lannoitustasoilla.



Respect lajikkeiden lehti, varsi ja tähkäosuus eri N-lannoitustasoilla.

5 Hamppu

Hamppu (*Cannabis sativa*) on kaksikotinen C3 kasvi, jota on viljelty aiemmin myös Skandinaviassa sen nilaosan kuitujen vuoksi. Viljely estyi kuitenkin 1960 luvulta THC pitoisuuden johdosta, kunnes viljelyyn tulivat alhaisen THC pitoisuuden (0.2–0.3% (w/v)

omaavat lajikkeet. Hamppua voidaan viljellä kevätkorjattuna, jolloin se sopii poltettavaksi ilman erillistä kuivausta, sekä syksyllä korjattuna biokaasun raaka-aineeksi.

Hampun etuihin kuuluu kuivuuden kesto, mikrobiresistenssi, suuri biomassa, kemiallisen rikkakasvin torjunnan tarpeettomuus, vähäinen ravinteiden tarve maissiin nähden, kasvaa saastuneilla mailla, maaperän patogeenien ehkäisy ja soveltuvuus kasvinvuorotukseen. Hamppu kasvaa parhaimmillaan jopa 5-7 cm vuorokaudessa ja peittää runsaalla lehvästöllään rikkakasveja. Korjuuseen mennessä lehdistö kuitenkin karisee maahan, joka jää parantamaan maan orgaanista ainesta ja ravinnetilaa.

Kasvava hamppu sisältää selluloosaa 55 %, hemiselluloosaa 16 %, pektiiniä 18 % ja ligniiniä 4%. Varsi muodostuu nilakuidusta 35 % ja puumaisesta ytimeästä 65 %. Keski ja alaosta varresta sisältävät suhteellisesti enemmän selluloosaa ja ylemmät osat vastaavasti hemiselluloosaa. Kasvuston korjuuajalla voidaan vaikuttaa hemiselluloosan osuuteen. Aikaisin korjatussa tuleentumattomassa kasvustossa hemiselluloosan osuus on suurempi.



Kuva 24. Hamppuakasvustoa syyskuun alussa Jokioisten Elonkierron esittelyalueella.

5.1 Viljely

Hamppua voidaan viljellä monenlaisissa ilmasto-oloissa. Kasvuympäristöllä ja ilmastolla on kuitenkin suuri vaikutus hampun sadontuottokykyyn, jota biomassan osalta rakentuu varren pituudesta ja sen paksuudesta. Harva kasvusto johtaa heikkoon satoon niin määrällisesti kuin laadullisesti. Hampun tuottamaa satomäärää voidaan lisätä viljelemällä myöhäisiä lajikkeita, jotka hyödyntävät paremmin käytettävissä olevan kasvukauden. Myöhäisillä lajikkeilla ei ole vaikutusta kasvin tuottaman selluloosan laatuun. Myöhäisillä lajikkeilla voidaan myös siirtää kukinta-aikaa myöhemmäksi, sillä kukinnan jälkeen ligniinipitoisuus nousee jyrkästi, mikä heikentää tuotettavan biomassan laatua. Kaksikotisesa hampussa kukinta alkaa aiemmin koirasyksilöissä, myös samaa sukupuolta olevat pidemmät kasviyksilöt vaikuttavat lyhempien yksilöiden kasvuun, mikä vähentää tuotettavan sadon määrää ja heikentää laatua.

Hampun viljelyssä ei juuri käytetä rikkakasvien ja tuhoeläinten torjunta-aineita ja lannoitteiden käyttö on myös vähäistä. Pakarisen mukaan saman biomassan tuottamiseen maissi käytti lähes kaksinkertaisen määrän lannoitteita kuin hamppu. Kuituhampulle käytetään kuitenkin tyypeä maalajista ja maan ravinnepitoisuuksista riippuen 90-180 kg/ha, kaliumia 60-100 kg/ha, fosforia 20-30 kg/ha. Suomessa hampun tuottama biomassa kasvaa lokakuulle asti. Hamppu voidaan kylvää poikkeuksellisen myöhään muihin viljelykasveihin

nähdessä, vielä kesäkuun puolivälin jälkeen ja silti se ehtii tuottamaan satoa. Hampu on hyvä vuorottelu- ja maanparannuskasvi ja voidaan kylvää vielä samana vuonna mm. varhaisperunan jälkeen. Viljojen sadot ovat olleet 10 – 20 % suuremmat hampun jälkeen. Kuituhampulla on pitkä kevätkorjuukausi, joten se tasaa työhuippuja korjuukaudella.

5.2 Sadonkorjuu

Sadon käyttötarkoitus ratkaisee sadonkorjuun hetken. Biokaasun raaka-aineen tuotannossa myöhäinen sadonkorjuu syys- ja lokakuun vaiheessa tuottaa suurimmat sadot. Syksyllä hampussadot ovat olleet Suomessa jopa 20 t/ha kuiva-aine satoja. Kuivana poltettavaksi korjattava sato kerätään pellolta maaliskuuhuhtikuun aikana sää- ja lumioloista riippuen. Kuiva-ainesato keväällä on ollut 6-10 t/ha ja määrällisesti sadot olleet saman suuruisia Suomessa kuin muualla maailmassa. Öljysadon määrä hampulla on vaihdellut 140 - 700 l/ha. Biokaasun tuotannossa korjuuajalla on suuri merkitys kuiva-ainesadon määrän kannalta ja myös sadon biohajoavuuden kannalta. Biokaasun tuotanto on ollut suurinta syys- lokakuussa korjatulla sadolla, jolloin satomäärä 15.9 t/ha kuiva-ainetta on tuottanut 296 GJ biokaasua (Prade).

5.3 Varastointi

Biokaasun raaka-aineeksi korjattava hamppu säilötään säilörehuna. Säilönnässä käytetään happoa edistämään säilöntäprosessia. Varastointi tehdään muiden säilörehujen tapaan aumaan tai laakasiilon puristaen traktorin pyörillä ilma pois säilörehusta.

5.4 Sadon käyttö

Korkean selluloosapitoisuuden ja alhaisen ligniinipitoisuuden johdosta hampumassa on soveliaista bioetanolin raaka-aineena. Bioetanolia tuotetaan esikäsitellystä ja hydrolysoidusta massasta fermentoimalla. Esikäsitelyvaihtoehtoja on useita kemiallis-fysikaalisia mm. happoihin, emäksiin, lämmitykseen ja näiden yhdistelmiin perustuvia menetelmiä, joista taloudellisin vaihtoehto on ollut höyrystys parin minuutin ajan 185 °C lämpötilassa, mikä on parantanut selluloosan hyödynnettävyyttä 60 %:sta 74 %:iin hampukuidusta. Nykter et al. Biodieselin raaka-ainena voidaan käyttää hampun siementä, mutta alhaisesta öljysadon määrästä johtuen se ei tule olemaan realistinen vaihtoehto, koska satoisampana öljykasvina rapsin tuotantokaan biodieseliksi ei ole kestävä. Biokaasuna se tuottaa kaasua 3066 m³/ha, mikä on hyvää tasoa verrattuna muiden suurituottoisten biokaasua tuottavien kasvien tuotokseen, kuten timotei - puna-apilan 2900-4000 m³/ha ja maa-artistokan 3100-5400m³/ha tuotokseen ja on huomattavasti enemmän kuin oljista saatava biokaasu. Lehtomäki et al. Mekaaninen esikäsitely on lisännyt hampubiomassan metaanin saantoa. Pakarinen et al.

Pakarinen A, et al. Evaluation of annual bioenergy crops in the boreal zone for biogas and ethanol production. Biomass and Bioenergy 2011;35:3071–8.

Käytännön maamies, <http://www.kaytannonmaamies.fi/arkisto/km-207/biomassan-jattilaiset>

Prade T, Svensson S-E, Andersson A, Mattsson JE. Biomass and energy yield of industrial hemp grown for biogas and solid fuel. Biomass and Bioenergy 2011;35:3040–9

Nykter M, et al. Effects of thermal and enzymatic treatments and harvest-ing time on the microbial quality and chemical composition of fibre hemp (*Cannabis sativa*L.). *Biomass and Bioenergy* 2008;32:392–9.

Lehtomaki A, Viinikainen TA, Rintala JA. Screening boreal energy crops and crop residues for methane biofuel production. *Biomass and Bioenergy* 2008;32:541–50.

6 Ruokohelpi

Ruokohelpi (*Phalaris arundinacea*) on monivuotinen ruohokasvi. Sen viljelyä kehitettiin Suomessa 1990- luvulta lähtien, suurimmillaan ruokohelven viljelyala oli 2010 noin 20000ha, josta Vapon osuus oli 15000 ha. Vuonna 2014 ruokohelpikasvustoja oli jäljellä enää vajaa 7500 ha. Ruokohelven osalta erikoiskasvituki päättyi 2009, mikä oli osaltaan heikentämään viljelyinnostusta. Samoin 2012 Vapo luopui ruokohelven tuotannosta, sillä voimayhtiöt karsastivat sen käyttöä kuljettimien tukkeutumisen vuoksi. Kuljettimien siirtokapasiteetti ei myöskään hakkeelle suunnitelluissa lämpövoimalaitoksissa ollut riittävä kevyelle ruokohelpille.

Ruokohelpi soveltuu monille kasvualustoille, sitä on viljelty etenkin multa- ja turvemaidilla, kuten turvetuotannosta vapautuneilla alueilla, joiden pH on alhainen (5,7). Lakoutumisen johdosta se ei korjuun kannalta sovi kivisille alueille, myös metsän reunojen varjostus lisää lakoutumisriskiä. Useimmiten ruokohelpi on kuitenkin keväällä korjattaessa pahoin lakoutunut talven lumimassojen johdosta.



Kuva 25. Talven lumipeite painaa ruokohelpikasvuston maahan, mikä aiheuttaa kevätkorjuussa huomattavia satotappioita.

6.1 Viljely

Viljelyssä on käytössä normaali nurmen viljelytekniikka. Siemenmääränä käytetään 12- 15 kg/ha eli hyväkuntoisilla mailla normaaliin kylvöaikaan 1000 kpl/m² ja myöhäisissä kylvöissä siemenmäärää lisätään 1500 kpl/m². Viljellyimmät lajikkeet ovat olleet Cieftain- ja Palaton-rehulajikkeet. Kylvö tehdään matalaan 1,5-2 cm syvyyteen viljankylvökoneella tai heinänsiemen kylvökoneella ja rikkaakeellä multaamalla. Kylvö tehdään kesäkuun puoliväliin mennessä. Ruokohelpi itää hitaasti ja ei ehdi tuottaa kylvövuonna korjattavaa satoa. Kylvövuonna typpi ja kalilannoitteita voidaan antaa 40 kg/ha ja fosforilannoitetta 20 kg/ha. Satovuosina lannoitustasoa nostetaan typen osata 60 kg, fosforin 5-10 kg ja kalin 30 - 50 kg/ha maalajista ja maanravinnepitoisuuksista riippuen.

6.2 Kasvinsuojelu

Kestorikkakasvit on syytä torjua ennen kasvuston perustamista glyfosaatilla, yksivuotiset rikkakasvit voidaan torjua kylvövuonna ruokohelven ollessa 2-4 lehtiasteella heinille soveltuvilla rikkakasvintorjunta-aineilla kuten Ariane S:llä. Myöhemmin vuosina ruokohelvi varjostaa kilpailullaan muut kasvit, joten rikkakasvien torjunta ei ole tarpeen.

6.3 Ruokohelven tuotanto energiakäyttöön

Tuotanto on ollut sopimustuotantoa, jolloin viljelijä on tehnyt vastaanottajan kanssa sopimuksen ruokohelpialalta korjatun sadon toimittamisesta energiayhtiölle. Suomessa sopimuksia viljelijöiden kanssa teki Vapo, joka toimitti ruokohelven lähinnä olevalle lämpölaitokselle, jonne oli vastaanottosopimus. Ruokohelven hinnoittelu tapahtui helven kosteuden mukaan jaoteltuna kahteen kosteusluokkaan <20 %, 20 % -30 % toimituskosteuteen. Kosteudeltaan yli 30 % ruokohelpeä ei oteta vastaan ja yli 20 % kosteutta sisältävissä erissä tilityshintaa lasketaan 20 % rahtikustannusten lisääntymisen johdosta. Kilomääräiset parhaat sadot ovat vaihdelleet tuotantoalueittain 6000 – 10000 kg välillä hehtaarilta.

6.4 Korjuu

Korjuu on ajoittava suoritettavaksi heti, kun pelto kantaa koneita. Jos korjuu myöhästyy ja sato pienenee, kun yritetään välttää vihreiden versojen joutumista korjattuun satoon. Korjuu tapahtuu niittokoneella ja karholla ajaen, josta paalaus pyörö – tai kanttipaalimella. Polttolaitosten prosesseihin soveltuvuuden kannalta paaleille on määrätty kokorajat, joiden ylittyessä tilityshinta laskee. Pyöröpaalien halkaisija on 1,2 m samoin leveys muoviverkkoon sidottuna. Kanttipaaleille leveys samoin 1,2 m ja pituus 2,3 m korkeuden ollessa 0,7 m narusidonnalla.

6.5 Varastointi

Paalit varastoidaan täysperävaunullisten kuorma-autokuljetusten tähden kantavan tien varteen kovapohjaiselle alustalle trukkilavojen päälle, jotta maakosteutta ei pääse nousemaan paaleihin. Paalit peitetään sopivalla materiaalilla ja varmistetaan peitteiden pysyvyys. Paalit sijoitetaan tiensuuntaisesti pinoihin enintään 8 m etäisyydelle tiestä, jotta ne voidaan kuormata ajoneuvossa olevalla kuormaimella. Kuormaimen käytön kannalta aumoja ei saa sijoittaa sähkölinjojen alle. Paalien kuljetuksia lämpövoimalaitoksille tapahtuu ympäri vuoden, joten varastointiajat vaihtelevat pellonlaidalla 1-12 kk välillä.

6.6 Kasvuston lopettaminen

Kasvusto lopetetaan kemiallisesti ensin niittämällä kasvusto tähkälle tulo vaiheessa ja tämän jälkeen ruiskuttamalla kasvusto glyfosaatilla odelman ollessa 30-60 cm korkuista. Glyfosaatin käyttömäärät ovat samat kuin juolavehneä torjuttaessa. Lopuksi kasvusto kynnetään myöhään syksyllä. Seuraavana vuonna lohkolle ei kannata laittaa heikosti kilpailevaa kasvia, joka saattaa lisätä ruokohelven määrää kasvustossa. Ruokohelpikasvustosta maahan pudonneet siemenet säilyvät itämiskelpoisina kolmen vuoden ajan, mutta niiden ollessa hentoja, ne häviävät kilpailussa vahvemmille viljoille.

7 Energiapaju

Energiapajukasvustot ovat lyhytkierto kasvustoja tuottaessaan satoa 3-4 vuoden välein, vuosikasvu on noin 1,5 m. Kasvustot tuottavat satoa vähintään 25 vuoden ajan tai kunnes kasvustot lopetetaan.

7.1 Viljelmän perustaminen

Viljelmä perustetaan keväällä huhti - kesäkuussa pistokkaista, jotka ovat vain silmuja sisältävä tuoreita pajun varren pätkiä. Pajun pistokkaat kerätään edellisenä syksyn aikana vuoden ikäisistä lepotilassa olevista versoista ja varastoidaan -4 °C varastossa. Tärkeimmät pajulajit, joita voidaan käyttää lyhytkiertoviljelyssä ovat koripaju (*Salix viminalis*), vannepaju (*Salix dasyclados*), rusko-paju (*Salix schwerinii*), vesipaju (*Salix burjatica*), jokipaju (*Salix triandra*) ja mustuvapaju (*Salix myrsinofolia*) sekä näiden risteymät.

Paju menestyy lähes kaikilla maalajeilla, kunhan vain pohjavesi on riittävän ylhäällä. Maan pH:n tulisi olla yli 5,5. Ennen istutusta juolavehänä on torjuttava lohkolta ja lohko kynnettävä tai muokattava kultivaattorilla syksyllä. Keväällä voidaan joutua torjumaan vielä juolavehää ennen kevätmuokkauksia. Keväällä ruiskutuksen jälkeen tarvitaan vielä pari viikkoa ennen istutusta jotta glyfosaatti ehtii toimia ja ei aiheuteta vahinkoa pistokkaille. Maa muokataan hyvin vielä ennen pistokkaiden istutusta, jotta istutukseen käytettävä kone toimii moitteettomasti. Pistokkaat eivät saa kuivua ennen istutusta, joten ne on pidettävä varjossa pellolle tuonnin jälkeen ja tarpeen vaatiessa upotuskasteltava 24 h ennen istutusta. Ennen pistokkaiden versomista on lohkolta kerättävä pois kivet, joista voi olla haittaa korjuukoneiden murskaimille ja leikkuuterille, jotka katkovat kasvuston 5 - 10 cm korkeudelta. Varhain keväällä istutettaessa kasvun liikkeellelähtö on varmempaa maa ollessa kostaa. Pajukko istutetaan paririviin siten, että rivien etäisyys on 75 cm ja paririvien etäisyys 150 cm. Taimien etäisyys toisistaan rivissä on 60 - 65 cm. Istutuskone pätkii 18 cm pituisia pistokkaita sille syötetyistä versoista. Kone painaa pistokkaan pystysuoraan kosteaan maahan siten että pistokkaan yläosasta jää parin sentin osa maan yläpuolelle. Hehtaarille pistokkaita tarvitaan noin 13000 kappaletta. Istutustiheyksinä on käytetty myös 10000 -20000 kappaletta hehtaarille. Tiheimmillä istutustiheyksillä sadon korjuuta voidaan aikaistaa, mutta vastapainoksi istutuskustannukset ovat suuremmat. Tuotetun biomassan vuotuisen määrään ei istutustiheydellä ole kuitenkaan vaikutusta. Istutusvuoden syksyllä tai talvella pajukko leikataan 5 cm korkeudelta, jotta se alkaisi tuottaa paremmin versoja ja tihenis. Versojen määrä tulee 3 – 4 kertaiseksi leikkauksen johdosta.



Kuva 26. Pajun istutusta Tanskassa 4-rivisellä Egedal Energy Planter istutuskoneella. Kuva Ny Vraa bioenergy.

7.2 Pajulajikkeet

Eri maantieteellisille alueille suositellaan viljeltäväksi eri lajikkeita niiden hallan ja talvenkestävyyserojen vuoksi. Etelä- Suomen rannikkoalueille, joissa hallan vaara on pienin soveltuvat viljeltäväksi ruotsalaiset Tora, Tordis, Sven, Torhild ja Inger lajikkeet. Hallanaroille alueille Etelä- ja Keski-Suomeen soveltuvat Gudrun, Doris, karin ja Tora lajikkeet.

7.3 Rikkakasvien torjunta

Istutuksen jälkeen rikkakasveja voidaan torjua mekaanisesti haraamalla ja maavaikutteisella herbisidillä joka estää siemenrikkakasvien pintaan tulon (esim. Fenix). Harausta voidaan käyttää vielä rivivälilautasmuokkaimilla matalaan seuraavanakin keväänä, jos rikkakasveista tulisi olemaan haittaa kasvustolle, vaikka pajun juuristoa rivien väleistä vaurioituu. Pajuklooneille ei ole kehitetty rikkakasvintorjunta-aineille resistenssiä ja niiden vaikutuksia pajuille ei tunneta, mistä syystä tulee välttää torjunta-aineiden käyttöä pajun avautuville lehtisilmuille ja lehdille.

7.4 Tuholaiset

Nuorta istutettua kasvustoa voivat kohdata kasvitaudit tuhohyönteiset ja riistaeläimet. Lehtikuoriaisen toukat ja aikuiset yksilöt syövät pajun lehtiä. Kuoriaisia esiintyy joinain vuosina runsaammin, jolloin satotappioita aiheuttavat vioitukset muuttuvat tuhoiksi. Uusimmissa pajukloonilajikkeissa on lehtikuoriaisen vastustuskykyä. Kemiallista tuhohyönteisten torjuntaa pajuille ei ole lehtikuoriaisia, eikä muita pajua vähäisemmissä määrin vaivaavia kirvoja, kaskaita ja äkämäsääskiä vastaan. Syyskesällä esiintyvä pajun Lehtiruoste on aiheuttanut aiemmin pajuille talvenkestävyyden heikkenemistä. Uudet pajulajikkeet on kuitenkin testattu lehtiruostetta vastaan ja osa lajikkeista on myös täysin ruosteenkestäviä.

Nisäkkäistä peurat ja hirvet voivat aiheuttaa Suomessa suurimpia tuhoja pajukasvustoille.

7.5 Lannoitus



Paju ylettää juuristonsa syvälle ottaessaan maasta ravinteita ja vettä. Viljelmältä poiskorjatun biomassan mukana poistuu 2,7 – 3,6 kg typpeä kuiva-ainetonna kohden (Ericsson 1994). Tehokkaasta ravinteiden käytöstä johtuen sadonkorjuun jälkeen riittävästä lannoituksesta pitää huolehtia, jotta kasvusto pysyy satoa tuottavana myös jatkossa. Lannoite voi olla orgaaninen tai epäorgaaninen. Lietteiden ja lannan käyttö lisää maan humuksen määrää. Kemialliset epäorgaaniset lannoitteet ovat pitkälle jalostettuja tuotteita, joiden käyttö ei ole kuitenkaan korkeista valmistuskustannuksista johtuen taloudellista kuin kasveilla, joiden tuotto korkea käytettyihin tuotantopanoksiin nähden. Pajukasvustoille käyttökelpoisia lannoitteita ovat hitaasti liukenevat lannoitteet, joista ravinteita on pajun käytössä vielä niinä vuosina, jolloin lannoitteiden levitys ei ole mahdollista pajukasvustoon. Koska kerralla joudutaan antamaan suuria lannoitemääriä, on myös tärkeää, että ravinteiden huuhtoutumista jää vähäiseksi ammonium muotoinen typpi on hidaskaikuteisempaa kuin nitraattityppi. Perustetussa kasvustossa lannoitus aloitetaan 2. vuonna 45 kg N määrällä hehtaarille. Seuraavana vuonna lannoitusta lisätään 100 - 150 kg N hehtaarille, jonka jälkeen pariin vuoteen ennen korjuuta ei lannoitusta pystytä enää antamaan. Samoin lannoitetaan korjuun jälkeen parina seuraavana vuonna vanhaa kasvustoa 100 - 150 kg typpi määrällä hehtaarille. raemaisten lannoitteiden levitykseen tarvitaan puhallintoimisia levittämiä, jotka pystyvät levittämään lannoitteen yläkautta korkeaan kasvustoon. Orgaaniset lannoitteet ovat käyttökelpoisia lannoitteita pajukasvustojen perustamisvaiheessa. Osa niiden ravinteista on hidaskaikukoisia, jolloin niiden sisältämät ravinteet vapautuvat pidemmän ajan kuluessa kasville käyttökelpoiseen vesiliukoiseen muotoon. Lietteet sisältävät kuitenkin enemmän fosforia kuin typpeä, joten niiden käytössä on seurattava fosforimääriä typpimäärien sijasta ja varottava ympäristön ylikuormitusta ja ravinteiden huuhtoutumista. Jos lannoituksessa käytetään jäteliitteitä, ne on mullattava maahan ennen kasvuston perustamista. Orgaanisten lannoitteiden edullisuudesta huolimatta, niiden käyttöön liittyy kustannuksia kuljetuksissa niiden vaatimasta suuremmasta tilavuudesta ja käyttömäärästä johtuen, samoin voidaan joutua investoimaan niiden levittämiseen tarvittavaan kalustoon tai käyttämään vuokrakoneita tai urakoitsijaa niiden levittämiseen. Myös biopolttolaitoksissa syntyvä tuhka on käyttökelpoista kivennäisravinnetta pajukasvustoille, näin pellolta sadon mukana kerätyt kivennäisaineet palautuvat takaisin kierto.

7.6 Korjuu

Kasvusto on korjattavissa 3-4 vuoden välein lehtien putoamisen jälkeen talvella, kun paksuimpien yksilöiden varrenpaksuus korjuukorkeudelta ylittää 6 cm, pisimmillään kasvusto on korjuuvaiheessa 7-8 m korkea. Korjuukoneet katkovat kasvuston ja ottavat sen koneeseen rakennetulle lavalle, joka tyhjennetään pellon reunaan, jossa pajun varret saavat kuivua ennen haketusta, jolloin pajuhakkeen käytettävyyys on parempi kuin suoraan kasvustosta silppuavilla korjuukoneilla, eikä energiaa kulu hakkeen kuivaamiseen. Silppuavina korjuukoneina on käytetty mm. Claasin tehokkaimpia itsekulkevia säilörehusilppureita, joiden pyörösirkkelin terillä varustetulta leikkuupäiltä katkottu paju kulkeutuu tyvi edellä hakkurille ja puhallettavaksi vierellä kulkevalle traktorin perävaunulle. Sopiva tyvihalkaisija on 50 - 55 mm, jotta kone kykenee työskentelemään tehokkaasti. Vahvistettuja leikkuupäitä tarvitaan, jos tyvihalkaisijat ovat tätä keskimääräisesti suurempia (60- 70mm). Korjuukoneelta vaaditaan myös suurta tehoa. Hakkeen käyttökelpoisuutta rajoittaa sen tuoreus. Suurempi hakkeen koko mahdollistaa hakkeen paremman kuivumisen

ilman virtauksen parantuessa hakemassan lävitse. Korjuukoneiden tekemän hakkeen suurin mitta on nyt 34 mm, joka on saatu aikaiseksi ottamalla hakkurin joka toinen terä pois, useampia teriä ei voida kuitenkaan poistaa poistettujen terien kiinnikkeiden rikkoutumisen riskin kasvaessa.

Pajun kannot aiheuttavat pistoillaan rengasvaurioita korjuukoneiden matalapainerenkaille, siksi korjuukoneissa pyritään käyttämään metsäkäyttöön suunniteltuja renkaita, mikä sekään ei täysin ole poistanut rengasrikkoja, etenkin metsäkäyttöön suunnittelelmattomista maatalousperävaunuista.



Kuva 27. STEMSTER TR 4. sukupolven traktorilla hinattava kokopajun korjuukone. Kuva Nordic Biomass.

Kuva 28. Korjuukone tekee siistejä kasoja pellonlataan, jossa paju saa kuivua ennen haketusta. Kuva Nordic Biomass.



Kuva 29. Pajun korjuu onnistuu myös vankkarakenteisella WB-55 BioBaler harvesteri paalaimella. Kuva Tony Kryzanowski.



Kuva 30. Korjuukoneeseen asennetut telat parantavat kantavuutta ja vähentävät renkaiden puhkeamisriskiä. Kuva Ny Vraa bioenergy.

7.7 Kasvuston lopettaminen



Kasvusto lopetetaan viimeisen korjuun jälkeen antamalla kasvuston kehittää keväällä täysikokoiset lehdet, jolloin kasvusto ruiskutetaan glyfosaatilla johon on lisätty hormonivaikutteista MCPA- herbisidiä. Kun pajun kannot ovat kuolleet, ne murskataan jysimellä ja kynnetään. Tehokkaana veden ottajana paju tunkeutuu salaojiin tukkien ne, joten otettaessa palsta uusintaviljelyyn on salaojitus lohkolla uusittava.

Ericsson, T. 1994. Nutrient cycling in energy forest plantations. Biomass Bioenergy 6:115-121.