www.emu.ee

Eesti Maaülikool

Estonian University of Life Sciences

Projekti

Rohtsete energiakultuuride uuringud

Aruanne

mes

Maaelu Edendamise Sihtasutus

Tellija – Maaelu Edendamise Sihtasutus
Täitja – EMÜ põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Projektijuht: PhD Merrit Noormets
Vastutavad täitjad: Pm tead dr. Henn Raave
Pm tead dr. Rein Viiralt
PhD Valdo Kuusemets
Pm tead. dr. Maarika Alaru
Pm tead. dr. Jaan Kuht
MSc Liina Talgre
MSc Arvo Makke

2007 Tartu

SISUKORD

1. Heintaimed
Sissejuhatus 4
1.1. Energiaheina tootmine ja selle alane uurimistöö Euroopas 4
1.2. Biomassist integreeritud biogaasi ja tahke kütuse tootmine 4
1.3. Energiaheina kvaliteeti iseloomustavad näitajad 9
1.4. Tuhasisaldus 9
1.5. Materjali niiskusesisaldus.
1.6. Energiatihedus 10
2. Kultuurid
2.1. Päideroog (*Phalaris arundinacea*) 11
2.2. Päideroo sobivusest energiaheinaks Soome kogemuse põhjal 12
2.3. Roog-aruhein (*Festuca arundinacea*) 13
2.4. Roog-aruhiena sobivusest energiaheinaks Soome kogemuse põhjal 14
2.5. Põldtimut *(Phleum pratense)* 15
2.6. Põldtimuti kasutuskogemusi energiaheina ja biogaasi tootmiseks välismaal 16
2.7. Harilik kerahein (*Dactylis glomerata*) 17
2.8. Keraheina sobivuse kohta bioenergiakultuuriks 18
2.9. Ohtetu luste (*Bromus inermis*) 18
2.10. Ida-kitsehernes (*Galega orientalis*) 19
2.11. Siidpööris (*Miscanthus spp.*) 20
3. Tärkliserikkad kultuurid
3.1. Mais (*Zea mays*) 22
3.2. Lupiinid (*Lupinus sp.*) 24
3.3. Kartul (*Solanum tuberosum*) 26
3.4. Suhkrupeet (*Beta vulgaris saccharifera*) 30
3.5. Maapirn (topinambur, *Helianthus tuberosus*) 33
4. Õlikultuurid
4.1. Raps (*Brassica napus*) ja rüps (*Brassica rapa oleifera*) 35
4.2. Päevalill. (*Helianthus annuus* L.) 42
4.3. Lina (*Linum usitatissimum)* 44
4.4. Õlituder (*Camelina sativa*) 46
5. Teraviljad
5.1. Kaer (*Avena sativa* L.) 49
5.2. Rukis (*Secale cereale*) 50
5.3. Tritikale (*X. Triticosecale* Wittmack) 51
5.4. Vitshirss (*Panicum virgatum L.)* 53
5.5. Harilik hirss (*Panicum miliaceum)* 54
6. Alternatiivkultuurid
6.1. Kanep (*Cannabis sativa* L.) 55
6.2. Kõrvenõges (*Urtica dioica; Urtica urens*) 59
6.3. Harilik keerispea (*Phacelia tanacetifolia)* 61
6.4. Sahhalini kirburohi (*Polygonum sachalinense* F. Schmidt ex Maxim.) 61
7. Hinnang energiakultuuridele, lähtuvalt nende keemilisest koostisest 62
8. Energiakultuuride keskkonnamõju hinnang 63
9. Ristvastavusnõuded rohtsete energiakultuuride viljelemisel 65
10 . Nitraaditundlikud alad 68
KOKKUVÕTE 68
Uurimist vajavad küsimused 73
Summary in English 74

Kasutatud kirjandus 78
Internetiallikad 86

Lisa 1.
Tabel 1. Rapsi ja rüpsisordid Eesti sordilehel 2007 aastal 89
Tabel 2. Kartulisordid Eesti sordilehel 2007. aastal 90
Joonis 1. Nitraaditundlikud alad Eestis 91

Lisa 2. Koondtabelid.
Tabel 1. Eestis põletamiseks sobivad kultuurid ja nende põletamisel saadav energia 92
Tabel 2. Eestis biogaasi tootmiseks sobivad kultuurid ja neist biogaasi tootmisel saadav energia 92
Tabel 3a. Eestis etanooli tootmiseks sobivad kultuurid ja neist etanooli tootmisel saadav energia 94
Tabel 3b. Eestis etanooli tootmiseks sobivad kultuurid ja neist etanooli tootmisel saadav energia 94
Tabel 4. Eestis õlitootmiseks sobivad kultuurid ja neist õli tootmisel saadav energia 95

I Heintaimed

Sissejuhatus

Senised uurimistööd nii Euroopas kui USA-s on olnud suunatud potentsiaalsete energia tootmiseks sobilike heintaimede väljaselgitamisele. Valiku tegemisel on lähtutud eelkõige liikide produktiivsusest. Uurimistööde tulemusena on USA-s valitud välja 35 ja Euroopas 20 liiki , mis võiksid energiaheina tootmisel omada potentsiaali. Valitud liikide hulgast otsustati pöörata edaspidises uurimistöös rohkem tähelepanu vitshirsile (*Panicum virgatum*), päideroole (*Phalaris arundenacea*), harilikule hiidroole (*Arundo donax*) ja siidpöörisele (*Miscanthus spp.*)(Lewandowski *et. a*l. 2003). Neist neljast, võiksid Eesti klimaatilistesse tingimustesse sobida, tänu nende C3 fotosünteesi rajale, päideroog ja harilik hiidroog. Viimati nimetatud liik on seni Eestis vähetuntud ja selle kasvatamise kohta siin puuduvad andmed. Päideroogu on Eestis seni uuritud peamiselt sööda tootmise eesmärgil.

Ülevaade Euroopas tehtavast biogaasi tootmise alasest uurimistööst

Heintaimedest energiatootmine võib toimuda kahel viisil. Üks variant, mida kasutatakse peamiselt Lääne-Euroopas, on kasutada heintaimede biomassi biogaasi tootmiseks ja teine (seni peamiselt Soomes ja Rootsis), kasutada põllult saadavat biomassi kateldes kütteks.

Biogaas ehk käärimisgaas on orgaanilise aine anaeroobsel käärimisel tekkiv gaas, mis koosneb ca 55-60 mahu-% ulatuses metaanist (CH_4) ja 40-45 mahu-% süsihappegaasist (CO_2). Seega on biogaas üks taastuvenergia kasutusvormidest. Ühe kuupmeetri (m^3) biogaasi energiaekvivalent on 0,6 liitrit kütteõli (fuel oil) või 6,36 kWh (Köttner, 2001).

Biogaasi tootmine muutus Euroopas aktuaalseks 1980-ndate aastate lõpul, kui seoses ületootmisega ja põllumajanduskvootide kehtestamisega (1984) jäi osa seni loomasööda ja inimtoidu tootmiseks kasutatud haritavast maast kasutusest välja (set-aside land). Taolisel maal hakati soodustama energiakultuuride kasvatamist, sealhulgas biogaasi tootmiseks, kas puhtalt taimsest materjalist või segatuna muude orgaaniliste substraatidega (vedelsõnnik, taimsed ja loomsed tootmis- ja olmejäätmed). Tänu intensiivsele uurimistööle 1990.-ndatel aastatel on biogaasi praktilisel kasutamisel praeguseks kaugemale jõutud Saksamaal, Inglismaal, Austrias ja Rootsis. Probleemiga on tegeldud ka Soomes, Leedus ja mujal.

Eestis on biogaasi alane kompetents tagasihoidlik. Toodetud on prügilagaasi – AS Terts rajas Pääsküla prügimäele gaasikogumistorustikud ja juhib gaasi kahte kohalikku katlamajja alates 1994. aastast. Jaanuaris 2002 avati seal prügilagaasiga köetav elektri ja soojuse koostootmise jaam (elektrivõimsus 0,84 MW ja soojusvõimsus 1 MW), mis oli üks esimesi omataolisi turumajandusele üleläinud Ida-Euroopa riikides (Kallaste, 2002).
Biogaasi tootmise kohta rohttaimedest Eestis uuringud meile teadaolevalt senini puuduvad.

Saksamaa

Tänu spetsiaalsele taastuvate energiaallikate seadusele (Renewable Energy Sources Act; 2000), mis garanteerib biomassist toodetud elektrienergiale kindla müügihinna, suureneb Saksamaal kiiresti põllul ja rohumaal kasvatatud taimse massi kasutamine biogaasi tootmiseks (Mähnert et al., 2005). Selle tulemusena on biogaasi tootvate üksuste arv viimastel aastatel kiiresti suurenenud: 1990.a. oli neid 100, 1999.a. 850, 2003.a. 1760 ja 2005.a. ligemale 3000 summaarse võimsusega ca 500 MW (Prochnow et al., 2005; Baxter, 2006).

Ligemale 80% juhtudel toodetakse seal biogaasi vedelsõnniku ja maisisilo segust, kuid uuringute ja kogemuste põhjal on kõik põllumajanduskultuurid kasutatavad biogaasi tootmiseks.

Biogaasi väljatulekut sõltuvalt rohu liigilisest koosseisust (kõrrelised puhaskülvis või segus ristikuga), kasutusviisist (värskena või sileeritult) ja taimede arengufaasist (s.o. niiteajast) uuriti Paulinenaue katsejaamas Potsdami lähedal (Mähnert et al., 2005; Prochnow et al., 2005). Võrreldi biogaasi produktsiooni karjamaa raiheinast, keraheinast ja aasrebasesabast (värske rohuna ja sileerituna) nende liikide puhaskääritamisel ning segatuna lüpsilehmade vedelsõnnikuga (6,5% kuivainet) erinevates vahekordades (Lisa 1. tabelid 1 ja 2). Selgus, et maksimaalne biogaasi väljatulek rohust (lab-scale batch experiments) kõikus piires 0,65-0,86 m3 orgaanilise kuivaine (OA_l) ühe kg kohta. Metaani saak oli 0,31-0,36 m^3/kg OA_l. Substraadi korduval lisamisel katsenõudesse (lab-scale semi-continuous experiments) oli biogaasi väljatulek rohust 0,56-0,61 m3/kg OA_l. Rohu ja vedelsõnniku segu käärimisel oli biogaasi saak proportsionaalne rohu OA_l osakaaluga segus. Ainult vedelsõnnikust saadi biogaasi 0,38m3/kg OA_l kohta. Metaani osakaal biogaasis oli katsete keskmisena 55% (kõikumine 42-69%).

Tabel 1. Taimiku koosseisu ja rohu kasutusviisi mõju biogaasi produktsioonile Saksamaa tingimustes (Prochnow et al., 2005 põhjal)

Rohumaa ja substraadi iseloomustus	Gaasi väljatulek liitrit/kg OA_l*		Eksperimendi (biogaasi saamise) tingimused	Autorid
	biogaas kokku	sealh. metaan		
1. Intensiivrohumaa, 1. niide juunis; värske ja sileeritud rohi	700-720	pole teada	laborikatse (batch-exp.), klaaspurgid, 35°C, 25 päeva	Baserga, Egger, 1997
2. Ekstensiivne rohumaa, 1. niide augustis; värske ja sileeritud rohi, hein	540-580	pole teada	laborikatse (batch-exp.), 35°C, 25 päeva	Baserga, Egger, 1997
3. Ekstensiivne rohumaa; silo ja hein	500-600	pole teada	laborikatse materjali lisamisega (semi-continuous exp.), 35°C, 18-36 päeva	Baserga, Egger, 1997
4. Ekstensiivne rohumaa; silo	500-550	pole teada	tootmiskatse (farm scale exp.): fermenter 100m^3, 35°C, 20 päeva	Baserga, 1998
5. Kõrrelised (3 liiki), 1. niide mai keskel, värske ja sileeritud rohi	650-850	310-360	laborikatse (batch-exp., klaasnõud), 35°C, 28 päeva	Mähnert, 2002
6. Kõrrelised (3 liiki), 2. niide, silo	560-610	300-320	laborikatse materjali lisamisega (semi-continuous exp.), 35°C, 28 päeva	Mähnert et al., 2002
7. Intensiivne lühiajaline rohumaa, kõrreliste ja punase ristiku segu, sileeritud, erinevad			laborikatse (batch exp.), 37-39°C, 58 päeva	Amon et al., 2003

niiteajad: 1) mai keskel (enne õitsemist) 2) mai lõpp (õitsemine) 3) juuni keskel (pärast õitsemist)	532 474 427	370 326 297		
8. Intensiivrohumaa, 4 niidet aastas, sileeritud	390	pole teada	laborikatse ja tootmiskatse materjali lisamisega (semi-continuous), 37°C, 25-60 päeva	Lemmer, Oechsner, 2002
9. Ekstensiivrohumaa, 2 niidet aastas, sileeritud	220	pole teada	sama	Lemmer, Oechsner, 2002
10.Maastiku hooldusniidu rohi (hiline niiteaeg)	80	pole teada	sama	Lemmer, Oechsner, 2002

*OA_l – kuumutamisel 550°C juures lenduv orgaaniline aine

Tabel 2. Biogaasi väljatulek erinevate kõrreliste liikide rohust (Mähnert et al., 2005; Saksamaa, Paulinenae katsejaam Potsdami lähedal)

Substraat	KA, % HM-s	OA_l, %KA-s	TP, %KA-s	C:N	Gaasi väljatulek liitrit/kg OA_l		Eksperimendi tingimused
					biogaas kokku	sealh. metaan	
Laborikatsed ühekordse substraadikogusega *(batch-experiments)*							
Värske rohi (1. niide mai keskel) 1) Karjamaa raihein 2) Kerahein 3) Aasrebasesaba	17,6 18,6 15,8	90,1 89,1 91,1	14,7 18,5 …	16,4 13,7 …	830 720 740	360 320 310	Laborikatsed (nõud 2 liitrit) kindla rohukogusega 35°C juures, 28 päeva, biogaas mõõdeti iga päev normaaltingimustel (0°C; 1013 mbar)
Sileeritud rohi (1. niide mai keskel) 1) Karjamaa raihein 2) Kerahein	18,7 27,3	88,5 88,8	17,0 18,4	15,5 14,3	860 650	370 310	Laborikatsed (nõud 2 l) 11 kuud sileerunud rohuga, 35°C juures, 28 päeva
Laborikatsed substraadi korduva lisamisega *(semi-continuous experiments)*							
Värske rohi (2. niide) 1) Karjamaa raihein 2) Kerahein 3)	25,6 22,9 24,2 24,2	90,6 88,8 90,6 90,0	11,8 21,4 18,8 17,4	19,8 12,0 13,5 15,1	560-610 560-610 560-	300-320 300-320 300-	Biogaasi reaktorid 9 liitrit, 35°C, katseperiood ca 20 nädalat, iga päev lisati uus kogus substraati. Anaeroobse

Aasrebasesaba 4) 3 liigi segu					610 560-610	320 300-320	lagundamise kiirendamiseks bioreaktoreid segati (ca 100 pööret/min 15 minuti jooksul igas tunnis)
Lüpsilehmade vedelsõnnik	6,5	80,0	x	…	385	225	

Lühendid: HM – haljasmass KA – kuivaine (105°C juures) OA_l – kuumutamisel 550°C juures lenduv orgaaniline aine

Saksamaal heintaimedega läbiviidud katsete tulemused näitavad (Mähnert, et.al., 2002; Mähnert, et.al.2005; Prochnow et al, 2005):

- Biogaasi väljatulek rohust sõltub valdavalt taimiku arengufaasist niite ajal. Hilisemates arengufaasides biogaasi väljatulek väheneb. Selle põhjuseks võib olla toorkiusisalduse tõusu biomassis. Samas ei mõjuta taimede arengufaas biogaasi metaanisisaldust.
- Looduslikult rohumaalt koristatud biomassist saadav biogaasi saak on oluliselt väiksem kui biomassist, mis koristatakse varases arengufaasis intensiivselt viljeldavalt rohumaalt või siis saadakse maisist ja teraviljadest. Erinevus on kuni 1,6 korda. Seejuures oli metaani saak maisi biomassist 2,3…6,2 korda ja karjamaa raiheina ja lutserni biomassist 2,5 korda suurem kui looduslikult rohumaalt koristatud biomassist.
- Heintaime liikide vahel on erinevus biogaasi väljatuleku osas väike ja energeetilise biomassi tootmise eesmärgil rajatava rohumaa seemnesegu koostamisel võib seda mitte arvestada.

Inglismaa

Projekt „Ryegrass as an energy crop using biogas technology" (Raihein energiakultuurina biogaasi tootmisel) põhitulemused olid järgmised:

- Sobiv C:N suhe rohus biogaasi tootmiseks on 15-30:1, parim 18-23:1.
- Kääritamisprotsess on stabiilsem, kui substraadina kasutada raiheinasilo, mitte värsket rohtu. Metaani (CH_4) keskmine väljatulek ühe tonni orgaanilise kuivaine kohta oli värskel rohul 229 m^3 ja silol 325-357m^3. Biogaasi väljatulekut vähendas materjali suur ligniinisisaldus (vanapuitunud rohi). Maksimaalne metaani toodang katserohumaalt oli 3800 m3/ha/aastas, millest saanuks toota elektrit 11,7 MWh/ha/aastas.

Austria

Vanemad tehased toodavad biogaasi peamiselt veiste vedel- ja tavasõnnikust. Viimasel ajal on nihkunud esiplaanile energiakultuurid, mistõttu paiknevad uued biogaasitehased aladel, kus saadakse maisilt kõrgeid saake (Walla, Schneeberger, 2005). Enamik biogaasiseadmeid paikneb maapiirkondades, kus soojusenergiat ei saa müüa (s.o. pole turgu). Sellest hoolimata võimaldab biogaasi tootmine suurendada farmerite netotulu.

Rootsi

EL rahastatud projekti „Preliminary results from Agrioptigas project" (Agrioptigas projekti esialgsed tulemused) eesmärgiks oli katsetada olmereovee tahke sette ja energiakultuuride kooskääritamist biogaasi tootmiseks suures mahus (Baxter, 2006), kus biogaas läheb sõidukite kütteks ja kääritamisjääk (digestate) väetiseks. Näidistehas Västeråsis tarbib aastas 14000 tonni reovee tahket setet, 5000 tonni energiarohtu ning 4000 tonni rasvapüüdurite setet (grease trap removal sludge). Rohi saadakse lühiajaliselt rohumaalt kokku 300 hektarilt 17 talus 20 km ümbruses tehasest ning sileeritakse 7000 m^2 suurusel pinnal tehase kõrval.

Biogaasi tehase energiatoodang on 15 GWh aastas (võrdne 1500 m^3 bensiiniga – petrol), lisaks ca 6500 tonni tahket ja ca 15000 tonni vedelat käärimisjääki (sisaldavad kokku 150 tonni N 30 tonni P ja 100 tonni K).

Soome

Soomes on uuritud biogaasi kadude vähendamiseks rohu töötlemist kemikaalidega (NaOH, $Ca(OH)_2$, Na_2CO_3) enne sileerimist. Tulemusena suurenes biogaasi väljatulek kuni 15% (Baxter, 2006).

Leedu

Leedu Maaviljeluse Instituudis võrreldi aastail 2000-2003 kahe kõrrelise liigi (päideroog, ohtetu luste) puhaskülvide ja nende segude (valge mesikaga, hulgalehise lupiiniga, idakitsehernega) saagikust energiaheina (põletamiseks) ja biogaasi tootmiseks (Kryževiciene, 2006). Biogaasi rohumaalt võeti 2 niidet, sealh. 1. niide erineval ajal – juunis ja septembris. Lämmastikväetise N 120 kg/ha foonil andis päideroo puhaskülv 9,3 ja ohtetu luste keskmiselt 7,8-8,3 t/ha kuivainet. Parimaks osutusid segud ida-kitsehernega, kus päideroog + ida-kitsehernes andsid 7,0-9,1 ja ohtetu luste + ida-kitsehernes 6,3-6,4 t/ha kuivainet. Teiste segude kuivainesaagid olid piires 4,8-7,4 t/ha.

Energiaheina tootmine ja selle alane uurimistöö Euroopas

Võrreldes biogaasi tehnoloogiaga on heintaimedest energiaheina tootmist ja selle kasutamist katelde kütmiseks uuritud vähem. Üheks selle põhjuseks on ilmselt asjaolu, et parema kvaliteediga (madalam tuha- ja niiskusesisaldus) energiaheina saamiseks tuleks seda koristada talve järel varakevadel, enne maa sulamist. Seepärast sobib energiaheina tootmine eelkõige põhjapoolsetesse regioonidesse, kus on pikk talv ja maapind püsib kevadel kaua külmununa.

Energiaheina tootmist on põhjalikumalt uuritud ainult Soomes ja Rootsis. Käesoleval ajal kasvatatakse Soomes päideroogu energiaheina tootmise eesmärgil umbes 20000 hektaril, kuid 2010. aastaks on plaanis see pind kahekordistada (Pahkala, 2007). Rootsis on tootmispind 600 ha (Prade 2007).

Soomes on päidroo kasvatamine energia saamise eesmärgil riigi poolt doteeritud. Ühe ha kasvupinna kohta makstakse seal 530…600 EUR dotatsiooni. Päideroo kokkuostu hind sõltub saagist, materjali kuivainesisaldusest ja vahemaast tootja ja katlamaja vahel. Kui materjali kuivainesisaldus on alla 14%, KA saak suurem kui 6 t/ha ja põld asub katlamaja vahetus läheduses, siis suurim hind, mida makstakse on 8 EUR 1 MW eest (Pahkala, 2007).

Päideroo kuivain (KA) energeetiline väärtus on 5 MWh/t. 14% niiskusesisalduse korral langeb see 4,2 MWh/t (Pahkala, 2007).

Päideroost energiatootmisel on suurimaks probleemiks materjali väike energiatihedus (0.3 MW h/m^3) ja kõrge aluseliste metallide sisaldus, mis kahjustab katlaid. Seepärast kasutatakse päideroogu segus puu ja turbaga. Päideroost saadava energia osa moodustab sellise segakütuse korral 10…15% (Leinonen e*t al.* 2007).

Soomes ja Rootsis läbiviidud uurimustööde eesmärgiks on seni olnud peamiselt energiaheina tootmiseks sobivate liikide ja tehnoloogia väljaselgitamine. Peaasjalikult on nendes töödes selgitatud erinevate heintaimede sobivust kevadiseks saagikoristuseks (delayed harvest). Selle kõrval on võrreldud ka erinevaid koristusviise (otse- ja 2 etapiline koristus) ning energiaks kasvatavate heintaimede jaoks sobivat agrotehnikat (Burwall, 1997; Leinonen, *et al*. 1999; Pahkala, Pihala, 1999; Olsson, *et al.* 2001)

Biomassist integreeritud biogaasi ja tahke kütuse tootmine

Energiaheina puuduseks puiduga võrreldes on selle suurem tuhasus ja madalam tuhasulamistemperatuur, mis seab energiaheina kasutamisele kütusena piiranguid. Heintaimedest biogaasi tootmisel on miinuseks selle väike efektiivsus. Suur kogus heintaimedes sisalduvast energiast satub jäätmete näol tagasi põllule. Nende puuduste likvideerimiseks arendati Saksamaal välja tehnoloogia, mis võimaldab heintaimede biomassist samaaegselt toota kvaliteetset tahket kütust ahjus põletamiseks kui ka senisest täielikumalt lagundatavat substraati biogaasi tootmiseks.

Enne kütusena kasutamist läbib biomass eeltöötluse, mille käigus mehhaaniliselt pressitakse taimede osadest välja rakumahl, mida kasutatakse biogaasi tootmiseks ja järgi jäänud tahket fraktsiooni ahjus põletamiseks. Võrreldes tavalise energiaheinaga on pressijäätmete tahkes fraktsioonis vähem tuhaelemente, sest need eemaldatakse sealt koos rakumahlaga. Samas jäävad pressjäätmete tahke fraktsiooni koosseisu kõik raskesti lagundatavad taime osad, mis tõttu tekib biogaasi tootmisel vähem jäätmeid. Näiteks maisiga tehtud katses kasutati vedelatest pressjäätmetest ära 90% (Wachendorf, *et al.*,2007).

Kirjeldatud tehnoloogia on veel suhteliselt uus ja seda on vähe katsetatud kuid esialgsed tulemused on paljulubavad. Mehhaanilise pressimise tulemusena paraneb üheaegselt nii tahkekütuse kui ka biogaasi tootmiseks kasutatava substraadi kvaliteet, mis kokkuvõttes võimaldab senisest oluliselt paremini kasutada ära heintaimedes leiduvat energeetilist ressurssi.

Energiaheina kvaliteeti iseloomustavad näitajad

Tuhasisaldus. Biomassi põlemise protsessis osalevad süsinik, vesinik, väävel ja hapnik. Ülejäänud komponendid on põlemise seisukohast vähetähtsad. Väävlisisaldus kütuses on kahjulik, sest selle põlemisel eraldub 3,5 korda vähem soojust kui süsiniku põlemisel. Energiaheina väävlisisaldus on alla 0,1%. Kahjulikest elementidest sisaldab energiahein veel Cl, Na ja K. Kloor põhjustab katelde korrosiooni. Na ja K alandavad tuha sulamistemperatuuri (Hovi, 2006).

Biomassi kvaliteedi tõstmiseks on oluline vähendada selles mineraalelementide, eelkõige aga aluseliste metallide sisaldust. Üheks selliseks võimaluseks on koristusaja nihutamine suve või sügise lõpust varakevadeks. Hilissügisel paigutuvad mineraalelemendid lehtedest ja vartest ümber juurtesse, mistõttu on kevadel koristatud kuivanud biomassis nende sisaldus väiksem. Osa kahjulikest elementidest talve jooksul taimest ka leostub. See puudutab eelkõige K ja Cl (Burwall, 1997, Jørgensen, 1997, Lewandowsky, Kicherer,1997). Mineraalelementide sisalduse vähenemisele aitab kaasa ka taime lehtede varisemine talvel, sest mineraalainete sisaldus on lehtedes suurem kui vartes (Burwall, 1997, Jørgensen, 1997).

Taimede tuhasisaldust mõjutab suurel määral kasvukoha mullastik. On selgunud, et rasketel savimuldadel kasvanud taimede saak sisaldab tuhka rohkem kui kergetel liivmuldadel kasvanud taimede oma. Tuhasisaldus sõltub samuti liigist. Üldreeglina on C_4 taimede tuhasisaldus madalam kui C_3 taimedel, sest nende poolt transpireeritud veehulk saagiühiku kohta väiksem. Ühe tonni biomassi tootmiseks kulutavad C_4 taimed poole sellest veehulgast, mis C_3 taimed. Samuti on seda võimalik vähendada kasutades väiksemaid N norme ning valides kasvukohaks kergemad mullad (Landström *et al.*1996, Burvall, 1997).

Materjali niiskusesisaldus.

Energiahein tuleks koristada võimalikult väikese niiskusesisalduse juures. Liigniiske biomassi koristamine, tähendab täiendavaid energeetilisi kulutusi, mis tekivad niiske massi transportimisel ja kuivatamisel.

Päideroo kuivaine (100% kuiv) alumine küttevääртus on 16,6 MJ/kg, samas kui 20% niiskusesisaldusega päideroo alumine küttevääртus on 14,0 MJ/kg (Hovi, 1995). Soomes

makstakse kõrgemat hinda energiaheina eest, mille niiskusesisaldus on alla 14% (Pahkala, 2007). Soome ja Rootsi kogemus näitab, et kevadise koristamise korral on võimalik saada biomass, mis ei vaja täiendavat kuivatamist. Madalama tuhasisalduse kõrval on see teiseks oluliseks põhjuseks, miks koristatakse seal energiahein kevadel. Norras läbiviidud katsed Soome ja Rootsi katsete tulemusi koristatava massi niiskusesisalduse osas ei kinnitanud. Seal saadi kevadise saagikoristamise korral energiahein mille niiskusesisaldus oli üle 30% ja enne kütteks kasutamist vajas see täiendavat kuivatamist (Nesheim, 2007).

Energiatihedus. Energiaheina üheks puuduseks on väike energiatihedus. Johansson (1993) andmetel on rohttaimede KA energiatihedus 17,5 GJt^{-1} ja puidul 20 GJt^{-1}. Kivi- ja pruunsöel on vastavad näitajad 33 GJt^{-1} ja 24,5 GJt^{-1}. Madalama energiatiheduse tõttu kulub energiaheina koristamiseks, transpordiks ja ladustamiseks rohkem energiat kui suurema energiatihedusega materjalide korral ja seetõttu on sealt saadav netoenergiahulk väiksem. Energiaheina energiatihedust on võimalik suurendada, kui koristatav biomass pressida niitmise järel palliks, rulooniks, briketiks või pelletiks (Hovi, 2006).

Eesti klimaatilistes tingimustes energiaheina ja biogaasi tootmiseks potentsiaali omavate heintaimede agrobioloogiline ja majanduslik iseloomustus

Eestis on korraldatud rohkesti rohumaakatseid, kust on selgunud erinevate taimeliikide ja nende segude saagivõime ja kuivaine keemiline koostis. Need põhinäitajad on olulised nii energiaheina kui biogaasi tootmiseks. Tabelis 3 on toodud pikaajaliste katsete (Older, 1985; Viiralt, 2006) andmetele tuginedes, erinevate rohumaataimikute keskmine saagitase ja kestus Eestis enam-vähem optimaalsete kasvutingimuste (väetamine, sobiv niiterežiim) korral.

Tabel 3. Rohumaade saagitase Eestis sõltuvalt taimeliigist optimaalsete kasvutingimuste korral

Taimeliik	N kg/ha	Optimaalne niidete arv	Kestus aastat (valdav)	Sobiv muld	KA saak t/ha (valdavalt)
Põldtimut	170	2 (3)	4-6	M; T	8-9
Harilik aruhein	170	3	4-5	M (T)	7-8
Roog-aruhein	200	3	>10	M (T)	9-11
Kerahein	200	3	>10	M	9-10
Päideroog	200	2	>10	T; M	9-10
Ohtetu luste	200	2	>10	T; M	8-9
Aasrebasesaba	170	3 (4)	6-8 (>10)	M; T	5,5-6,5
Karjamaa raihein	170	3 (4)	3-4	M	7-9
Punane ristik	0	2 (3)	2-3	M	9-10
Lutsern	0	3 (2)	4-5	M	8-9
Ida-kitsehernes	0	2	>10	M	8-9

M-mineraalmuld
T-turvasmuld

Võttes aluseks liigi produktiivsuse ja püsivuse taimikus sobivad heintaimedest energiakultuurina kasutamiseks kõige paremini, päideroog, roog-aruhein, kerahein, ohtetu-püsikluste ja ida- kitsehernes. Lühiajaliselt (kuni 5 aastat) võib kasutada ka põldtimutit, mille produktiivsus on kõrge nii mineraal kui turvasmullal. Saksamaal ja Inglismaal biogaasi

katsetes häid tulemusi andnud karjamaa raihein Eestis energiakultuuriks ei sobi, sest on siin lühiajaline (kestus taimikus 4 aastat) ja karmidel talvedel talvitub halvasti.

Päideroog (*Phalaris arundinacea*)

Päideroog on hõredaid kogumikke moodustav pikkade maa-aluste võsunditega (risoomidega) kõrreline. Kõrs on 50–150 cm (kohati isegi 200 cm) kõrge, sile, paljas. Lehelabad on 1–1,5 cm laiad, paberjad, alumisel pinnal karedalt karvased. Lehetuped on siledad, paljad, alumised sageli roosakad. Roheline või punakas pööris on kuni 20 cm pikk, tihe, kitsas, lühikeste karedate harudega (Kask et al. 1966). Pähikud on enamasti roosakashallikad, 4–6 cm pikad, kolme õiega, millest tipmine on mõlemasuguline, alumised redutseerunud kuni ühe õie kaheosalise välissõklani. Õitseb juunis-juulis (Kuusk jt.. 1979).

Päideroog on väga laia ökoloogilise amplituudiga taim, mis suudab kasvada laias mullatingimuste, temperatuuri ning sademetehulga piirides. See võib kasvada kõrgusvahemikus 0–1100 meetrini ja taluda aprillist oktoobrini temperatuure vahemikus 1-39ºC, sademeid 300–2600 mm ning kasvada mullal, mille pH on 4.5–8.2 (Duke, 1978, Tuck et al. 2006). Ökoloogilisest tolerantsist tulenevalt on päideroog väga laia geograafilise levilaga: seda kasvab Venemaa Euroopa-osas, Lääne- ja Ida-Siberis, Kaug-Idas, Kaukaasias, pea kogu Euroopas, Väike-Aasias, Iraanis, Jaapanis, Hiinas ja Põhja-Ameerikas. Ka Eesti looduslikes tingimustes on see taim võrdlemisi sage, kasvades peamiselt veekogude kallastel ja ajutiselt üleujutatavatel lamminiitudel ning loikudes.

Päideroogu on Eestis uuritud ja kasvatatud peamiselt rohusööda saamise eesmärgil. Katsed päideroo kui energiakultuuriga on algusjärgus. Senine uurimistöö on näidanud, et kuigi päideroog on põuakindel, on see saagikam paras- ja liigniisketel muldadel. Põuakartlikud mullad selle kasvatamiseks ei sobi. Väga hästi sobivad päideroole hästilagunenud turvasmullad, eriti aga huumuselised, kobedad, toitaineterikka liikuva põhjaveega mineraal- ja üleujutatavad lammimullad, kus see on püsiv ja suure saagivõimega. Päideroog ei talu kõrget seisvat põhjavett, ega huumusvaest happelist mulda. Jäätumisele ja külmale on päideroog vastupidav (Annuk, Aavola 2006). USA-s läbiviidud katsed on näidanud, et täiskasvanud taimed taluvad üleujutust 49 päeva ja rohkemgi, noored võrsed 35-49 päeva, seemned 35-56 päeva (Duke,1978).

Päideroog on talle sobivates kasvukohtades agressiivne liik, mis soodsate tingimuste korral tõrjub aastatega välja kõik teised liigid. Tema kasutuskestus saagis sõltub niidete arvust. EMÜ Eerika katsejaamas gleistunud pseudoleetunud mullal (huumusesisaldus 3.0…3.7%, pH_{KCl} 6.0…6.2) läbiviidud katse näitas, et päideroog võib püsida taimikus 13 (katse kestus) ja enam aastat (Eilart, Reidolf 1987). Sarnase tulemuse andis ka K. Annuki (1979) poolt hästilagunenud madalsoomullal läbiviidud katse, kust selgus, et 1…2 kordse niitesageduse ja kõrge (> 12cm) niitmiskõrguse korral püsib päideroog konkurentsivõimelisena taimikus vähemalt 12 aastat. Seega on päideroo puhul tegemist tema jaoks soodsate tingimuste puhul taimikus väga pikka aega püsiva liigiga.

Päideroo konkurentsivõimet vähendab madal (< 12cm) ja ka sage (3 ja enam korda) niitmine. Selle tulemusena väheneb nii tema saagikus kui ka lüheneb püsivus taimikus. Madala niitekõrguse korral eemaldatakse kõrre alumistes osades olevad varutoitained, mis päiderool, kui juurmiste lehtede poolest vaesel liigil on olulised tema edasiseks kasvuks (Annuk.1979). W. Davis (Annuk.1979) soovitab päideroole optimaalseks niitekõrguseks 4…5 tolli (10.16…12.70 cm).

Päideroo rohukamara saak sõltub antavast lämmastiku normist. EMÜ Eerika katsejaamas läbiviidud katses saadud saagiandmete regressioonanalüüs näitas, et päideroo saak suurenes kolmeniitelise kasutuse korral lämmastiku annuse kasvades kuni 305 kg (Eilart.

Reidolf, 1987). On ka andmeid, et maksimaalse KA saagi formeerumiseks peab N norm olema isegi 400 kg/ha (Lillak, Reidolf, 1985). Samas näitasid kõik EMU Eerika katsejaamas toimunud põldkatsed ,et KA saagi oluline juurdekasv toimub üksnes N normini 200 kg/ha. N-normi edasi kasvades KA saagi juurdekasv aeglustus, lämmastiku efektiivsus vähenes ja saagi omahind suurenes.

Sarnaselt mineraalmullaga osutus keskmiselt lagunenud madalsoo turvasmullal päideroole optimaalseks lämmastiku normiks 200 kg/ha, mille korral saadi kaheniitelisest variandist KA 8 t/ha ja kolmeniitelisest variandist 7 t/ha (Koitjärv, 1980).

Päideroole on iseloomulik stabiilne saak, mis sõltub vähe vegetatsiooniperioodil valitsevast ilmastikust. Leetunud liivsavimullal toimunud pikaajalises katses, kus päideroogu väetati normiga N_{240} kg/ha, selgus, et tõenäosusega 90% (s.o. üheksal aastal kümnest), annab päideroog neis tingimustes 8 tonni kuiva heina hektarilt. Selle näitaja osas ületas päideroog enamikke teisi Eestis viljeldavaid heintaimi (Rand, 1981).

Eestis on aretatud päideroo sort ‚Pedja'. Lisaks sellele on läbinud sordivõrdluskatsed ja võetud sordilehte veel USA firma Norfarm Seed Inc. sordid ‚Venture' ja ‚Platon' , mis Toris toimunud sordivõrdluskatsetes andsid 2 katseaasta keskmisena vastavalt 8,9 ja 9,15 t KA/ha.

Jõgeval sööda tootmise eesmärgil aretatud sort ‚Pedja' on kõrgekasvuline, varavalmiv sort, kahe ja kolmeniiteliseks kasutamiseks. Seemnepõldudel on taimede kõrgus ulatunud 2m. Mitmeniitelise kasutuse korral on see keskmiselt 1,3m. Selle keskmiselt kuni tugevasti võrsunud puhmik omab rohkesti pikki (10…35 cm) ja laiu (0.8…1.8) lehti. Sort on kevadel väga hea ja suvel hea põuakindlusega, on talvekindel, talub hästi jäätumist, külma, pikaajalisi üleujutusi ning kevadisi ja sügisesi öökülmi. Jõgeva SAI põhivõrdluskatsetes oli keskmine haljasmassisaak lammimuldadel kaheniitelisel kasutamisel 41,8 t/ha (maksimaalne 54,8) ja heinasaak 9,3t/ha (maksimaalne 15,4) (Annuk, Aavola 2006).

Päideroo sobivusest energiaheinaks Soome kogemuse põhjal

Soomes toimunud uurimistöö tulemusena on selgunud, et sealsetes oludes annab päideroog juba alates teisest kasutusaastast 6…8 tonni KA hektarilt (bioloogiline saak), mistõttu on see põllul kasvatatavatest energiataimedest osutunud kõige perspektiivsemaks. Esimese kasutusaasta saak on hilisemast 20…40% väiksem. Kevadise koristamise korral püsib taimik saagikana vähemalt 10…12 aastat.

Päideroogu külvatakse kevadel reavahega 12,5 cm ja külvisenormiga 8…10 kg/ha (100% idanev seeme) (Pahkala *et al.,* 2005)). Niisketes tingimustes kulub päiderool idanemiseks 3 nädalat. Rajamisel on soovitav taimikut väetada normiga $N_{40}P_{20}K_{40}$ kg/ha. Saagiaastal on soovitav anda $N_{60...80}$ kg/ha. Sealjuures võib norm olla huumusrikastel muldadel väiksem - N_{50} kg/ha. Fosfor- ja kaaliumväetistest on saagiaastal soovitav and $P_{5...10}$ kg/ha ja $K_{30...50}$ kg/ha (Pahkala *et al.,* 2005). Võrreldes söödaks tootmisega on väetusnormid päideroo energiaheinaks tootmisel väiksemad, sest kasvuperioodi lõpus paigutuvad varuained maapealsest osast risoomidesse ja järgmise kasvuperioodi algul kasutab taim neid kõrte ja lehtede kasvatamiseks. Seepärast on tähtis kompenseerida vaid saagiga põllult äraviidud toitained. Ülemäära suur lämmastikunorm suurendab saagis N, P, K ja S sisaldust ning vähendab saagi kvaliteeti (Nixon, Bullart,1997, Katterer *et.al.*1998)

Energiaheina koristatakse Soomes ja Rootsis reeglina kevadel kohe pärast lumesulamist. Sealsete uurimistööde põhjal on kevadisel (ingl.k. delayed harvest) saagikoristusajal sügisega võrreldes rida eeliseid.

- Saagi kuivainesisaldus on kõrge ja saak ei vaja täiendavat kuivatamist
- taimi ei häirita kasvuperioodil, mistõttu nende juurestik on tugevam ning sinna koguneb rohkem süsivesikuid, mis aitavad taimel elada talve paremini üle ja alustada kevadel kasvu varem
- muld on aastaringselt taimedega kaetud, mistõttu väheneb erosioon

- väheneb taimiku umbrohtumus
- toitaineid viiakse põllult vähem minema, mistõttu väetise vajadus väheneb
- mineraalainete sisaldus saagis on väiksem ning saagi kvaliteet põletuseks seepärast parem
- väike tööjõukulu (umbes 5 inimpäeva /ha (Pahkala, 2007))

Kevadise saagikoristuse puudused:

- talvel tekib suur materjali kadu (50…60% KA)
- kevadel puudub turul nõudlus kütte järele, mistõttu tuleb saak ladustada
- koristus nõuab täpset ajastust. Maa peab olema kuiv kuid taimede kasv ei tohi olla alanud. Optimaalne koristusperiood kevadel on umbes 10…15 päeva . Sellel ajal püsib koristatava massi niiskusesisaldus vahemikus 10…15% (Pahkala,2007)

Energiaheina tootmiseks kasutatakse Soomes söödaks aretatud päideroo sorte. Spetsiaalselt energiaheina tootmiseks aretatud sorte seal veel ei ole kuid aretustöö selles osas on käimas. Söödatootmiseks aretatud sordid ei sobi hästi energia tootmiseks, sest on liiga leherikkad ja nende biomass sisaldab seetõttu palju aluselisi metalle. Ideaalne päideroo sort, mida kasutada energia saamiseks, on pika tugeva kõrrega ning sellel on vähe lehti. Tähtis on ka kõrge KA saak ning selle madal mineraalainete (Si, K, Cl) sisaldus. Välismaistest sortidest, mis on aretatud samuti loomasööda tootmiseks andsid Soome tingimustes häid saake ’Vantage’,’Venture’,’Platon’, ’Lara’, ’Barphal 050’,’Chiefton’. Suurim kevadel koristatud saak oli nende sortide korral 11…14 t KA/ha (Pahkala. *et al.,* 2005). Seejuures olid ’Barphal 050’ ja ’Lara’ saagikad just põhjapoolsetes katsejaamades. Rootsi tingimustes on osutunud sobivaimaks ’Platon’ ja ’Venture’(Olsson, 2003).

Täna on EU turul juba üks päideroo sort, ’Bamse’, mis on spetsiaalselt aretatud energiaheinale seatud kvaliteedi nõudeid silmas pidades. Esimestest katsetest saadud tulemuste põhjal ületab selle sordi KA saak söödaks mõeldud sortide oma 20%. Eestis selle sordiga katseid tehtud ei ole. Norras toimunud katse näitas, et selle sordi energeetiline väärtus ei ületa söödatootmiseks mõeldud ’Lara’ energeetilist väärtust (Nesheim,2007).

Roog-aruhein (*Festuca arundinacea*)

Roog-aruhein on rohkete juurmiste lehtedega 50…150 cm pikkuste kõrtega hõredapuhmikuline pealishein, mis võib moodustada ka väga lühikesi mullasiseseid võsundeid. Sobib peamiselt niiteliseks kasutamiseks, kuid on olemas ka sorte, mis taluvad karjatamist. Esineb Eestis loodusliku liigina ja võib anda hübriide hariliku aruheinaga. Roog-aruhein ei ole nõudlik mullastiku suhtes, kasvab hästi erinevatel mineraal- ja turvasmuldadel. Sobivad mullad on roog- aruheina jaoks M_3Ag, Ag $G(0)_1$, G $(I)_1$, G(0), G I, Lg. Mulla lõimise poolest sobivad tema kasvatamiseks paremini raskemad s.o. savi ja liivsavimullad. Sobiv niiskusrežiim on parasniisike kuni niiske. Kasvab ka märgadel kasvukohtadel, kuid ei talu üleujutust (Annuk, Laugus, 1980). Roog-aruheina puhaskülvinorm on 33 kg/ha (100% idanev seeme)

Roog-aruheina külvijärgne areng on aeglane kuni keskmine. Ta on haigus- ja põuakindel, kuid keskmise külmakindlusega, mistõttu külmematel ja lumevaestel talvedel võib tema taimik saada kahjustatud. Liik on taimikus sobiva kasutusrežiimi korral pikaajalise kestusega. Sellel on head tehnoloogilised omadused. Tema taimik ei lamandu ja lehed ei kuhtu. (Annuk, Laugus, 1980; Annuk. Aavola 2006).

Roog-aruheina konkurentsivõime oleneb eelkõige taimiku kasutussagedusest. Kõige paremini püsib see intensiivsemal, kolme- ja neljaniitelise kasutuse korral, kui esimene niide tehakse kõrsumisfaasis. Esimese niite hilinemisel ja rohumaa kasutusintensiivsuse langedes

roog-aruheina konkurentsivõime väheneb. Konkurentsivõime langeb ka siis, kui taimikut esimest korda niita võrsumisfaasis (Lillak,1989).

EMÜ Eerika katsejaamas leetunud savimullal aastatel 1985…1988 läbiviidud katse näitas, et puhaskülvis rajatud roog-aruhein on kõrgesaagiline, ületades selles osas katses võrdluseks olnud ohtetut lustet 1,5…2,0 t/ha ja hübriidlutserni 4,0 t/ha võrra. Suurimad KA saagid (11,27…11,74 t/ha) saadi taimiku kolmeniitelise kasutuse korral, kui esimene niide toimus taimede loomise faasis. Samas selgus, et sellise kasutuse korral ei ole roog-aruhein taimikus konkurentsivõimeline ja püsib lühiajaliselt. Nelja aastaga vähenes selle osakaal taimikus märgatavalt, olles neljanda kasutusaasta lõpul vaid 45,9… 57,9%. Hästi sobis roog-aruheinale neljaniiteline kasutusrežiim, esimese niitega kõrsumise alguses. Sellisel juhul oli keskmine kuivaine saak 10,9 t/ha ja roog-aruheina osakaal taimikus neljanda kasutusaasta lõpuks 84,6% (Lillak, Selge, 1990).

EMÜ Eerika katsejaamas toimunud põldkatses alustas roog-aruhein kasvu aprilli viimasel dekaadil. Praktilist tähtsust omava kuivainesaagini jõudis roog-aruhein maikuu keskel taimede võrsumisfaasi II poolel, mil KA saak ulatus 1,12 t/ha. Selline kiire kuivaine juurdetulek (keskmiselt 0,15 t/ha) ööpäevas kestis kuni taimede loomisfaasi alguseni (kasvuperioodi pikkus 48 ööpäeva), millest edasi kasvukiirus langes (oli keskmiselt 0,07 t/ha ööpäevas). Roog-aruheina KA- saak saavutas maksimumväärtuse õitsemise faasis, s.o. 69 kasvupäeval. Edasine kasvuperioodi pikendamine oluliselt KA-saagi juurdekasvu enam ei andnud ning alates juuli II poolest algas KA-saagi vähenemine. Juhul, kui taimikut niideti esimest korda maikuus taimede võrsumisfaasis või kõrsumisfaasi alguses, oli suve jooksul võimalik teha kokku neli niidet, kusjuures põhiline osa (vastavalt 30…44 ja 29…37%) kogusaagist laekus 2. ja 3. niitest. Mida hiljemaks jäi esimene niide, seda enam ädalakasv aeglustus, mistõttu samasuure KA-saagi saamiseks 2. niitest kulus hilisema 1. niite puhul (juuli 2. või 3. dekaadil) ligi 2 korda enam aega kui varase esimese niite puhul (vastavalt 68…71 ja 35…37 päeva). Kokkuvõttes näitas katse, et mida enam jäi ädala moodustumise periood sügisesse, seda aeglasemalt taimed kasvasid ja seda enam tuli korraliku saagi saamiseks pikendada niite-eelset perioodi (Lillak, 1993). Roog-aruhein on tundlik kasvuperioodil valitseva ilma suhtes. Selle saaki alandas nii keskmisest külmem ja vihmasem kui ka põuasem vegetatsiooniperiood (Lillak, Selge, 1990).

Roog-aruheina taimede vananedes suurenes saagis kõrte ja vähenes lehtede osakaal. Kuna vartes on toortuhasisaldus suhteliselt madal, siis vähenes kasvuperioodi pikenedes toortuhasisaldus saagis kiiresti, olles minimaalne (6,76…7,28%) taimede õitsemise ja seemnete moodustamise faasis. R. Lillaku (1993) uurimus kinnitas ka mitmeid varasemaid (Kasperbauer, 1990; Spassov 1982) uurimustöid, mille järgi on roog-aruheinale iseloomulik väga kõrge kaaliumisisaldus, mis on taunitav komponent biomassi põletamisel.

Eestis roog-aruheina sorti aretatud ei ole**.** Hetkel on Eesti Sordilehes kaks DLF-Trifoliumi sorti ’Seine’ ja ’Fuego’, mis mõlemad on aretatud rohusööda tootmise eesmärgil. Viljandis ja Toris toimunud sordivõrdluskatsetes andsid need liigid vastavalt 10,2 (4 katseaastat) ja 9,8 t KA ha (2 katseaastat).

Roog-aruhiena sobivusest energiaheinaks Soome kogemuse põhjal.

Soomes uuriti roog-aruheina sobivust energiaheinaks kahel aastal nii savi- kui ka turvasmullal (Saijonkari- Pahkala, 2001). Neljal erineval lämmastikufoonil N_0, N_{50}, N_{100}, N_{150} toimunud katse ei andnud ühest vastust lämmastikväetise normi mõju kohta roog-aruheina saagile. Saadud tulemused olid kahel aastal erinevad ning sõltusid saagi koristamisajast ning niidete arvust. Siiski näitasid kahe aasta tulemused, et 1…2 niitelise rohukasutuse korral suureneb taimiku saak kuni normini N_{50}. Sealt edasi kasvab saak vähe. N_{50} suuremate normide saaki suurendavat mõju võis märgata vaid siis, kui saagi koristamine toimus

kevadel. Soome kogemuse põhjal ei ole N_{100} normide kasutamine roog-aruheina 1…2 niitelise kasutusrežiimi korral põhjendatud.

Rohkem kui lämmastikväetise normist, sõltus roog-aruheina saak saagikoristusajast. Roog-aruheinale osutus sobivaimaks kaheniiteline kasutusrežiim kui esimene niide tehti taimede õitsemise ajal ja teine niide oktoobris. Suure kuivainesaagi andis ka saagi koristamine augustikuus seemnete valmimise ajal. Sügisese saagikoristuse puuduseks on saagi suur niiskusesisaldus >45%), mistõttu vajab see täiendavat kuivatamist. Samas näitasid katsed, et roog-aruheinale ei sobi kevadine koristusaeg. Sellisel juhul moodustab põllult kättesaadav saak vaid 37…54 % kasvuaastal koristatavast saagist. Madal saak kasvuaasta järgsel kevadel tuleneb roog- aruheina kasvulaadist. Taimik koosneb peamiselt lehtedest, mistõttu see allub kergesti talvel lamandumisele ning kevadel ei ole seda võimalik kombainiga koristada. Kevadise koristuse korral produtseerib roog-aruhein ka palju vähem varsi, võrreldes koristamisega kasvuaastal. Peamiselt neist kahest omadusest tulenevalt ei sobinud roog-aruhein Soomes energiaheina tootmiseks.

Põldtimut *(Phleum pratense)*

Põldtimut on 20…100 cm pikkuste püstiste lehistunud kõrtega tiheda rulja ja kareda tömbitipulise pöörispeaga hõredapuhmikuline pealishein. Põldtimuti läbilöövus segudes on esimesel aastal tugev. Ta on hea saagivõimega põldheinas ja niidul, kuid karjamaal vähem püsiv. Kasutuskestus on 5…6 aastat. Põldtimut talub hästi kattevilja. Ädalakasv on nõrk kuni keskmine, sõltuvalt sademetest ja lämmastikuga varustamisest. Eestis on põldtimutist valmistatud peamiselt silo (niitmine kõrsumisfaasi lõpus) ja ka heina (niitmine õitsemise alguses).

Põldtimut on hea jäätumis- ja külmakindlusega. Tänu neile omadustele on põldtimut Põhja-Euroopas üks kõige laialdasemalt kasutatavaid heintaimi.

Põldtimut kasvab hästi soodsa niiskusrežiimiga saviliiv-, liivsavi- ja savimuldadel, rahuldavalt – ajutiselt liigniisketel keskmise sügavusega rähk- ja liivmuldadel, vähelagunenud turvasmuldadel ning üleujutavatel lammimuldadel. Põldtimut ei püsi kaua toitainevaestel, happelistel ega väikese veevaruga muldadel (Annuk, Aavola, 2006).

Põldtimuti kestus taimikus sõltub kasutatavast lämmastikväetise normist ja niitesagedusest. Kuusiku katsebaasis liivsavilõimisega küllastunud gleistunud kamarmullal toimunud katses näitas põldtimuti sort ‚Jõgeva 54' , et lämmastiku annuse ja niitesageduse kasvades tema konkurentsivõime väheneb. Saadud tulemuste põhjal suudab põldtimut püsida rahuldavalt (osakaal saagis > 50%) rohukamaras N100-ga väetamisel kuni 5 aastat, N200 väetamisel kuni 4 aastat, ning N300 väetamisel kuni kolm aastat kui rohtu niidetakse 5…6 cm kõrguselt suve jooksul 2…4 korda. Seejuures võis täheldada, et 3 ja 4 kordne niitesagedus mõjus põldtimuti puhul samuti konkurentsivõimet alandavalt (Raave, Smoljakova, 1986).

Turvasmullal läbiviidud katse andis mõnevõrra teistsuguse tulemuse. Selgus, et turvasmullal on niitesageduse ja lämmastiku normi mõju põldtimuti püsivusele taimikus nõrgem. Ka siin oli kuuenda aasta lõpus kõigis variantides tema osakaal alla 50 %, kuid erinevused 4…5 niitelise ja 2 niitelise variandi vahel olid minimaalsed. Turvasmullal küündisid põldtimuti saagid esimesel neljal aastal olenevalt väetamisest ja niitesagedusest 5,7…10,9 t/ha KA. Seejuures oli saagikus kõige suurem kaheniitelises ja väikseim viieniitelises variandis. Põldtimutile loetakse optimaalseks N normiks turvasmullal N_{100}…N_{200} (Smoljakova, 1981).

Olustvere katsejaamas leetunud liivsavi mullal 6 aastat toimunud katse näitas, et põldtimuti väetamisel N360 kg/ha saadi 30%-lise saagi tagatuse korral (s.o. kolmel aastal kümnest) kuiva heina mitte alla 12 t/ha, 70%-lise tagatuse korral (seitsmel aastal kümnest)

mitte alla 9,6 t/ha ja 90% tagatuse korral (üheksal aastal kümnest) mitte alla 8,4 t/ha (Rand, 1981)

Eestis on aretatud 3 põldtimuti sorti. Neist vanim, universaalsort ’Jõgeva 54’ koosneb varajasepoolseist püstistest või veidi laiuvatest 100…130 cm kõrgustest ja küllaltki pikkade (16…35 cm) lehtedega taimedest. Sort ’Jõgeva 54’ saagikus on rahuldav ja püsib aastati stabiilne. Ädalakasv on keskpärane, kuid viljakal parasniiskel mullal ja korralikult kuivendatud soomullal suure lämmastikunormi kasutamisel suhteliselt rikkalik.

Põldtimuti sort ’Tika’ on mõeldud kasutamiseks eelkõige karjamaa segudes. Nii haljasmassi-, kuivaine-, kui seemnesaagilt on ’Tika’ praktiliselt võrdne sordiga ‚Jõgeva 54’, kuid selle saagi toorproteiinisisaldus on oluliselt kõrgem ning see talub paremini ka sagedast rohu kärpimist. Mitmeliigilises karjamaataimikus on ’Tika’ püsinud hästi kuuenda kasvuaastani, mil andis ligemale 60% suurema heinasaagi kui ’Jõgeva 54’. Sort talvitub hästi ja on võrdlemisi varavalmiv. Ajavahemikus 1980…1985 Jõgeval läbiviidud põhivõrdluskatses andis sort ’Tika’ 7,7 tonni kuiva heina hektarilt kusjuures maksimum saak oli 10,5 tonni (Bender, 1989).

Tabel 4. Viljandis ja Toris toimunud põldtimuti sordivõrdluskatsetest kogutud saagi andmed

Sort	Saak, t KA/ha
Grindstad	10,3
Ragnar	10,0
Promesse	9,9
Goliath	9,7
Tia	9,6
Lishka	9,6
Vega	9,6
LOTI 9501	9,5
Jõgeva 54	9,5
Tuuka	9,1
Bilbo	8,6
Liphlea	8,3
VV-79 Vetro	8,2
Tika	8,2

Põldtimut ’Tia’ on kolmeniiteliseks kasutamiseks sobiv intensiivsort. Sordi ‚Tia’ taime puhmik on püstine, keskmise tiheduse ja võrsumisvõimega. Kõrte pikkus on 80…110 cm, lehed keskmise laiuse ja pikkusega. ’Tia’ kasv on nii kevadel kui pärast esimest niidet kiire, teise saagikoristuse järel aeglane. Võrreldes sortide ‚Jõgeva 54’ ja ’Tikaga’ on ’Tia’ haljasmassi saak kuni 5 ja kuivainesaak kuni 7 % suurem (Annuk, Aavola, 2006). Ajavahemikus 1967…1982 Jõgeval korraldatud põhivõrdluskatses saadi sordi ’Tia’ lappidelt keskmiselt 9,9 t kuiva heina. Maksimum saak oli 11,0 t/ha (Bender, 1989).
Välismaistest põldtimuti sortidest on Eesti sordilehes ’Goliath’ (DLF-Trifolium), ’Liaschka’ (DSV), ’Lodve’ (DLF-Trifolium), ’Noreng’ (DLF-Trifolium), ’Promesse’ (Innoseeds bv), ’Ragnar’ (SvalöfWeibull AB), ’Tundra’ (DLF-Trifolium).

Põldtimuti kasutuskogemusi energiaheina ja biogaasi tootmiseks välismaal

Põldtimutit kui võimalikku energiakultuuri on vähe uuritud. Ilmselt on põhjuseks tema lühiajaline kestus taimikus, mis muudab energiatootmise kalliks. Energiaheina tootmisel

on põldtimuti puhul miinuseks peenike kõrs, mistõttu ei ole seda, nii nagu roog-aruheinagi, võimalik kevadel koristada. Üksikuid katseid on tehtud põldtimutiga uurimaks sellest biogaasi väljatulekut. Saksamaal läbiviidud katses, kus võrreldi biogaasi väljatulekut karjamaa raiheinast, harilikust aruheinast, roog-aruheinast, festuloliumist (hariliku aruheina ja festuloliumi hübriid), keraheinast, punasest aruheinast ja põldtimutist jäid saadud biogaasi kogused vahemikku 678…752 l / 1 kg KA. Põldtimuti biogaasi saak oli 733 l / 1 kg KA (Mähnert, *et.al.,* 2002).

Harilik kerahein (*Dactylis glomerata*)

Harilik kerahein on suure saagivõimega, kõrgekasvuline (sõltuvalt väetamisest 40-150cm), väga hea võrsumisvõimega hõredapuhmikuline kõrreline heintaim.
Külviaastal kasvab kerahein puhaskülvis kiiresti, kuid segudes ja kattevilja alla külvatuna on tema kasv algul pidurdatud. Vaatamata kiirele kasvule moodustab kerahein külviaastal isegi varajase külvi korral vaid üksikuid generatiivvõrseid. Et keraheinal on rööbiti generatiivvõrsetega palju lühivõrseid (lehekodarikke), millel arvukalt pikki ja laiu lehti, siis on kerahein üks leherikkamaid kõrrelisi pealisheinu. Isegi kõrsumisfaasis moodustavad lehed saagist 50-85%.

Kerahein on kevadel varajase ja kiire kasvuga. Loob tavaliselt mai lõpul, õitseb juuni teisel poolel ja seemned valmivad juuli keskel.

Kerahein on mulla suhtes vähem nõudlik kui teised väärtuslikud kõrrelised heintaimed, püsides rahuldavalt ka huumusvaestel ja kuivadel muldadel. Turvasmuldadel on keraheina saak aastati kõikuv, sest keraheina kahjustavad seal tugevasti hilised kevadised öökülmad. Seejuures reageerib kerahein tugevamini kui enamik teisi kõrrelisi heintaimi mullaviljakusele, veega varustatusele ja väetamise intensiivsusele. Liigniiskuse suhtes on kerahein tundlik, kannatab halvasti üleujutust. Talvekindlus on keraheinal väiksem kui enamikul teistel kõrrelistel heintaimedel. Eriti ohtlik on lumeta pakane ja jääkiht. Külmast kahjustatud taimedel ei arene generatiivvõrseid või on neid vähe, kevadine kasv hilineb ja saak väheneb. Eriti tundlikud külma suhtes on noored, esimest aastat talvituvad taimed. Keraheina ei tohi jätta talvituma lopsaka ädalana, sest lumerohkel ja pehmemal talvel võib enamik taimedest hävineda. Seepärast on vaja keraheinarohketel rohukamaratel hilissügisel tugevasti karjatada või neid niita.

Keraheina ädalakasv on kiire. Ädala osa aastasaagis sõltub lämmastikuga väetamisest. Kui muld on lämmastikurikas, moodustab esimese niite saak ligikaudu kolmandiku kogusaagist.

Kerahein on väga hea lämmastikväetise kasutaja. Keraheina intensiivsel viljelemisel ulatub tavaliselt kuivaine hektarisaak Eesti oludes 9-12 tonnini.

Keraheina kasutuskestus võib soodsates kasvutingimustes olla pikk, püsides aastakümneid rohukamarates.

Kerahein on üks agressiivsemaid kõrrelisi heintaimi, eriti rikkaliku lämmastiktoitumise korral. Sel juhul surub ta kõik teised kõrrelised heintaimed ja isegi umbrohud rohukamaratest välja.

Eesti Sordilehes on (seisuga 5.11.07) keraheinal 8 sorti, neist kaks on Jõgeva SAI-s aretatud sordid. ’Jõgeva 242’ on hiline intensiivsort niiteliseks kasutamiseks (annab 3-4 niidet), ’Jõgeva 220’ on varasem, sobib nii intensiivseks, niiteliseks kasutamiseks kui karjatamiseks. Niitmisel annab ’Jõgeva 242’ kuni 15% suurema saagi kui ’Jõgeva 220’. Mõlemad sordid on leherikkad (lehtede osakaal esimese niite saagis 60-80%), ädalas kõrsi ei moodustu (Jõgeva SAI…, 2007). Puhaskülvis rajamisel on külvisenorm 20 kg/ha, erinevates segudes 5-20 kg/ha.

Eestis on keraheina seni käsitletud ja uuritud kui suure saagipotentsiaaliga ja pika kasutuskestusega (10…20 aastat ja enamgi) söödataime, mille kohta on viimase 50 aasta jooksul kogunenud väga mahukas ja sisult mitmekesine andmebaas (erinevad mineraal- ja turvasmullad, väetisnormid, kasutusrežiimid jm.). Keraheina kohta on rohkesti uurimustulemusi avaldanud nii EMVI kui Eesti Maaülikooli teadurid. Rohkem on uuritud väetisnormide ja kasutusrežiimi (niidete ja karjatamiste arv ja aeg) mõju keraheina saagi suurusele ja kvaliteedile puhas- ja segukülvides (Adojaan, 1961, 1980; Toomre, 1965; Annuk, 1993, 2006; Loid, 1974; Raave, 1981, Raave et al., 1987; Rand, Krall, 1978; Sau, 1960, 1965, 1977; Sau, Kirspuu, 1977; Tamm, 2006).

Keraheina sobivuse kohta bioenergiakultuuriks on kirjanduses vähe seisukohavõtte. Enamasti väidetakse, et energiaheinaks (s.o. otsepõletamiseks) eelistatumad liigid Eestis on päideroog, roog-aruhein ja ida-kitsehernes (Hovi, 1995, 2006; Lillak, et. al., 2007). Biogaasi produktsiooni keraheinast metaankääritamisel on uuritud Saksamaal (Mähnert et al., 2005; Prochnow et al., 2005), kus see liik jäi metaani väljatuleku poolest ca 10% alla karjamaa raiheinale.

Ka USA-s ei loeta keraheina perspektiivseks energiakultuuriks (Gill, 2006).

Eespool kirjeldatud keraheina bioloogilis-majanduslikke omadusi (eeskätt suur saagipotentsiaal, haljasmassi leherikkus ja taimiku pikk kasutuskestus), sobib kerahein Eesti oludes biogaasi tootmiseks, otsepõletamiseks ta ei sobi.

Ohtetu luste (*Bromus inermis*)

Ohtetu luste on kõrgekasvuline (kuni 150 cm), hõredat taimikut moodustav pikkade võsunditega, väheste juurmiste lehtede ja rohke kõrglehestikuga pealishein.

Ohtetu luste algarenemine on aeglane, tärkab ebaühtlaselt 7-14 päeva jooksul. Tundlik kattevilja suhtes. Kevadine kasv kiire, kuid õitsema hakkab põldtimutiga peaaegu ühel ajal. Seeme valmib tavaliselt augusti esimesel poolel.

Paremini kasvab õhu- ja huumusrikastel parasniisketel muldadel, kuid intensiivsel väetamisel annab hea saagi ka toitainevaesematel muldadel. Kasvab hästi piisavalt kuivendatud turvasmuldadel. Reageerib hästi lämmastikväetistele, hea talve- ja põuakindlusega. Tüüpiline niidutaim, karjatamist talub halvasti.

Varajase niitmise korral annab kolm niidet, kuid kõige paremini püsib taimikus kaheniitelise kasutuse puhul – 10…15 aastat. Potentsiaalne saagivõime on 8,5-11 t/ha kuivainet.

Hetkel on ohtetul lustel Eesti Sordilehes 2 sorti: ‚Lehis' (Jõgeva SAI) ja 'Lincoln' (USA).

Sordivõrdluskatsetes Kosel ja Võrus andis sort 'Lehis' keskmiseks heinasaagiks 7,5 t/ha, suurim saak oli 9,8 t/ha heina (Annuk, Aavola, 2006). 'Lincoln' on Eesti sordivõrdluskatsetes andnud 2 aasta keskmisena 8,5 t/ha kuivainet.

Eesti rohumaateadlased on ohtetu luste produktiivsust uurinud nii mineraalmuldadel (Sau *et al*., 1979; Lillak, 1989) kui kuivendatud madalsoo- (Koitjärv, 1984, 1988, 1988 a) ja lammimuldadel (Annuk, 1992). Agronoomiliselt optimaalseks (s.o. saagi juurdekasvu alusel) väetisnormiks osutus mineraalmullal enamasti N200…300 P50…70 K130…150 kg/ha ja turvasmullal N200 P90 K180 kg/ha.

Hinnates ohtetu luste bioloogilis-majanduslikke omadusi bioenergiakultuuriks sobivuse aspektist, jõuame järeldusele, et Eesti oludes sobib ohtetu luste rohkem biogaasi tootmiseks (haljasmass leherikas, C:N suhe metaankäärituseks sobiv) kui energiaheinaks, s.o. otsepõletuseks. Ohtetu luste kõrred on tunduvalt peenemad kui päiderool, mistõttu taimik lamandub talvel tugevasti ja ei sobi varakevadiseks koristuseks ka siis, kui maapind kannab koristusmasinaid.

Ida-kitsehernes (*Galega orientalis*)

Ida-kitsehernes (söödagaleega, fodder galega) pärineb Kaukaasia mägialadelt (kasvab seal kõrgusel 300…2000 m üle merepinna), mistõttu talle sobib hästi Eesti suhteliselt jahe kliima. Eestisse introdutseeriti ida-kitsehernes 1970.-ndate aastate algul EMVI eestvõttel (pm. dr. Helmut Raig). Viimasel viiel aastal on ida-kitsehernest Eestis kasvatatud stabiilselt 6000…7000 hektaril eelkõige haljassöödaks, silo valmistamiseks ja heinaks kas puhaskülvis või segus kõrgemakasvuliste kõrrelistega (eelkõige timutiga, hariliku aruheina ja keraheinaga).

Ida-kitsehernes on mitmeaastane 60…150 cm kõrgune hargneva varrega rohttaim, mis levib ja paljuneb edukalt ka vegetatiivselt maa-aluste varte e. risoomide abil. Ida-kitseherne juurestikus leidub mitmesuguseid juuri – sammas-, külg- ja lisajuuri. Juurestik on hästi arenenud, tungides 60…70 cm sügavusele. Peavarrel moodustuvad 3…7 cm sügavusel maa-alused varred e. risoomid. Need levivad mullas horisontaalselt 15…30 cm kaugusele emataimest, seejärel suunduvad pinnale ja moodustavad uusi maapealseid võrseid. Maa-alused varred loovad võimaluse taimiku uuenemiseks. Rohkesti pungi on ka juurekaelal, millest samuti jätkub maapealsete võrsete kasv ja taimiku uuenemine. Seega paljuneb ja levib ida-kitsehernes nii generatiivselt seemnetega kui vegetatiivselt, tänu millele taimestik aastatega ei hõrene, vaid vastupidi, tiheneb (Meripõld, Nõmmsalu, 2006). Samal ajal tuleb rõhutada ida-kitseherne väga aeglast arengut külviaastal, saagivõime realiseerub täielikult alles alates taimiku kolmandast eluaastast.

Ida-kitseherne juurtel on ümmargused juuremügarad, kus elavad õhulämmastikku siduvad väga liigispetsiifilised bakterid *Rhizobium galegae*.

Ida-kitsehernes on Eestis külmakindlam kui teised lõunapoolsetelt aladelt pärit söödakultuuride importsordid (eeskätt lutsern). Ida-kitseherne talvekindlus ja sellest tulenevalt taimiku kasutuskestus sõltub suurel määral tema niitmisrežiimist. Talvitumine on hea, kui võtta kaks niidet, kusjuures teine niide tehakse sügisel hiljem, näiteks septembri lõpus või oktoobri alguses. Niita ei või augusti lõpul või septembri alguses, kuna sel juhul kasutab taim vegetatsiooniperioodi lõpus ädalakasvuks ära maa-alustesse vartesse kogutud varuained ega talvitu korralikult. Oluline on ka, et siiani ei ole Eestis leitud ühtegi patogeeni, mis suudaks ida-kitseherne kasvatamist tõsisemalt häirida. Ida-kitsehernes on kohanenud suurepäraselt Eesti mullastikutingimustega. Ta ei kasva aga happelistel muldadel (pH<5,7), sest juurtel asuvad mügarbakterid ei talu mulla happelist reaktsiooni ja hävivad. Hästi kasvab ida-kitsehernes põuakartlikel paepealsetel õhukestel rähkmuldadel Põhja- ja Lääne-Eestis ning saartel, kus ta on osutunud sageli põuakindlamaks kui teised liblikõielised söödakultuurid. Samuti kasvab ida-kitsehernes hästi Lõuna-Eesti vahelduva mullastikuga kuppelaladel, kus ta produktiivsus on teiste põllukultuuridega võrreldes küllaltki suur, saagitase ühtlasem ja kus ta aitab vältida ka erosiooni (Meripõld, Nõmmsalu, 2006).

Arengulaadilt on ida-kitsehernes Eesti oludes kõige varasem liblikõieline rohumaataim. Õitsemist alustab ta juuni II dekaadil, täisõitsemine langeb juuni lõppu, seemned valmivad tavaliselt enamasti augustis. Pärast I niidet on ädalakasv kiire ja rohke. Ida-kitseherne haljasmass on leherohke – lehtede osakaal on suurim varsumisfaasis (45…57%), õitsemise alguseks väheneb see 35…40%-ni, ädalas on lehti enamasti 45…65%. Sageli on aga ädala areng ebaühtlane – näiteks on oktoobri alguseks osa taimi moodustanud juba õiepungad ja alustanud õitsemist, osa on aga alles varsumise faasis (Meripõld, Nõmmsalu, 2006).

Eesti Sordilehes on alates 1988.a. ida-kitseherne sort ’Gale’ (aretatud EMVI-s).

Uurimistulemusi ida-kitseherne kui söödakultuuri kohta on Eestis avaldatud üsna rohkesti (Raig, 1980, Fodder galega, 2001; Ida-kitseherne kasvatamine ja kasutamine, 2006), kuigi selle liigi kasvupind Eestis on jäänud siiski suhteliselt tagasihoidlikuks. Viimasel ajal on aga ida-kitsehernest esile tõstetud kui Eestis perspektiivset energiakultuuri (Hovi, 2006; Lillak et al., 2007).

Välismaal on ida-kitsehernest uuritud mitmel eesmärgil, enamasti kui söödakultuuri (Lindström, 1989; Varis, 1986; Virkajärvi, Varis, 1991; Adamovich, 2000; Adamovich et al., 2001; Fairey et al., 2000; Iwabushi et al., 2004; Slepetys, 2000), aga ka toormena paberi valmistamiseks (Saijonkari-Pahkala, 2001) ja farmaatsiatööstuse toorainena (Laakso et al., 1990; Virkajärvi et al., 1991).

Ida-kitseherne potentsiaali kohta bioenergiataimena on väliskirjandusest leida vaid vähesed uurimistulemused. Leedu Maaviljeluse Instituudis võrreldi aastail 2000-2003 kahe kõrreliseliigi (päideroog, ohtetu luste) puhaskülvide ja nende segude (valge mesikaga, hulgalehise lupiiniga, ida-kitsehernega) saagikust energiaheina (põletamiseks) ja biogaasi tootmiseks (Kryževiciene, 2006).

Siidpööris (*Miscanthus spp.*)

Botaaniline iseloomustus

Siidpööris (*Miscanthus*) on umbes 17-20 liigiga heitlehiste või igihaljaste troopiliste või subtroopiliste rohttaimede perekond kõrreliste (*Poaceae*) sugukonnas, mis looduslikult kasvavad niisketel niitudel Aafrikast Ida-Aasiani. Mõned liigid sobivad kasvatamiseks ka Euroopas.

Siidpöörised on mitmeaastased, sügavale ulatuvate risoomidega kõrrelised. Maapinnale moodustab mättaid (puhmaid), mille läbimõõt võib olla kuni1 m. Lehed on pikad, lamedad, kaetud vahaga. Varred on roosarnased, sirged, püstised, tugevad kõrgusega kuni 4 m. Õisikud kahvatud või pronksjad, Euroopas tavaliselt ei moodustu (Smith, et al., 1997)
Siidpöörised on vähenõudlikud taimed, mis kasvavad rahuldavalt kõikjal, kuid eelistavad niiskemat, samas hea drenaažiga mulda ja päikeselist kasvukohta. Talvel on tundlikud püsiva liigniiskuse suhtes. Paljundatakse seemnetega või puhma jagamise teel kevadel. Seemned idanevad temperatuuril 18-20°C kaks kuni kolm nädalat.

Energiakultuurina peetakse sobivaks peamiselt kolme siidpöörise liiki: *M.* x *giganteus* and *M. sacchariflorus* (amuuri siidpööris) ei talvitu Taanis ja Rootsis (Clifton-Brown *et al*. 2001) järelikult ka Eestis. Seega saaks Eestis kasvatada **hiina siidpöörist** (*M.sinensis*), mis peaks olema Eesti oludes külmakindel. Hiina siidpööris liigina võib kasvada kuni kolme meetri kõrguseks ja puhma läbimõõt võib ulatuda kuni meetrini, kuid sortide kõrgus küünib enamasti 1-2 meetrini (Plantex, 2007 vt. http://www.plantpost.eu/lk.php?id=220) .
Hiina siidpöörise saak võib küündida kuni 25 t kuivainet hektarilt.

Sobivus energiakultuuriks

Alternatiivina maisile biogaasi tootmise eesmärgil. Tuleks uurida, milline on hiina siidpöörise biogaasi väärtus. Põletamiseks tahkekütusena. Siidpöörise kütteväärtus on 17,6 MJ/kg (Leitfaden Bioenergie, 2007). Positiivsed küljed: varred on jämedad ja seetõttu säilitab kevadeks koristatavuse ning on lihtne põletada. Probleemiks on suured talvituskaod.

Eesti kogemus siidpöörise kasvatamisel

Eestis kasvatatakse hiina siidpöörist dekoratiivtaimena. Eestis energiakultuurina kasvatamise kohta andmed puuduvad. Katseid peaks alustama sellest, et leida Eesti kliimasse sobivad sordid ja nende kasvatamiseks sobiv agrotehnika.

Kasvatamise agrotehnika
Siidpööristele sobib päikeseline ja soe kasvukoht ning parasniiske tavaline või viljakam muld. Sobiv mulla pH 6,8-7,2. Kasvutihedus 1 taim ruutmeetri kohta
Väetamine - N 75, P_2O_5 20, K 100 kg hektari kohta aastas.
Euroopas on istanduse iga ~ 10-15 aastat. Koristamiseks kasutatakse samu masinaid mis sobivad maisi ja suhkruroo koristamiseks (Smith et al., 1997).

Välismaine kogemus *Miscanthus ssp.* **energiakultuurina kasvatamisel**.
Siidpööriseid on uuritud energiakultuuriks kasvatamise seisukohast mitmes Euroopa riigis. Saksamaal Mecklenburg-Vorpommernis uuritakse siidpööriste kasutamist/kasvatamist alternatiivina maisile biogaasi tootmise eesmärgil. Saksamaal, Rootsis, Taanis kasutatakse otsepõletamiseks.

Tabel 5. Erinevate *Miscanthuse* genotüüpide saak viies Euroopa riigis sügisese ja talvise koristuse korral kolme kasvuperioodi jooksul (Lewandowski et.al 2003).

	Rootsi		Taani		Inglismaa		Saksamaa		Portugal	
Genotüüp	Sügis	Talv	Sügis	Talv	Sügis	Talv	Sügis	Talv	Sügis	Talv
	Kuivaine saak, t ha^{-1}									
M. giganteus					13,8	9,2	22,8	17,5	37,8	19,6
M. sinensis hübriid	19,3	11,2	16,4	8,8	15,7	11,3	20,0	14,3	27,2	15,3
M. sinensis	15,4	10,1	15,0	8,6	8,0	6,5	12,8	10,3	22,4	17,6

Biomassi põlemise protsessis osalevad C, H, S ja O. Energiaheina väävlisisaldus on alla 0,1%. kahjulikest elementides sisaldab energiahein veel Cl, Na ja K. Kloor põhjustab katelde korrosiooni. Na ja K alandavad tuha sulamistemperatuuri. Mitmed uurimused on näidanud, et hilissügisel paigutuvad mineraalelemendid lehtedest ja vartest ümber juurtesse, mistõttu on kevadel koristatud biomassis nende sisaldus väiksem. Kui siidpööriseid koristada 3-4 kuud hiljem, paraneb oluliselt põletamiseks toodetud massi kvaliteet: tuhasisaldus väheneb 40-lt 20 g kg^{-1} kuivaines, K 9 -lt 4 g kg^{-1} kuivaines, Cl 4-lt 1 g kg^{-1} kuivaines, N 5-lt 4-le g kg^{-1} kuivaines. Niiskusesisaldus väheneb 564lt 291-le g kg^{-1} värskes (märjas) massis. Hilisemal koristusel väheneb **biomass** (Lewandowski et.al 2003).

Eesti klimaatilistes tingimustes ei pruugi hilisem koristus ennast õigustada, sest meie talved on pehmemad ja kevaded vihmasemad, mistõttu saagi koristamine varakevadel võib ebaõnnestuda. Maa ei kanna masinaid ja saadava biomassi niiskusesisaldus on kõrge, mistõttu vajab see järelkuivatamist. Selle tehnoloogiaga kaasnevad suured bimassi kaod.

Rootsis, Taanis ja Inglismaal, kus K antakse KCl-na, on biomassis ka kõrgem Cl sisaldus (Wieck-Hansen, 1996). Inglismaal kasutatakse rohttaimedest siidpöörist just sellepärast, et nende koristamisel, ladustamisel saab kasutada samu masinaid ja tehnoloogiat mida

kasutatakse maisi kasvatamisel. Siidpöörises on ka väga madal väävlisisaldus ja annab vaid 1-2% tuhka. Kõrgete transpordikukude tõttu ei saa vedada kaugemalt kui 50km. Siidpööriste saak on olnud ~20 t/ha kuivainet aastas (270-720 GJ/ha/a) (Alternatiivsest energiast Suurbritannias vt. http://www.keskkonnaveeb.ee/kirjandus/raamatud/alter.pdf).
Katsed on näidanud , et Euroopa põhjapoolsemates regioonides soovitatakse kasvatada Hiina siidpöörise hübriide, mis on kõrge saagiga (25 t/ha kuivainet) ja mittehübriidseid, mis on kõrgema põletamise kvaliteediga (Lewandowski *et.al* 2003).

II. Tärkliserikkad kultuurid

Mais (*Zea mays*)

Botaaniline iseloomustus

Mais on üheaastane kõrreliste sugukonda kuuluv soojanõudlik taim. Maisi haljasmassi tootmiseks on küllaldane 1700-2000° temperatuuride summa kasvuperioodil, mida Eesti meteoroloogilised tingimused mai teisest poolest kuni septembri keskpaigani ka võimaldavad (Polna, 1958).
Maisi intensiivne kasvamine toimub isasõisiku ilmumisest kuni õitsemise lõpuni. Pärast õitsemist haljasmassi juurdekasv aeglustub, intensiivselt arenevad sel ajal tõlvikud.
Maisi varred kasvavad 2,5 (isegi 5 m. pikkuseks). Maisi varre alumistest sõlmedest arenevad tugi ehk õhujuured, mis takistavad rasket vart lamandumast ja võtavad mullast toitained. Külgvõrsed arenevad maapinnalähedastest varresõlmedest. Varre ladvas arenes isasõisik ja lehekaenlas emasõisik (tõlvik). Maisi tõlvik on ümbritsetud kattelehtedaga, südamik on täidetud pehme säsiga. Mais on tuultolmleja.

Kasutusalad

- Loomasöödana - maisisilo, jahu
- Inimese toiduna – terad, jahu, tärklis
- Bioenergiakultuurina – biogaas, etanool.
- Eestis on võimalik kasutada silona ja toota biogaasi.

Sobivus energiakultuuriks.

Saksamaa kogemuse põhjal on mais kõige parem kultuur biogaasi tootmiseks.
1 m^3 maisist saab keskmiselt 200 m^3 biogaasi (Kask, 2007). Maisi suhkrusisaldus on 14% kuivaines ja proteiinisisaldus 8-11% kuivaines. Sobiv C : N suhe biogaasi tootmiseks on 30:1, parim 18-23:1, maisi C:N suhe on 50-55:1.

Maisist on võimalik toota ka bioetanooli. Maisil on etanooli saagis 407 l/t. Etanooli saagikus maisis sõltub toorme suhkrusisaldusest ja in vahemikus 2700-3000 l/ha, keskmine saagikus Lääne Euroopas 4,4 t/ha tärklist (Kaltschmitt ja Hartmann 2003).

Agrotehnika

Kasutab 2-3 korda vähem vett kui heintaimed võrreldavate saagikoguste moodustamiseks. Maisile sobivad viljakad, parasniisked soojema põhjaga kergemad mullad. Ei sobi

turvasmullad, märjad savimullad. Põhjavesi peaks olema sügavamal kui 1,5 m. Sobiv pH on 6,0…7,5 (5,5-6,8 (Huxley, 1992).

Külvieelselt haritakse maisipõldu 5-6 cm sügavuselt, et vähendada mulla kuivamise ohtu. Madalalt harimine on eriti oluline põuase kevade korral ja mullal, mis ei ole saanud eelnevalt sõnnikut. Külvisügavus 3-4 cm (5-6cm kergetel muldadel).
Külvisenorm 70 000 seemet/ha kergematel muldadel ja kuni 80 000 raskematel muldadel (22-24 kg/ha).

Orgaanilisi väetisi (laudasõnnikut) anda minimaalselt 60 t/ha. Kuna paljudel tootjatel on lägahoidlad, siis kasutatakse maisikasvatuses edukalt ka läga. Läga antakse maksimaalselt 100 m^3/ha. Haage suurtalus on mitu aastat kasutatud maisikasvatuses läga. Läga antakse põllule kolmes osas: sügiskünni alla 40 m^3/ha, kevadise kultiveerimise eelselt 30 m^3/ha ja kasvuaegselt 30 m^3/ha. Sama suuri lägakoguseid kasutatakse ka Saksamaal, aga läga antakse maisile kahes osas: sügiskünni alla ja kevadise mullaharimise eelselt(60+40). Läga andmiseks kasutatakse nii otse muldaviimise meetodit (kasvuaegse pealtväetisena) kui ka lohisvoolikutega laoturit.

Taimeridu tuleb vaheltharida-mullata 1 kord juuli algul või peale kasvuaegset lägaga väetamist nii, et mulda satuks ka noorte maisitaimede varte ümber ning arenevad õhujuured saavutaksid mullaga parema kontakti, omastamaks rohkem toitaineid.
Vajalik umbrohupuhas põld, sest varases kasvufaasis on maisitaimede areng aeglane. Herbitsiididest sobib kasutada DMA 6 2,4D Retro 1,8 l/ha, Titus 25 DF 20-30g/ha.
Haiguste ja kahjurite tõrjet ei tehta.

Saak 12 -15 t/ha kuivainet (potentsiaal 20-24 t/ha (Older Grupp, 2005)).
Mais koristatakse kohe peale esimest öökülma liikurhekseldiga mis on varustatud maisiheedriga, mille päevane jõudlus on kuni 25 ha.

Tabel 6. Maisi saak Eestis 2002-2004 (riiklik sordivõrdlus)

Sort	Kuivaine t/ha					
				keskmine		
	2002	2003	2004	tõlvikud	varred+lehed	kokku
Crescendo	14,4	14,8	12,8	4,9	9,1	14,0
Standard	13,4	13,8	x	2,8	10,8	13,6
TK 160	12,7	14,4	x	4,1	9,4	13,5
Furioso	X	13,4	10,5	2,9	9,0	11,9
Keskmine	**13,5**	**14,3**	**11,6**	**3,6**	**9,6**	**13,2**
%	*94*	*100*	*81*	*27*	*73*	*100*

Sordid mis on praegu Eesti sordilehel on mõeldud kasvatada loomasöödana siloks. Euroopas aretatakse ja kasvatatakse spetsiaalseid biogaasi tootmiseks sobivamaid sorte, mille suhkrute sisaldus on kogu taimes ühtlane (Amara, Atletico, Deco, Mikado). Neid sorte oleks vaja katsetada ka Eesti tingimustes. Biogaasi tootmiseks ei ole aretatud GM maisisorte. Ameerika kogemuse põhjal on GM maisi kasvatamine majanduslikult põhjendatud juhul, kui kahjurid tekitavad tõsiseid kahjustusi kuuel või enamal aastal kümnest. Kuna Eestis puuduvad maisile spetsialiseerunud kahjurid ning muundmaisi saagikus pole tavasortidest kõrgem, ei ole vajalik/majanduslikult põhjendatud muundmaisi kasvatada.

Tabel 7. Eesti sordilehel 2007 olevad maisisordid.

MAIS (*Zea mays* L.)				
Crescendo Kõrgeim ja stabiilseim saak Eesti kliimas	Limagrain Advanta Nederland BV / Older Grupp OÜ	Limagrain Verneuil Holding	11.03.2004	11.03.2015
Furioso	Südwestsaat GbR / Neeme Univer	Südwestsaat GbR	24.01.2005	24.01.2016
TK160	Südwestsaat GbR / Soasepa SK OÜ	Südwestsaat GbR	13.01.2006	13.01.2017

Saksamaal on probleemiks orgaanilise aine lühike säilimisaeg, vaid 55% orgaanilisest ainest saab kasutatud. Mecklenburg-Vorpommernis kasvatatakse 40 000 ha ja biogaasi tootmine on väga levinud, aga seal on tekkinud probleeme biogaasi jaamades tekkinud jäätmete kasutamisega (neid tekib ca 35 – 50 % sisestatud materjalist). Sealses uurimiskeskuses uuritakse kuidas oleks võimalik neid jäätmeid põllumajanduses kasutada.

Seoses sellega, et liidumaal on levinud maisi kasvatamine biogaasi valmistamiseks ning biogaasi jaamade läheduses kasvatatakse maisi sisuliselt monokultuuris, siis otsitakse Gülzowi Põllumajanduse ja Kalanduse Uurimiskeskuses alternatiivseid taimeliike, millised sobiksid biogaasi valmistamiseks. Katses on ida-kitsehernes, kassinaeris, nõiarohi jt. Kõik nimetatud liigid on suhteliselt kõrgesaagilised.

Soome tingimustes saab kääritamise käigus ühelt hektarilt kogutud biomassist (mais, kaer, nisu) kääritamise käigus 3000 m^3 metaani (Kask ja Kask, 2006 vt. http://www.pilliroog.ee/BIOVAKKA.pdf)
Austrias biogaasitehased, biomassiks kasvatatava maisi hind 24 €/ tonn, teraviljana 18 €/t. Austrias on põhiliselt üle mindud biogaasi tootmisele maisist. Põhilised biogaasitehased asuvad maisikasvatuspiirkondades.

Lupiinid (*Lupinus sp.*)

Eestis on lupiine kasvatatud sööda ja haljasväetistaimena, massilisemalt eelmise sajandi keskpaiku Tänapäeval on nad levinud meil rohkem ilutaimena aedades ja haljasaladel.

Botaaniline iseloomustus
Positiivsest küljest iseloomustab kõiki lupiine tugevasti arenenud, sügavale mulda tungiv juurestik ning vähenõudlikkus mullastiku ja väetamise suhtes. Nende juurestik on võimeline saama toitaineid kätte ka mulla sügavamatest kihtidest, sealjuures ka raskesti lahustuvaist ühenditest, mida enamik taimi ei suuda. Lupiinid on energilised lämmastikusidujad. Nende pikaajaline kasvatamine viib liivmuldade omaduste tunduva paranemiseni, eriti toitainetesisalduse osas. Negatiivse poole pealt tekitab söödaks või toiduks kasutamisel takistusi mürgiste ainete, alkaloidide leidumine kõikides lupiini osades.

Hulgalehine lupiin (*Lupinus polyphyllus* Lindl.) pärineb Põhja- Ameerikast ja on mitmeaastane liblikõieline risttolmleja taim. Neid iseloomustab kõrge (kuni 3%) alkaloidide sisaldus ja seemne valmimine isegi põhjavööndis (erinevalt *luteus*est ja *angustifolius*est). Hulgalehine lupiin on Eestis kasvatatavatest lupiinidest hetkel ainus, mida saab kasvatada täielikult omakasvatatud seemnetest. Teiste lupiinide seemnesaak ei ole meil kindel ja oleneb suuresti ilmastikust. Hulgalehise lupiini looduslikke vorme leidub Eestis sageli liivastel ja kruusastel aladel. Kasvatatakse ka ilutaimena, kuid tootmispõldudel teda hetkel ei viljeleta.

Nootka lupiin (*Lupinus nootkaensis*) kasvab looduslikult mitmel pool põhjaaladel, peamiselt Aleuudi saartel, Kanadas, Alaskas ja Islandil, kus teda leidub sageli maanteede äärtes, liivikutel, kruusastel aasadel ja metsalagendikel (Weezingreens, 2002). Kultuurtaimena, kasvupinna potentsiaaliga ca 100000 ha (Kamm, 2007). tähtsustatakse nootka lupiini kõige enam Islandil, kus teda kasvatatakse üheaastase külvatava kultuurina. Nootka lupiinil on küll roomjuured, kuid nende abil levimine on raskendatud ja seetõttu paljuneb peamiselt seemnekülvi kaudu (Weezingreens, 2002). Nootka lupiini Eestis kasvatamise võimalused vajavad veel uurimist.

Kollane lupiin (*Lupinus luteus* L.) on üheaastane soojanõudlik, leherikas ja ülalt hargnev ning kasvab ca 80 cm kõrguseks. Eestis teistest lühiealistest parima haljasmassi saagiga. Happelistel ja liivastel muldade kasvab teistest paremini. Terades on nii valku (ca 38%), kui ka süsivesikuid (ca 25%). Seemne saamine oleneb ilmastikust

Ahtalehine (sinine) lupiin (*Lupinus angustifolius* L.) on samuti üheaastane, vähem soojanõudlik. Kasvab kõrgemaks kui kollane, on lehevaesem, kuid haljasmassi saak jääb vähe alla kollasele lupiinile. Seemne valmimine oleneb ilmastikust.

Valge lupiin (*Lupinus albus* L.) on väga soojanõudlik ja. lopsaka kasvuga. Taimed kasvavad ca 1,5 m kõrgeks ja annavad soodsates ilmastikuoludes teistest parema haljasmassisaagi. Eestis seemned ei valmi.

Sobivus energiakultuuriks.

1. Biodiisli valmistamiseks

Lupiiniseemnetes on ka õli, kuid orienteerivaks õlitoodanguks hinnatakse vaid 195 kg ha^{-1} (samas kui rapsiseemnetest saadakse 1000 kg ha^{-1}; Judd, 2003).

2. Bioetanooli valmistamiseks

Selles osas on kogemusi Islandil nootka lupiiniga. Tänu kõrgele alkaloididesisaldusele ja teistele omadustele, on ta kultuuriks millest saab toota ökonoomselt bioetanooli (Björnsson, 2007). Saaki on nootka lupiinilt saadud, olenevalt ilmastikust, kasvukohast ja koristusajast 4–7,2 Mg ha^{-1} kuivaines 21–32,4% tselluloosi ja 9,9–17,5% proteiini sisaldusega (Björnsson, et al., 2004). Eesti lupiinidest tasuks bioetanooli tootmise seisukohast uurida hulgalehist lupiini (*Lupinus polyphyllus*), mis on samuti kõrge alkaloidide sisaldusega.

3. Haljasmassiks koristatuna on võimalik üheaastaseid lupiine kasutada biogaasi tootmiseks, analoogiliselt teiste rohtsete energiakultuuridega (energiahein).

Agrotehnika iseärasused.

1. Seemneks kasvatamisel on soojanõudlikumad valge ja kollane lupiin. Haljasmassiks kasvatamisel annavad nad nõuetekohase agrotehnika juures korralikke saake ka mõõdukamate temperatuuride korral. Ahtalehine (sinine)

lupiin ei ole soojanõudlik, kuid potentsiaalne haljasmassi toodang on tema hõredama lehestiku tõttu teistest väiksem.

2. Üheaastaste lupiinide parimaks omaduseks tuleks lugeda nende vähenõudlikkust mullastikutingimuste suhtes. Siiski saadakse kõrgemad saagid mulla happesuse pH 5,5–6,5 vahemikus. Leeliselised mullad neile ei sobi. Tänu nende sügavale tungivate sammasjuurtele kasvavad nad hästi (eriti kollane lupiin) ka põuakartlikel liivmuldadel.

3. Lupiinide iseärasuseks võrreldes paljude teiste kultuuridega on nende juurte suur toitainete omastamise võime. Nii näiteks suudavad nad oma juurestiku abil fosforit omastada isegi halvasti lahustuvatest väetistest (nagu fosforiidijahu) ja ka teistest raskesti lahustuvatest ühenditest mullas. See võimaldab vähendada kulutusi mineraalväetistele. Lämmastikväetisi ja ka orgaanilisi väetisi lupiinid aga ei vaja.

4. Asukoha järgi külvikorras ei ole lupiinid nõudlikud. Nad kasvavad edukalt iga kultuuri, sealhulgas ka iseenda järel.

Kartul (*Solanum tuberosum*)

Bioloogilised iseärasused

Kartul kuulub maavitsaliste sugukonda ja maavitsade perekonda. Maavitsade (*Solanum*) perekond on väga suur, sisaldades umbes 1000 liiki. Kartul on üheaastane rohtne taim, mille kasvuperiood kestab 75-140 päeva. Kartulisordid jaotatakse varajasteks (75-100 päeva), keskvalmivateks (95-120 päeva) ja hilisteks (115-140 päeva). Varajased sordid vajavad arengutsükli läbimiseks soojust aktiivsete (üle 10^0C) temperatuuride summana 1000-1200^0C, keskvalmivad sordid 1200-1500^0C, hilised sordid 1500-1900^0C. Minimaalne idanemistemperatuur on 3^0C. Sel temperatuuril on kasv väga aeglane, kiireim kasv on 13^0C juures. Mugulate moodustumine kulgeb normaalselt mulla temperatuuril 15-18^0C ja pidurdub 30^0C juures.

Kartuli kasutamine

Kartulimugulaid kasutatakse toituks, loomadele söödaks ja tööstusele tooraineks. Kartulijahu võib kasutada küpsetamisel. Kartuli tärklisest on võimalik toota etanooli. Kartuli jääkidest on võimalik toota biogaasi. Alkoholi tootmise kõrvalprodukt on praak, mida võib sööta loomadele. Valminud kartuli mahl on suurepärane vahend puuvillaste, siidist ja villaste riiete puhastamiseks. Kartulit kasutakse juba kaugest minevikust rahvameditsiinis mitmete haiguste raviks. Kartulikoore teed kasutatakse kasvajate raviks. Keedukartul ravib naha marrastusi (Duke, 1983).

Kartuli sobivus energiakultuuriks

Eestis on kartulit kasvatatud juba mitu sajandit. Seetõttu on olemas kogemused ja ka vajalik tehnoloogia. Kartuli kasvatamisel energiakultuurina ei ole saagi kvaliteet kõige olulisem kriteerium, kuigi seda ei saa alahinnata. Kõige olulisem on kasvatada neid sorte, mis annavad kõrge saagi ja on tärkliserikkad. Statistikaameti andmetel kartuli kasvupind aasta-aastalt väheneb ja oli 2007. aastal vaid 10200 hektarit ning keskmine saak 23,8 t/ha. Eesti sordilehel on 42 erinevat sorti (Lisa1). Etanooli tootmiseks sobivad tärkliserikkamad hilisepoolsed ja hilised sordid ´Reet´, ´Ants´, ´Anti´. Etanooli väljatulek oleneb tooraine

tärklisesisaldusest ja ulatub kartulil 93-113 liitrini tonni kohta. Kohaliku kartuli energeetiline potentsiaal etanooli tootmiseks on järgmine: saagikus 30,0 t/ha, etanooli saagis 168 l/t, etanooli saagikus 5050 l/ha ja energeetiline potentsiaal 107,6 GJ/ha (Luud, Ani, 2005)

Kartuli energeetiline väljund/sisend varieerus 0,83 Idahos saagikusel 26,7MT/ha kuni 1,64 Kalifornias saagikusel 36,7 MT/ha. Arvestades töökuluks 62 tundi oli energiasisend järgmine: diisel 3700000 kcal, lämmastik 3000000 kcal, seemned 1700000 kcal, herbitsiid 1200000, transport 800000 kcal, bensiin 770000 kcal, fosfor 640000 kcal, elektrienergia 610000 kcal, insektitsiidid 365000 kcal, gaas 325000 kcal, masinad 250000 kcal, kaalium 165000 kcal, niisutus 135000 kcal ja kokku 13660000 kcal. Saagikusel 36736 kg/ha saadi proteiini 622 kg, mille energeetiline ekvivalent oli 22500000 kcal (Duke, Handbook of Energy Crops)

Katsetega on selgitatud, et kartulitööstuse jääkidest on võimalik toota biogaasi. 90 päeva jooksul eraldus vesinikku keskmiselt 112 ml/ tunnis ja metaani 213 ml/ tunnis. Toetudes vesiniku ja metaani eraldumisele, leiti et kartulijääkide 1 kilgrammi kuivaine kohta eraldus 4,96 MJ (1,4 kWh) energiat. 1 kg puidu energiaväljund on 20 MJ (http://www.bioenergy.org.nz/documents/newsletters/BANZ).

Piiritusetööstusele varutav kartul peab olema vigastusteta, kuiv, terve, idanemata, ühtlase või ebaühtlase värvusega. Mugulate ristiläbimõõt peab olema vähemalt 30 mm. Mugulate hulgas ei tohi olla katkimuljutud mugulaid, märgmädanikku, ringmädanikku, mustkärna nakatunuid ja külmunuid mugulaid. Mugulate tärklisesisaldus peab olema vähemalt 15 %. Butanooli ja etanooli tootmiseks võib edukalt kasutada nii kodudes kui tööstuses tekkivaid kartuli jääke ja jäätmeid (Duke, 1984a). Põhja-Iirimaal on saadud tsipside tootmise jääkidest 37 l/t etanooli ja mugulatest 74 l/t, Ameerikas on saadud 80 liitrit tonni kohta. Samas on Põhja- Iirimaal saadud 45 tonnise mugulasaagiga 3600 l/ha etanooli (Potential of cropping…). Austraalias (Stewart et al, 1979) leidis, et kartulist on võimalik toota 104 liitrit etanooli tonni mugulate kohta.

GMO sortide kasutamine

Rootsi firmad on aretanud tärklisetootjate jaoks tulusa kartulisordi, mille tärklis koosneb põhiliselt nn liimainest. Seda kartulit tähistatakse esialgu EH92–527–1. See kartul erineb oluliselt seni kasvatatavatest GMO-dest selle poolest, et geneetilise muundamise tulemusena on saadud tööstusele täiesti uute omadustega tooraine. Seni laialdaselt kasutatud herbitsiidiresistentsed ja putukakindlad GMOd võimaldasid kasvatajail kasutada vähem või teistsuguseid taimekaitsevahendeid, saak ei erinenud oma kasutusotstarbelt aga tavasortidest”. Sordiaretaja kinnitusel pole põhjust karta, et neid kartuleid Eestis kasvatama hakatakse. Eestis pole tärklisetööstust ning GM kartulite kasvatamine ja neist tärklise tootmine käib range kontrolli all ning tavalisest kartulist eraldatuna.

GM-taimede õietolmu levik on praktikas kontrollimatu ja võib põhjustada naaberpõldude saastumise, kujutades suurt ohtu mahepõllumajandusele, kuna seal on geneetiliselt muundatud seemnete kasutamine keelatud. Geenisiire võib toimuda ka mullaorganismidele. Õietolm levib lisaks tuulele ka putukate, lindude, autode, inimeste jms vahendusel. Erilist ohtu kujutab geenisiire taimede puhul, mille looduslikud sugulasliigid kasvavad antud piirkonnas ja kliimas (Euroopas näiteks raps ja kartul) http://www.genomics.ee/index.php?lang=est&nid=1034).

Kartuli agrotehnika

Nõuded kasvukeskkonnale.

Kartul on niiskuselembene, kuid liigniiskust halvasti taluv taim. Kartuli veetarve mahapanekust kuni tärkamiseni on suhteliselt väike, sest idanemine toimub põhiliselt mugulas oleva vee arvel. Pärast tärkamist, seoses transpireeriva lehepinna moodustamisega ja selle

kasvuga, suureneb ka taime veevajadus. Veetarve on maksimaalne õitsemise alguses ja püsib kõrge kuni transpireeriva lehepinna vähenemiseni.

Kartul vajab kobedat ja õhurikast mulda. Talle ei sobi rähksed, paepealsed ja savimullad, seal on saagid kuni 35-50% madalamad. Parimad on keskmise viljakusega sl, ls_1, ls_2;(ka turvasmullad - seemnekasvatuseks).

Koht külvikorras.

Kartul ei talu samal kohal kasvatamist > 2-3 a. (saak jääb madalamaks 10-60%). Haiguste ja kahjurite leviku tõkestamiseks tuleb pidada vahet 3-4 aastat. Parimad eelviljad on sügava juurestikuga taimed. Kartul ise on väga heaks eelviljaks kõikidele teistele kultuuridele. Kergetele, kiiresti soojenevatele muldadele sobivad varajased või hilised toidukartulisordid, kuid raskematele muldadele keskvalmivad sordid.

Mullaharimine.

Sügisene: Peale teraviljakoristust tuleb teha kõrrekoorimine. Sügiskünd teha 3-4 nädalat peale koorimist. Põldu võib ka kultiveerida kui pärast kündi tärkavad umbrohud.

Kevadine mullaharimine seisneb libistamises, äestamises, kultiveerimises, vagude sisseajamises ja mineraalväetiste andmises. Mahapaneku eel tuleb harida võimalikult sügavalt (15-17cm), võimalusel teha sügavkobestus.

Väetamine.

Sõnnik tuleb anda sügisel enne kündi 30-60 t/ha. Erandjuhul kergetel muldadel võib sõnnikut kasutada ka kevadel.

N-väetis annab saagilisa seda rohkem, mida pikem on kasvuperiood ja varajasem sort. Lämmastikväetis alandab tärklisesisaldust, kuid suurendab tärklise kogusaaki. Saagiga 30 t/ha viiakse mullast ära 120-150 kg N. Optimaalne N-norm - 60-80kg/ha**.** Kergetel liivmuldadel võib ka suuremaid norme kasutada. Sobivad väetised, kus N on ammooniumühenditena.

P-väetis kiirendab saagi moodustamist ja valmimist ning lisab mugulasaaki hilistel sortidel. Kartulisaak 30 t/ha viib mullast ära 15-20 kg P. Optimaalne P norm on **30-40** kg/ha. P omastatakse kõige paremini 10 - 15 cm sügavuselt.

K-väetise mõju mugulate moodustamisele on väiksem kui N ja P väetistel. Kartulisaak 30 t/ha viib mullast ära 190-240 kg K. Optimaalne K norm on 75-100 kg/ha. Sobivad on kloorivabad väetised (Kloori sisaldavad väetised viia mulda sügisel). Kartulile sobiv toitainete vahekord on: N:P:K = 1 : 0,43 : 1,25

Mikroelementidest on kõige suurem nõudlus Mg järele, puudusel väheneb saak ja halveneb kvaliteet. Optimaalne K:Mg suhe on 3 : 1.

Paiklik väetamine on väga efektiivne, sest väetis antakse kahele poole mugularida, 5-8 cm mugulast kõrvale ja ~5 cm allapoole.

Seemne ettevalmistamine.

Sorteerimine.

Seemneks sobivad mugulad kaaluga 50-70 grammi (alla 40g ei soovitata). Väikseim läbimõõt ümarovaalsetel mugulatel 3,5-4,5cm ja piklikel 3,5-4cm.

Puhtimine enne mahapanekut

Seemnemugulate mahapanekueelne puhtimine on üks tõhusamaid võtteid mitmete haiguste (must kärn, hõbekärn, närbumistõved) tõrjel. Puhtimiseks võib kasutada preparaate Dithane, Polükarbatsiin, **Tekto** - 0,09-0,12 l/t. (võib töödelda kuni 2 näd. enne mahapanekut), **Monceren 250 FS** 0,6 kg/t +10 liitrit vett.

Eelidandamine.

Kartuli tärkamise kiirendamiseks seemnemugulaid eelidandatakse. Sellega soodustatakse taimede arenemist ja kasvamist, kiirem tärkamine loob eeldused haiguse ja kahjurite väiksemaks levikuks. Seemnemugulaid idandatakse 4-5 nädalat küllaldase valguse, niiskuse ja värske õhu käes temperatuuril 8-12^{0}C. Kui idud on elustunud siis 3 nädalat, kui ei siis 5 nädalat. Eelidandamiseks sobivad eelkõige varased ja hilised sordid. Võib kasutada ka

soojalööki- st. 10-14 päeva enne mahapanekut hoida mugulaid 24-48 tundi temperatuuril 30-35^{0}C ja siis jahutada 7-10 kraadini. Idandatakse riiulitel, kastides, kilekottides, kilerullis ja korralik idu on ~2 cm pikk ja tugev.

Kartuli mahapanek.

Kartuli mahapanekuaeg sõltub mullatemperatuurist. Idupungade areng toimub temperatuuri vahemikus 3-31^{0}C. Sobiv mahapanekuaeg on, kui muld on 10 cm sügavusel parasniiske ja vähemalt 7^{0}C . Eesti tingimustes saabub selline aeg kergetel muldadel kõige varem aprilli keskel. Tavaline kartulipaneku aeg on mai esimene pool. 50 grammiseid mugulaid pannakse hektarile 38000-40000 s.o. 2 t/ha. Kartulile sobiv kasvutihedus on 60-70000 taime/ha – seemnekartuli, 40-45000 taime/ha - toidukartuli ja ~35000 taime/ha - toiduainetetööstusele kasvatamisel

Vaovahe on tavaliselt 70 cm, soovitatakse ka 80 cm vagu - saak on suurem.

Mugulate vahekaugus vaos peaks olema ~ 25 cm (4-5 mugulat m kohta). Mugulad peaksid saama kaetud vähemalt 5-7cm mullakihiga ja vao kõrgus ~25 cm.

Kartulipaneku järgne ja kasvuaegne mullaharimine.

Muldamise ja äestamise põhifunktsioonideks kujunesid umbrohtumuse kontrolli all hoidmine, kartulivagude vormimine, mullas soodsa füüsikalise seisund loomine. Rullimine on vajalik kuiva kevade, hilise mahapaneku ja kerge mulla korral

Esimene vaheltharimine tehakse 5-7 päeva pärast mahapanekut. Vaheltharimisega hilinemisel võib umbrohtumus suureneda 10-45%. Muldamine jätkub vastavalt vajadusele kuni pealsete kokkukasvamiseni. Viimase vaheltharimisega aetakse võimalikult laiad ja sügavad vaod. Vaheltharimisi on soovitav teha vastassuunaliselt samades vaovahedes. Äestamine lõpetatakse kui taimed on 5-10 cm kõrgused.

Keemiline umbrohutõrje

Pärast eelvilja koristamist võib kasutada Roundup Goldi 1,2-4,8 l/ha. Pärast kartuli tärkamist kasutada Senkor WG 70 0,3-0,7 kg/ha, Titus 25DF 20 –50 g/ha. Titus mõjub maltsale, kui malts on idulehtede faasis, mõjub ka virnale, orasheinale. Agil 100EC 1,0-1,5 l/ha mõjub hästi orasheinale.

Kahjurite tõrje.

Kartulimardikas levib kiiresti 8-10 km päevas. Keemiline tõrje teha kui tõugud on I -II kasvujärgus, preparaadiks sobib Decis 0,1-0,3 l/ha (3-5 ml/10 l kohta); Fastac 50 0,1 l/ha (2ml/10 l kohta). Koldeid võib pritsida ka mitu korda. Laia toimespektriga on preparaat Actara 25WG 60-80g/ha.Ta mõjub hästi närivatele ja imevatele kahjuritele. Kiduuss levib seemnega, mullaga, mullaharimisriistadega ja säilib mullas kuni 10 aastat tsüstidena. Kiduussi on kergem ära hoida kui temast hiljem lahti saada. Lisaks neile võivad kartulit kahjustada lehetäid, mitmed öölaste liigid ja närilised.

Kartulihaiguste tõrje

Kartuli lehemädanik on kõige ohtlikum ja levinum haigus kartulil. Vartel esinevad hallikaspruunid ja veidi sissevajunud, lehtedel hallikaspruunid kiiresti suurenevad laigud, mis niiske ilma korral on lehe alaküljel kaetud hallikasvalge seeneniidistiku kirmega. Haiguse arenedes kattuvad kõik lehed laikudega, muutuvad mustaks ja taim sureb. Kartuli lehemädaniku kõige efektiivsemaks tõrjeks on keemiline tõrje, millega alustada enne haiguse lööbimist ja pealsete kokkukasvamist õiepungade faasis. Nooremaid, aktiivselt kasvavaid taimi pritsitakse süsteemsete preparaatidega, vanemaid taimi kontaktsetega. Kui on taimel juba haiguslaigud, siis loobuda süsteemsetest ja segupreparaatidest. Kui üle 10% põllust on

nakatunud, ei ole tõrjel enam mõtet. Tõrjeks võib kasutada Ridomil Gold MZ 68 WG 2,5 kg/ha, Glory 2,0 l/ha, Tattoo 3,0- 4,0l/ha ja Sereno 1,0-1,25 kg/ha. Kindlasti ei tohi jätta tähelepanuta ka agrotehnilisi tõrjemeetodeid – terve seeme, külvikord jne.

Kartuli koristamine.

Kartuli koristusaja valik sõltub sordist, kasutusotstarbest, lehemädaniku levikust, ilmastikust, koristusmasinate tootlikkusest jmt. +4...+5 kraadi juures vigastuvad mugulad kaks korda rohkem kui+14...+15 kraadi juures. Kartulit võib koristama hakata kui koor on kinnistunud. Eriti kehtib see säilitamiseks koristatava kartuli puhul.

Kartuli säilitamine.

Mugulate külmumine algab juba temperatuuril -1^{0}C. Optimaalne kartuli säilitustemperatuur on 2-4^{0}C. Säilitusperioodil võivad mugulad nakatuda kartuli-kuivmädanikku ning mugula-märgmädanikku.

Suhkrupeet (*Beta vulgaris saccharifera*)

Bioloogilised iseärasused

Suhkrupeet kuulub maltsaliste sugukonda. Esimesel aastal moodustab ta mahlaka juurika ja leheroseti, teisel aastal õitseb, viljub ja valmib seeme. Vegetatsiooniperiood on esimesel aastal pikk- 160-170 päeva. Jaheda ja vihmase kevade korral moodustuvad õisi kandvad varred juba esimesel aastal. Seda nimetatakse ennakõidumiseks. Niisuguste taimede juurikad on puitunud, sisaldavad vähe suhkrut ja saak on väike. Suhkrupeedi seemned hakkavad idanema + 2^{0}C juures. Tõusmed tärkavad kui 5 cm sügavusel mullas on sooja 6-7^0 C, paljude aastate keskmisena tärkasid taimed 15-9 päevaga temperatuuril 10,7-12,5^{0}C. Tõusmed ei talu hästi 4-5 kraadist öökülma.

Kõige soodsam temperatuur taimede kasvuks on 18-23^{0}C. Sügisel on suhkrupeet külmadele vastupidav, sest juurikad on suure suhkrusisaldusega ja asuvad peaaegu tervenisti mullas. Veevajadus on suur külvist alates. Seemnete idanemiseks kulub vett 150-170% liitviljade massist. 40 tonnise juurikasaagi moodustamiseks vajab suhkrupeet 4000- 6000 m^3 vett, mis Eesti tingimustes vastab 400-600 mm sademetele. Suure saagi saamiseks on tingimused optimaalsed kui mullas on vett 65-75% väliveemahutavusest. Valgusevajadus on suhkrupeedil suur. Varjatud taimed noores eas umbrohtunud põllul kasvavad halvasti. Pikka aega pilviste ja uduste ilmade korral jääb juurikate saak ning suhkrusisaldus väikeseks. Pilviste ja päikesepaisteliste ilmade kiirel vaheldumisel juurikate kasv ja suhkrusisaldus ei halvene.

Suhkrupeedi kasutusalad

Suhkrupeet on väärtuslik dieetiliste omadustega, vitamiinrikas loomasööt. Ühte söötühikusse läheb juurikaid keskmiselt söödapeedil 10 kg, poolsuhkrupeedil 5,7kg ja suhkrupeedil 4,2 kg ning pealseid vastavalt 10,2 kg, 8,3 kg ja 8,9 kg (Oll, Ilus, 1974). 1 kg kuivaine energeetiline väärtus on 12-13 MJ. Kuivaines moodustavad peamise osa süsivesikud ja suhkrud. Tänu küllaltki kõrgele suhkrusisaldusele (18-20%) saab juurikatest toota suhkrut ja etanooli. Peedi mahla ja teisi taime osasid kasutatakse rahvameditsiinis mitmete haiguste raviks. Peedijuurikate suhkrust 90% on võimalik kääritada etanooliks. Ka suhkrupeedi pealsed on proteiinirikkad ja neid on võimalik kasutada biogaasi tootmiseks. EPA Agronoomiateaduskonna Taimekasvatuse kateedri katsetes on pealsete osatähtsus kogusaagis olnud söödapeedil 25% ja poolsuhkrupeedil 40-46% (Lauk, 1990)

Sobivus energiakultuuriks

Suhkrupeet on kultuur, mida Eesti tingimustes eriti ei kasvatata. Seetõttu ei ole Eesti sordilehel ühtki rajoonitud ja soovitatud sorti. Lätis kasvatatakse sorte ´Anna´, ´Axel´, ´Boston´, ´Sofariso´. Leedus kasvatatakse sorte ´Avia´, ´Bigben´, ´Tivoli´ ja Saksamaal ´Akzent´, ´Alabama´ja ´Beretta´ (Euroopa Liidu sordileht, 2007).

Suhkrupeedi kasvatamiseks on vaja väga viljakat mulda ning spetsiaalne kasvatamine on liiga kulukas. Küllaltki palju energiat kulub juurikate ja pealsete transpordiks. Euroopa tingimustes on suhkrupeedist alkoholi tootmine tunduvalt kallim kui troopika tingimustes. Suhkrupeedist võib aastas toota 240 GJ/ha energiat, millest 45% ehk 108 GJ/ha on võimalik muuta etanooliks. Austraalias on saadud niisutatavatelt aladelt 50 t/ha saaki (8t/ha suhkrut) ja sademete mõjul 35 t/ha saaki ja sellest 5,6 t/ha suhkrut. Samas on söödapeedist saadud ka kuni 10000 liitrit etanooli hektarilt. Suhkrupeet on Uus-Meremaal andnud biomassi saake 96 t/ha. Kalifornias on saadud suhkrupeedi hektarilt 5000- 6650 liitrit alkoholi, söödapeedist 5700-7600 liitrit. (Duke, Handbook of Energy Crops)

Lääne-Euroopas on saadud 13,5- 14 t/ha kuivainet. Etanooli saagikus 5000–5750 l/ha oleneb toorme suhkrusisaldusest. 62% kogu kuivainest paikneb juurikates. Kuni 90% peedi suhkrutest on võimalik kääritada etanooliks. Kohaliku suhkrupeedi energeetiline potentsiaal etanooli tootmisel on keskmiselt 58 t/ha juurikaid, etanooli saagis 93 l/t ja saagikus 5400l/ha ning energeetiline potentsiaal 115,0 GJ/ha (Luud, Ani, 2005). Etanoolitootmise kõrvalprodukti- peedipulpi on võimalik anaeroobse fermetatsiooni mõjul muuta metaaniks 8 päevaga (Stewart et. al., 1979). Biogaasi koostises (http://www.kolumbus.fi/suomen.biokaasukeskus/en/enperus.html) on metaani 55-75%. Andmed on esitatud tabelis 2. Ühe kg kuivaine kohta võib eralduda 230-400 liitrit biogaasi (http://www.ienica.net/reports/finlandupdate.pdf).

Tabel 8. Biogaasi koostis anaeroobsetes reaktorites (http://www.kolumbus.fi/.)

Biogaasi komponendid	%
Metaan, CH_4	55-75
Süsinikdioksiid, CO_2	25-45
Süsinikoksiid, CO	0-0,3
Lämmastik, N_2	1-5
Vesinik, H2	0-3
Väävelvesinik, H_2S	0,1-0,5
Hapnik, O_2	-

Tööstussuhkrupeedi juurikad peavad olema terved ja närbumata. Juurikate hulgas ei tohi olla tugevasti vigastatud, ennakõidunud, mädanenud, külmunud ja mustaks muutunud kudedega juurikaid.

Kasvukoha valik

Suhkrupeedi kasvatamiseks sobivad tüseda künnikihiga huumusrikkad liivsavimullad. Ei sobi liivmullad oma väikese veevaru tõttu ega savimullad, kus peedi tõusmed võivad jääda kergesti mullakooriku alla. Peedid eelistavat neutraalset mullareaktsiooni (pH on 6,6…7,2). Juuremädaniku, nematoodide ja teiste kahjustajate leviku tõkestamiseks ei tohi kasvatada samal põllul enne 4-5 aastat. Head eelviljad on teraviljad, mais, kartul, vikk, lupiin, lina, põldhein, mesikas, lutsern. Eelviljadeks ei sobi söödajuurvili, söödakapsas, raps.

Mullaharimine

Peedid vajavad sügisel 24-26 cm sügavuselt haritud mulda. Pärast eelvilja koristamist võib pikaealiste umbrohtude tõrjeks kasutada Roundup Goldi 1,2-4,8 l/ha. Harimise käigus tuleb ette valmistada tasane külvikõlbulik maa, mis loob kõigile taimedele ühesugused ja optimaalsed kasvutingimused. Kevadine mullaharimine peab algama esimesel võimalusel. Pärast esimest mullaharimist antakse mineraalväetised. Väetis peaks paigutama 4-5 cm seemnetest sügavamale. Järgmiste võtetega tuleks muld harida peensõmeraliseks ja põld täiesti tasaseks. Tasasus saavutatakse künni diagonaalsuunas kultiveerimisega.

Väetamine

Toitainetega varustamisel arvestatakse suhkru- ja söödapeedi vajadust, eelvilja ja mulla väetistarvet. Juurviljad kasutavad oma pika vegetatsiooniperioodi tõttu väetisi hästi ja annavad nende mõjul suurt enamsaaki vaid toitaineterikastel muldadel. Suhkrupeet viib saagiga mullast rohkesti toitaineid (Tabel 1)

Tabel 9. Suhkrupeedi saagiga eemaldatavad toiteelemendid.

Suhkru-peet	Saak Kg/ha	N Kg/ha	P Kg/ha	K Kg/ha	Mg Kg/ha	S Kg/ha
Juurikad	40000	80	16	80	16	8
Pealsed	32000	160	17	160	26	17

Seda tõestavad suhkrupeedi lehtede ja juurikate keemiline koostis: 100 g suhkrupeedi lehti sisaldab 45 kalorit energiat, 86.4 g vett, 3.2 g proteiiini, 0.4 g rasva, 8.1 g süsivesikuid, 3.8 g kiudu, 1.9 g tuhka, 114 mg Ca, 34 mg P, 3.1 mg Fe. Juurikate kuivaines on energiat 339–336 kalorit, 12.6–14.3% proteiini, 0.8–1.6% rasva, 77.9–79.4% süsivesikuid, 6.3–9.0% kiudu, 6.0–8.7% tuhka, 115–182 mg Ca, 259–323 mg P, 5.5–8.7 mg Fe, 286–472 mg Na ja 2619–2638 mg K, (Duke and Atchley, 1984). Toitainetest vajavad peedid peamiselt lämmastikku, fosforit, kaaliumi ja naatriumi.

Peeti peab naatriumiga väetama, selle tulemusel tõuseb suhkrusisaldus. Mikroelementidest vajavad nad boori, tsinki, mangaani ja vaske. Eriti oluline on orgaaniline väetis, mida tuleb anda sügiskünni alla 40-60 t/ha. Mineraalväetiste normid peetide kasvatamisel on N120-200 , P 40-60, K120-160 kg/ha. Mulla väga väikese fosfori- ja kaaliumisisalduse ning madala viljakuse korral võib neid koguseid suurendada, igaüht kuni 40 kg võrra, eriti suhkrupeedi kasvatamisel (Taimekasvatus,1986). Peetidele on soovitav kasutada nitraatlämmastikku ja suurema kloorisisaldusega kaaliumväetist. Maksimaalse saagi saamiseks tuleb söödapeedile anda 100 kg N ja suhkrupeedile 50 kg. (Duke, Handbook of Energy Crops) Kirjanduse andmetel suhkrupeedi kasvatamisel etanooliks vajatakse 1 tonni saagi kohta 5 kg N, 1-2 kg P ja 5-6 kg K. Etanooli tootmisel vajatakse lisaks ka vett 500 m^3/t ja energia sisendi ning väljundi suhe on 1,76. (http://64.233.183.104).

Külv

Seeme peab olema eelnevalt sorteeritud ja töödeldud. Suhkrupeeti võib külvata esimesel mullaharimise võimalusel. Iga külviga viivitatud päev annab 0,4-0,5 t vähem saaki. Külvipind peab olema niiske ja võimalikult tasane. Taimiku tihedus peab olema peale harvendamist suhkrupeedil ca 80 000 taime/ ha. Suhkrupeet külvatakse 45-60 cm reavahega. Optimaalne külvisügavus on 2-3 cm ja külvisenorm olenevalt seemnest 4-6 kg/ha (Duke, Handbook of Energy Crops), 8-12 kg/ha või 15-20 kg/ha (30-40 idanevat seemet 1 meetri kohta).

Kasvuaegsed hooldustööd

Liiga kobeda ja kuiva mulla korral tuleb mulda külvijärgselt rullida. Peale tärkamist on vajalik äestamine, harvendamine ja reavahede vaheltharimine. Peeditaimed harvendatakse nii vara kui võimalik. Sealjuures eemaldatakse ka liitunult kasvanud juurikad ning peedid, mis idanevad veel pärast harvendamist ja kasvavad liiga tihedasti. Keemilist umbrohutõrjet võib teha nii külvieelselt kui ka peale tärkamist. Umbrohutõrjeks kasutada herbitsiidi Betanaal 2,0-2,5 l/ha. Mehhaanilist tõrjet tehakse vajadusel. Suhkru- ja söödapeedi pritsimisel tuleb jälgida, et õhutemperatuur ei oleks üle 20^0C ja pritsitaks kuiva taime. Kahjurite esinemise korral tuleb insektitsiididega pritsida alles siis, kui kahjustus on märgatav. Keemiline tõrje teha preparaadiga Decis 0,1-0,3 l/ha (3-5 ml/10 l kohta) või Fastac 50 0,1 l/ha (2ml/10 l kohta).

Saagikoristus
Söödajuurvilju koristatakse enamasti kahes järgus. Esmalt lõigatakse pealsed ja veetakse need ära, seejärel koristatakse juurikad. Peedi koristamisel võib kasutada erinevat tehnikat (Joonis1). Säilitatakse hoidlates, keldrites või kuhjades. Vältida tuleb juurikate külmumist.

A. B.
Joonis 1. Peedi koristamine (Staiger, 2007).

Maapirn (topinambur, *Helianthus tuberosus*)

Botaaniline iseloomustus
Maapirn on üheaastane, kiire- ja tugevakasvuline puhmasjas taim muguljate juurtega. Taime kõrgus võib küündida üle 4 meetri ja õitseb augustist kuni külmade saabumiseni. On lähedases suguluses päevalillega ja annab sellega hübriide. Maapirni sorte ja vorme eristatakse mugulate värvuse järgi. Eestis on levinud punakate või lillakate mugulatega maapirnid, mis on meie oludes küllaltki varajased ja külmakindlad. Ka pruunide mugulatega maapirnid on külmakindlad, kuid punasest hilisemad ja suurema haljasmassi saagiga. Valgete mugulatega maapirni külmakindlus jääb eelmistele alla, kuid on võimeline andma neist rohkem haljasmassi. Kui saagi eesmärgiks on mugulad, tuleb haljasmassi koristamisega viivitada, sest mugulad valmivad maapirnil sügisel hilja. Vastasel korral mugulad jäävad väikesteks ja annavad madala saagi. Ehkki taim ise on pärit lõunapoolsetelt aladelt, talvituvad mullas paiknevad mugulad edukalt ka karmi talve korral. See on maapirni oluline eelis, sest taime maa-alused varud saab jätta talveks mulda ning vajaduse korral varakevadel mullast välja võtta. Mugulad sisaldavad kuni 30 % kuivainet, milles on rohkesti inuliini, vähem proteiini (2%), rasva (1%), mineraalaineid (kaaliumi-, fosfori- ja kaltsiumiühendeid), vitamiine, karotinoide, askorbiinhapet. Ülejäänud osa mugulast koosneb veest.
Mugulaid tarvitatakse toiduks ja söödaks. On ka fruktoosi, piirituse, veiniäädika, söödapärmi jm tooraine. Pealseid on Eestis kasutatud loomadele haljassööda, silo või rohujahuna.

Sobivus energiakultuuriks.
1. Mugulate baasil on võimalik toota bioetanooli.

Maapirni mugulad sisaldavad inuliini, mis kujutab endast fruktoosijääkidest koosnevat polümeeri. Inuliini on maapirnis kuni viiendik mugulate kaalust. Inuliini lagunemisel kuumuse mõjul moodustub fruktoos (magus suhkur, mis edasisel kuumendamisel karamelliseerub). Inuliin ongi lähteaineks bioetanooli saamisel.

Saksamaa kogemustel saab topinamburist toota ühe hektari kasvupinna kohta ca 5000 l bioetanooli (s.o. sama palju kui kartulist; Bund Naturschutz…, 2007)

2. Maapirni koristusjääke (varsi ja lehti) saab kasutada kütteks. Nii nagu päevalille puhul, oleks ka siin otstarbekas (vastava tehnoloogia olemasolul) kasutada varrejäänuseid bioetanooli tootmiseks vajaliku energia kompenseerimisel, suurendades sellega ühtlasi ka maapirni energeetilist (GJ ha^{-1}) puhastoodangut.

3. Haljasmassiks koristamisel saab toota biogaasi, analoogiliselt teiste rohtsete energiakultuuridega (energiahein). Soome kogemuste põhjal saadakse maapirnist kuni 5400 m3 CH4 (metaani) ühe ha kohta, millest saadakse energiat 28-53 MWh ha^{-1}. (Lehtolainen, 2006).

Agrotehnika iseärasused.

1) Maapirni paljundatakse kas tervete või poolekslõigatud mugulatega. Mugulad ei tohi olla närbunud (närbunud mugulaid leotatakse vees). Vagudesse mahapanek ja ka mullaharimine on sarnane kartuli omaga. Et maapirn idaneb madalamal temperatuuril kui kartul, võib teda ka varakult maha panna. Lehed ja varred taluvad lühiajalisi öökülmi, –4 kuni –5°.

2) Kasvukoha suhtes on maapirn leplik. Siiski on maapirn tundlik liigniiskuse ja liighappelisuse suhtes, samas on ta aga küllaltki põuakindel.

3) Hooldamine vaheltharimistega sarnaneb kartulipõllu hooldamisele. Suurema haljasmassitoodangu saamiseks kärbitakse 20–30 cm kõrguste taimede latvu.

4) Maapirnile ei sobi eelviljadeks päevalill, juurviljad jt. kultuurid, mis haigestuvad valgemädanikku. Eelviljaks võib olla teravili, mille koristatud alale küntakse sügisel mulda 30–40 Mg sõnnikut. Maapirn võib kasvada ühel kasvukohal kuni 10 aastat.

5) Mugulate koristustehnoloogia peaks võimaldama jätta järgneva aasta saagi saamiseks mulda vähemalt 8–10 mugulat ruutmeetrile. Kui kõik mugulad koristatakse, tuleb järgneval aastal nendest jäetud seeme uuesti maha panna. Seemnemugulad hoitakse ületalve niiskes mullas.

6) Kõige rohkem ja väärtuslikumat haljasmassi saadakse mugulate moodustumise algul, kuid siis jääb mugulasaak väikeseks.

7) Sordid. Eestis aretati EPA Raadi õppe- ja katsemajandis korralikku saaki andvad vormid "Eesti punane" ja "Eesti valge". 1961 a registreeriti ka mujalt tulnud sort "Vadim". Käesoleval ajal Eesti sordilehel maapirni sorte ei ole.

III. Õlikultuurid

Raps (*Brassica napus*) ja rüps (*Brassica rapa oleifera*)

1. Rapsi ja rüpsi botaaniline kuuluvus ja bioloogilised iseärasused

Raps (*Brassica napus*) ja rüps (*Brassica rapa oleifera*) kuuluvad kapsasrohu *Brassica*) perekonda. Rapsil on palju ühist kaalika ja rüpsil naeriga, seetõttu nimetatakse neid ka õlikaalikaks (*Brassica napus oleifera*) ja õlinaeriks (*Brassica rapa oleifera*). Rüpsi metsikuks esivanemaks peetakse põldkapsasrohtu – *Br. campestris* (kasvab kohati ka Eestis). Rapsi metsikut esivanemat ei ole leitud. Arvatakse, et raps on tekkinud rüpsi ja kapsa spontaansest ristlusest.

Rapsi ja rüpsi võib teineteisest eristada järgmiste välistunnuste põhjal:
1) Leheroseti perioodil sarnaneb noor rapsitaim väliselt kaalikataimega, lehed on sinakasrohelised ja siledad. Rüpsil on lehed kollakasrohelised ja karvakeste tõttu veidi karedad nagu naeril.
2) Vartega taimedel on varre keskmises osas ja kõrgemal paiknevad lehed terveservalised (rüpsil sagedamini kui rapsil) ja alusel vart ümbritsevad (rapsil ümbritseb lehealus vart ainult poolest saadik).
3) Õitsvatel taimedel erineb õisiku kuju. Avatud õied jäävad rapsil alati avanemata õiepungadest allapoole, rüpsil on õied avanemata õiepungadega samal tasemel või neist kõrgemal.
4) Kõdrad paiknevad rapsil peaaegu horisontaalselt, rüpsil aga peaaegu horisontaalse varre küljes viltu, suunaga ülespoole.
5) Rapsi seemned on mustad kuni tumepruunid, rüpsil pruunid kuni punakaspruunid.
6) Rüpsi ja rapsi oluline bioloogiline erinevus on rüpsi kiirema arengu tõttu lühem kasvuaeg ja peenem seeme, mistõttu saak on väiksem kui rapsil.
7) Rapsisortide negatiivne külg on seemnete kerge varisemine.

8) Talirapsi ja talirüpsi erinevused
Rapsi ja rüpsi talivormid erinevad bioloogiliselt suvivormidest nagu tali- ja suviteraviljade vormid. Talisortidel on suurem saagivõime. Selle kasutamist Eestis piiravad ebastabiilsed talvitumistingimused ja enamiku mujal aretatud sortide vähene talvekindlus.
Talirüps moodustab külviaastal ainult leheroseti, mille keskel asub varrealge – kasvupung. Sellest areneb vars ja varrel generatiivorganid ainult pärast külmaperioodi. Taime oma ja kõrvaltaimede lehed kaitsevad kasvupunga. See annab talirüpsile rapsiga võrreldes ka suurema talvekindluse.

Talirapsil moodustub kasvukuhik, mis ebasoodsal talvel võib hukkuda. Taliraps ei ole nii talvekindel. Seemne tootmiseks sügisel külvatud taliraps talvitub hästi siis, kui varrealge (kasvukuhik) jääb lühikeseks (1 cm) ja juurekaela läbimõõt umbes 8 mm. Talvitumise edukus sõltub suurel määral sordist, külviajast, külvisenormist, kasvutingimustest, sügisese vegetatsiooni pikkusest ja soojuse summast sellel.

Kõige suurema tõenäosusega talvitub taliraps hästi augusti I dekaadi külvi korral. Soojemal sügisel võib juuli lõpus külvatud raps „üle kasvada“, kuid septembris külvatud normaalselt talvituda. Lühikesel jahedal sügisel hävib ka augusti keskel külvatud raps.

9) Õitsemise ja viljumise bioloogialt on raps ja rüps erinevad.
Raps on suurelt osalt (2/3…3/4) isetolmleja. Ülejäänud osa vajab viljastumiseks teise õie tolmu. Rüpsil vastupidi. Üle 3/4 rüpsi õitest ei viljastu sama õie tolmuga. Võõrast tolmu kannavad putukad ja tuul.

Rapsi ja rüpsi sordid
Sorte eristatakse vastavalt **0-, 00-** ja **000**-tüüpi sortideks.
0-sortide seemnete õlis on vähendatud eruukahappe sisaldust 50 %lt 0,2...1 %-ni rasvhapete summast. Esimene suvirapsi 0-sort registreeriti Kanadas 1968, esimene suvirüpsi 0-sort samas 1971.
00-sortide seemnetes on lisaks alandatud ka glükosinolaatide sisaldust 8 %lt (kuivaines) kuni 0,2 % ni. Uued sordid osutusid seisukindluse poolest paremateks. Eestis on alates 1981…82. aastast kasvatatud põhiliselt ainult 00-tüüpi suvirapsi ja suvirüpsi sorte. Nende sortide saagid on olnud katsetes rüpsil 1,9...2,0 ja rapsil 2,3....2,6 t/ha.
000-gruppi kuuluvad sordid ei ole paremad kui 00-sordid. Siiani on aretatud ainult rüpsi 000-sorte, mille saak on üldiselt madalam kui rapsil. Rüpsi 000-sortide seemnete eruukahappe ja glükosinolaatide sisaldus peab vastama 00-sortidelt nõutavale tasemele. Välistunnuseks on seemnete kollane värvus (enamusel seemnetest), mis on tingitud õhemast kestast. Viimasest tulenevalt on seemned väiksema kiudainesisalduse ja suurema energeetilise (ME) väärtusega ning söötmisel parema väärindusväärtusega. Nende sortide puuduseks on nõrgem vastupanu ebasoodsatele idanemistingimustele mullas. See tingib seemnete laboratoorsest madalama põldidanevuse.

Külvisena võiks soovitada sordilehel olevaid sorte - suvirapsi **´Hunter´,** suvirüps **´Ohto´**, talirapse **´Kronos´**ja **´Banjo** ja talirüps **´Largo´**ja **´Prisma´**. Ülevaade Eesti sordilehe sortidest 2007. aastal on toodud Lisas 2.

Genetiliselt muundatud sordid.
Ameerikas ja Kanadas kasvatatakse üsna laialdaselt geneetiliselt muundatud sorte. Need on umbrohutõrjele ja kahjuritele resistentsed rapsi sordid**.** Neid propageeriti eelkõige kui kõrgesaagilisi ning lihtsa kasutustehnoloogiaga kultuure. Geneetiliselt muundatud kultuurid on andnud olulist saagilisa vaid üksikutel aastatel. Herbitsiidikindlate kultuuride tugev töötlemine umbrohutõrjevahenditega suurendab valiku survet herbitsiidikindlate umbrohtude väljakujunemiseks. Põhja-Ameerikas on herbitsiidikindel raps kujunenud umbrohuks järgnevale kultuurile, sest rapsi koristamisel variseb osa seemnest ning varisenud seeme on idanemisvõimeline mitmeid aastaid. Järgnevas kultuuris tuleb aga teda tõrjuda juba tugevamatoimelisema mürgiga kui glüfosaadid või glüfosinolaadid. Seetõttu on uuesti kasutusele tulnud püsivamad ja mürgisemad herbitsiidid. Kultuuride tolmlemise käigus toimub geneetiline saastumine. Putukad ei tee vahet tava -ja GM -kultuuri vahel ning kannavad õietolmu edasi, sama toimub tuule abil. Mitmed Euroopa väikeriigid(Austria, Šveits ja Holland) on eelkõige prognoosimatute riskide tõttu end geneetiliselt muundatud kultuuride vabaks kuulutanud (Luik, 2003). 2002. aasta seisuga kasvas 99% GM kultuuridest neljas riigis: USA-s (66%, 38,26 miljonit ha), Argentiinas (23%, 13,5 miljonit ha), Kanadas(6%, 3,48 miljonit ha) ja Hiinas (4%, 2,1 miljonit ha). Muundatud rapsi lubamine söödaks on igati ohtlik samm, kuna see sisaldab seemneid, mis mulda sattudes on idanemisvõimelised. Rapsi õietolm levib erinevatel allikatel kuni 26 km kaugusele ning saastumine oleks äärmiselt ulatuslik. Probleemi tekkimiseks piisab põhimõtteliselt mõnest peotäiest mahakukkunud rapsiseemnest. Rapsil on mitmeid metsikuid sugulasi Euroopas, ka Eestis ning kui nt põldsinep muutuks herbitsiidirestsentseks, oleks ta suureks probleemiks

põllumeestele(http://www.genomics.ee/). Euroopa Liidus on keelatud GMO-d: 1.Prantsusmaal Bayer'i õliraps Topas 19/2 ja MS1xRf1 - Põhjus: geneetiline saastumine ja herbitsiiditolerantsuse levik, mis dokumenteeriti MS1xRf1 puhul. 2. Kreekas - Bayer´i õliraps Topas 19/2 - Põhjendus: geneetilise saastumise mõjud. (http://www.pikk.ee/y/z0zNEWSy9141)

Liikide ja sortide saagivõime.
Nii rapsi kui rüpsi (suvi- ja talivormide) potentsiaalne saagivõime on meil saadavast tegelikust saagist ligikaudu kaks korda suurem. Eesti Maaviljeluse Instituudi katsetes on saadud suvirüpsi- 1,5…2,5; suvirapsi- (1,8) 2…3 (3,5); talirüpsi- 1,7…2,8 ja talirapsiseemet 2,5…4,0 t/ha. Viljandi katsekeskuse majanduskatsetes saadi talirapsi saagiks 2005.aastal 1487-5352 kg/ha (toorrasva % oli 47,6-54,2) ja suvirapsi saagiks 1912-4488 kg/ha (toorrasva 43,8- 51,6%). Suvirapsi hübriidsordid andsid 2005. aastal 1554-4060 kg/ha seemet, mille toorrasva % oli 36,7-50,5. Suvirüpsi saagikus majanduskatsetes oli mõnevõrra madalam- saaki saadi erinevatelt sortidelt 1392- 2588 kg/ha ja toorrasvasisaldus oli 44,2-49,5% (Viljandi…, 2006).

Saksamaal Mecklenburg-Vorpommerni ringkonnas kasvatatakse rapsi 260000 hektaril. Rapsi saak on keskmiselt 3,8 t/ha, maksimaalselt 4,5 t/ha (2004). Rapsi kogutoodangust läheb ½ biodiisliks, 1/3 toiduks ülejäänud ekspordiks jm variandid. Kuna rapsi intensiivsus on kõrge, siis talirapsi pritsitakse fungitsiididega seenhaiguste vastu 3x kasvuajal: sügisel, kevadel ja õitsemise ajal. Kasutatakse ka kasvupidurdajaid (folicur). Sordivalikus tendents hübriidsortidele (PMK…; 2007)

Kvaliteedinõuded seemnetele(http://www.werol.ee/)

- baasiline õlisisaldus 40
- lubatud max lisandeid 3%, baasiline 2%,;
- lubatud niiskusesisaldus 6-9%, soovitav 7,5%;
- klorofüllisisaldus alla 30 mg/kg; (See on kõrge ainult siis, kui raps on koristatud enne küpsemist. Peaharu valmib enne, kõrvalharud hiljem. Peavõrsel on kõrgem seemne kvaliteet. Koristamine tuleb panna paika peaharu küpsemise järgi.)
- glükosinolaatide sisaldus max. 25 mmol/kg; (mitte ükski Eestis kasvatatav sort ei sisalda nii palju, sest 00 sordid – madala eruukahappe ja glükosinolaatide sisaldusega. Glükosinolaatide lagunemisproduktid on inimorganismile mürgised.)
- vabade rasvhapete sisaldus FFA max 2%; (Vabad rasvhapped tekivad õli rääsumise käigus – seeme on halvasti kuivatatud , seeme hakkab hallitama, tekivad FFA'd, õli hakkab oma kvaliteeti kaotama.)
- eruukahappe sisaldus max 2%; (kõrge eruukahappega õli sobib hästi tööstuslikuks otstarbeks – biokütuseks)

Keskmised Eesti tootmispõldude seemnete kvaliteedinäitajad on esitatud tabelis 10.

Tabel 10. Eestis kasvatatud rapsi kvaliteet aastatel 2003-2006 (Eesti teravili…, 2006)

Näitaja	2003	2004	2005	2006
Niiskus, %	7,5	7,4	7,4	7,8
Õliisaldus, %	39,7	41,7	43,7	42,1
Proteiin, %	22,9	20,5	20,2	23,5
Klorofüll, ppm õlis	32,7	33,9	40,0	32,8
Glükosinolaatide	10,6	6,4	17,1	14,6

sisaldus, µmol/g				
Eruukahappe sisaldus, %	0,19	0,15	0,25	0,23
Vabade rasvhapete sisaldus õlis, %	0,5	0,7	0,4	0,3
Lisandid, %	3,0	3,6	2,5	3,5

Rapsi ja rüpsi kasutamine

Eestis on rapsi kasvatatud haljassöödaks ja silo tooraineks juba möödunud sajandi kuuekümnendatel aastatel. Taimeõli ja õlikooke sel ajal ei valmistatud. Selleaegsete sortide seemnete õli oli kõrge eruukahappe ja glükosinolaatide sisaldusega. Maailmas kasutati nende sortide õli ja õlikooki piiratult. Rapsiõli on vastupidav kõrgele temperatuurile, veele (aurule) ja seetõttu valmistati rapsiõlist peamiselt mitmesuguseid määrdeaineid vedurite ja aurulaevade silindrite jaoks. Rapsiõli leiab kasutamist metallurgias, naha-, tekstiili- ja parfümeeriatööstuses. Kaasaegsete rapsisortide seemnetes on ebasobivate ainete sisaldus madalam, mis võimaldab rapsiseemneid kasutada toiduõli ja söödaproteiini tootmiseks. Rapsiõlist valmistatakse margariini. Õlikook sisaldab keskmiselt 32% proteiini, rasva 9%, lämmastikuta ekstraktiivaineid 30%.

Käesoleval ajal kasutatakse küllaltki palju rapsi saagist energeetilistel eesmärkidel. Õlikooke ja põhku (varsi) võib kasutada kütusena põletamisel ja biogaasi tootmiseks. Õlikooki on Hiinas kasutatud ka väetisena. Seemnetest toodetakse õli-esterifiidi, mida lisatakse diiselkütusesse. Rapsiõli tootmise kõrvalsaadusena on võimalik valmistada rapsipelleteid. Rapsipellet on väga kõrge küttevääртusega kütteaine - küttevääртus on 7 KWh/kg. Rapsipelleteid valmistatakse rapsiseemnest, mis on 100% taastuv energia .Tema kasutamine kütteainena ei lisa atmosfääri täiendavat süsihappegaasi, sest sama palju, kui süsihappegaasi põlemisel tekib kasutab raps ära põllul kasvades.(Biodiisli valmistamise kõrvalprodukte kasutatakse loomasööda väärindamiseks. Biokütuse alased uuringud ei hõlma vaid sobiva biomassi – mais, soja, puit, loomne rasv jm – valikut ja kütuseks muundamist. Teadlased tegelevad pidevalt ka biokütuse tootmise kõrvalsaadustele keskkonda säästvate ja majanduslikult kasulike kasutusvaldkondade ja tehnoloogiate väljatöötamisega. ARSi (Agricultural Research Service, USA) teadlased Brian Kerr ja William Dozier on vaatluse alla võtnud biodiisli tootmise väärindamise. Biodiislit valmistatakse vastavast õlikultuurist saadud triglütseriidide baasil, ent kõrvalsaadusena jääb protsessis suur kogus glütserooli (puhtusega ~85%). Lisaks sisaldab see fraktsioon veel soola, metanooli ja vabu rasvhappeid. Leiti, et kui glütserooli puhtus viia 99%ni, saab seda kasutada ravimi-, kosmeetika- või toiduainetetööstuses. Käesoleva uuringu raames vaadeldi toorglütseriini söötmist munevatele kanadele, broileritele ja sigadele. Glütserool oli energeetilise väärtuse poolest võrdne maisišrotiga või isegi ületas seda veidi. Kuni 10% glütserooli kasutamine söödaratsioonis ei tekitanud mingeid negatiivseid mõjusid. Kuna üha kasvav bioetanoolitööstus kasutab ära suure osa ka loomasöödaks minevast maisiseemnete varust, pakub glütserooli kasutamine söödalisandina kasvatajatele hea ja hetkel ka suhteliselt odava võimaluse loomade energiavajaduse rahuldamiseks (http://www.ars.usda.gov)

Rapsi ja rüpsi sobivus energiakultuuriks

Raps ja rüps on levinuimad õlikultuurid nii Ameerikas, Kanadas, kogu Euroopas kui ka Eestis. Statistikaameti andmetel oli rapsi ja rüpsi kasvupind tõusnud 2007. aastaks 72500 hektarini. Suurimad kasvatajad maailmas on India, Hiina, Austraalia, Kanada, Euroopa Liit ja Ukraina. 2006.aastal oli külvipind maailmas ligikaudu 2% haritavast maast. Raps ja rüps sobivad biodiisli tootmiseks. Biodiislil on mitmeid eeliseid:

- On taastuv.
- On energiasäästlik.
- Vahetab välja naftast destilleeritud diislikütuse.
- Saab kasutada enamikes diiselmootorites ilma neid muutmata või üksnes väikesi muudatusi tehes.
- Vähendab ülemaailmset kasvuhoonegaaside emissiooni.
- Vähendab heitgaaside emissiooni, sealhulgas mürgiste õhusaasteainete hulka.
- Ei ole mürgine, laguneb bioloogiliselt ning sobib kasutamiseks tundlikus keskkonnas.
- On valmistatud Eestis kas põllumajanduslikest toorainest.

Diislikütuse tootmisel rapsiseemnest, õnnestub Eesti oludes, kõiki energeetilisi kulutusi arvesse võttes, saada vaid 1,3- 1,6 korda rohkem energiat, kui esialgselt kulutati (Kaarli, 2004). Vastavalt Eestis kehtestatud standardile tohib müüa ainult puhast biodiislit ehk B100 ning 5 % biodiisli sisaldusega diiselkütust ehk B5. Teistes riikides on kasutusel ka muud seguvariandid. Lätis on kehtestatud B30 standard ja USA-s on kõige levinum segu B20 (www.biodiisel.ee).

Tabelites 11 ja 12 on esitatud tali- ja suvirapsi energeetiline potentsiaal biodiisli tootmisel. Analüüsides erinevate põllumajandussaaduste või – jääkide energiatooki, selgus, et rapsi õlgede biomassi saagis on 2t/ha, biogaasi saagis 440 m^3/ha ja energiatihedus 4 MWh/ha.

Tabel 11. Tali- ja suvirapsi energeetiline potentsiaal (Luud ja Ani, 2005)

Tooreaine	Saagikus, t/ha	Õli saagikus, kg/ha	Õli kütteväärtus, MJ/kg	Energeetiline potentsiaal, GJ/ ha
Taliraps	3,8	1550	35	54,3
Suviraps	2,4	925	35	32,4

Tabel 12. Biokütuste energeetiline potentsiaal (www.pilliroog.ee)

Kütus	Niiskus, %	Lend-osad, %	Tuhk, %	Kuivaine kütteväärtus, MJ/kg	C, %	H, %	N, %	O, %	S, %	Cl; %
Rüpsi seeme			4,6	23,9	58,6	8,5	3,7			0,5
Rüpsi põhk	25	79,2	2,4-2,8	19,33	46-48	5,7-5,9	0,8	39-42,1	0,17-0,2	0,22-0,1

Esteriseeritud rapsiõlitehas Suurbritannias toodab kuni 60000 tonni aastas ja toorainet selleks varutakse 50000 hektarilt. Rapsi saak õlina on neis tingimustes 49 GJ/ha/a ja kogu kultuurina 110 GJ/ha/ a (http://www.keskkonnaveeb.ee).

Rapsi ja rüpsi agrotehnika

Koht külvikorras

Suure toitainetevajaduse tõttu kasvab raps hästi pärast ristikut ja teisi liblikõielisi. Raps sobib ka orgaanilist väetist saanud rühvelkultuuridele järgnenud teravilja järele. Arvestada tuleb ka eelvilja umbrohupuhtust. Seetõttu sobib rapsi ja rüpsi külvata ka mustkesale. Ühiseid haigusi kandvate kultuuride - herne (valgemädanik), lina (kuivlaiksus), kartuli (tõusmepõletik) ja

rapsi vahele soovitatakse jätta külvikorras 2-3 aastat. Suhkrupeedi puhul jäetakse vahele kaks aastat. Raps sobib külvikorras kõige paremini teraviljade vahele, pidurdades mitmesuguste mulla kaudu edasi kantavate haiguste levikut. Rapsi ei ole õige kasvatada kaks aastat järjest, sest ristõieliste kuivlaiksus (*Alternaria brassicae*) kandub mulla kaudu edasi põhiliselt ainult järgmisel aastal. Kasvukoha valikul tuleb silmas pidada mulla kultuurseisundit. Rapsi ei sobi külvata esimese kultuurina vahetult aastaid umbrohtu kasvatanud maale. Endale järgnemise korral peab ajaline vahe olema isegi kuni 5 aastat.

Muld

Kõige paremini sobivad keskmised liivsavi- ja saviliivmullad, mille pH on üle 5,5. Üldiselt peetakse suvirapsile sobivaks kõiki mullaerimeid peale turvasmulla. Raps ei talu põuda ega liigniiskust. Turvasmuldadel kasvab raps lopsakalt, seeme valmib hilja, ebaühtlaselt ja lamandub varakult. Eestis on parimad saagid saadud leostunud, leet- ja gleimuldadel.

Mullaharimine

Raps ja rüps vajavad väga head mulla ettevalmistamist külviks. Kõige aluseks on korralik sügiskünd. Ebatasane künd tuleb sügisel tasandada. Viimasel külvieelsel harimisel peab pinnale jääma 3...5 cm paksune peeneks haritud kobe kiht. See vähendab kooriku tekkimise võimalust. Kui kevadel on muld sügavalt haritud, siis peab põldu ka enne külvi rullima. Umbrohtunud põllu kasutuselevõtmine nõuab erilist tähelepanu. Otstarbekohane on pritsida herbitsiidiga Roundup (4...5 l/ha) kui põllul kasvav mitmeaastaste umbrohtude taimik on 15…20 cm kõrgune. Seejärel kooritakse mulda õhukeselt (ca 5 cm).Tärganud idandid ja noored taimed hävitatakse järgmistel harimiskordadel. Kevadel tuleb harida mulda 5 cm sügavuselt. Kultiveerida tuleb enne ja pärast Trifluraliiniga töötlemist. Trifluraliin 2,0 l/ha on mullasisene herbitsiid, mis tuleb koheselt mulda viia, sest juba 2-3 tunni möödumisel on herbitsiidi mõju vähenenud.

Rapsi ja rüpsi väetamine

Väetamisel lähtutakse kogu biomassi moodustamiseks vajalikust toitainete hulgast. Rapsi saagiga viiakse mullast ära küllaltki suur kogus toitaineid. Väga vaestel muldadel ei ole otstarbekohane rapsi ja rüpsi kasvatada. Kõige sagedamini külvatakse keskmise väetistarbega muldadele, seega vajatakse ligi 30 kg/ha fosforit ja 60 kg/ha kaaliumi. Optimaalne lämmastikuannus on suvirüpsil 80...100 kg/ha ja rapsil 100...120(140) kg/ha. Neid koguseid võib huumusrikkal mullal või mulda suurema lämmastikujäägi jätva eelkultuuri (liblikõielised heintaimed, hernerikkad segaviljad) järel vähendada 20…30 kg/ha võrra. Vähema viljakuse korral ja kooskõlas teiste kasvuteguritega võib lämmastiku kogust 10…30 kg võrra suurendada. Rathke (Rathke, et al., 2005) soovitab seemnesaagi 3 t/ha saamiseks rapsile anda N 150-200kg/ha. Suviraps akumuleerib lämmastikku 50-60 kg iga tonni seemne tootmiseks, taliraps isegi kuni 70 kg N. Lämmastikväetise mõjul suureneb seemnes proteiinisisaldus ja väheneb õlisisaldus. Suureneb nii õli- kui proteiinisaak. Optimaalse lämmastikuannusega on hektarilt saadud suvirüpsil keskmiselt 860 kg ja suvirapsil (N 140) 1130 kg õli. Proteiinisaagid vastavalt 510 ja 700 kg/ha. Lämmastikväetise liig võib põhjustada lamandumise juba õitsemise perioodil, mis saaki vähendab. Väävlit vajavad ristõielised taimed mitu korda rohkem kui teraviljad (suurem proteiinisisaldus). Seetõttu tuleb väävlit kasutada rapsile 30-60 kg/ha. Kanadas on arvestatud, et 2 t rapsiseemne tootmiseks kulub 23 kg väävlit. Korraliku seemnesaagi saamiseks on vajalikud ka magneesium ja mangaan (Loide, 2006). Mangaaniga võib rapsitaimi kasvuaegselt pritsida kasutades selleks $MgSO_4$ 20 kg/ha (Ilumäe jt, 2004).

Rapsi külv

Külviaeg

Taliraps külvatakse augusti I dekaadil. Külviga hilinemisel saadakse seemet vähem, samuti väheneb toorrasvasisaldus ja suureneb toorproteiinisisaldus. Talirapsil on väiksemate külvisenormide korral talvitunud taimede osakaal olnud suurem, et hõredas taimikus areneb lühem juurekael ja leherosett on surutud rohkem mullapinna ligi. Suviraps on varase külviajaga külmakindel kultuur. Harilikult külvatakse mai alguses, enamasti ühel ajal varajaste teraviljadega. Sõltuvalt ilmastiku erinevustest võib mõnel aastal osutuda sobivamaks nädala võrra varasem või hilisem tähtaeg. Kergemal mullal külvatakse varem. See on oluline eriti niiskuse kasutamise seisukohalt, sest hilinedes võib jääda seeme kuivale.

Külviviis

Saagi seisukohalt on andnud paremaid tulemusi külv 45 cm reavahega. Kitsa reavahega (10...15 cm) külvatud raps hästiharitud mullal tõrjub paremini umbrohtusid kui laiema reavahega külvatult. Ühtlasemalt jaotatud taimestikus valmib seeme ühtlasemalt ja mõne päeva võrra varem kui laia reavahega külvi korral. Rapsi optimaalne külvisügavus on 2…4 cm (kergemal mullal võib külvata sügavamale, raskemal madalamale). Külvile peab kohe järgnema rullimine. Soodsates tingimustes võib seeme idaneda kiiresti ja 2...3 päeva pärast võib rullimine idandeid kahjustada.

Külvisenorm

Optimaalne külvisenorm on nii suvi- kui talirapsil 200 idanevat seemet 1 m^2-le (7…8 kg/ha). Jämedaseemnelist rapsi külvatakse 8…10 kg/ha) ja peeneseemnelist rüpsi 4...8 kg/ha. Suured erinevused külvisenormis (150…450 idanevat seemet 1 m^2¸ kohta) võivad põhjustada ainult väikesi erinevusi saagi suuruses. Seejuures jäävad tihedama rapsi varred nõrgaks ja taimik lamandub kergesti, kuid surub hästi maha umbrohtu ja valmib varem ja ühtlasemalt. Seeme jääb peenemaks. Hõreda külvi korral moodustavad tugevad taimed rohkesti kõrvalharusid, õitsevad kaua ja valmivad ebaühtlaselt. Saagi klorofüllisisaldus on suurem ja umbrohtu rohkem. Tingimused haiguste levikuks on vähem soodsad.

Umbrohutõrje

Raps on hea konkurentsivõimega umbrohtude suhtes v.a. ristõielised umbrohud. Umbrohtude tõrjeks tuleb mulda nii enne kui pärast külvi äestada, vajadusel korduvalt. Viimane mullaharimine tehakse enne reavahede kokkukasvamist. Kasvuaegselt võib umbrohutõrjeks kasutada idulehtede faasist kuni 2…4 lehe moodustumiseni herbitsiidi Butisan 400 suvirapsile 2…3 l/ha ja talirapsile 2,5…3,5 l/ha. Pärislehtede faasis võib põldohaka, kesalille tõrjeks kasutada Lontrel 300 kulunormiga 0,2…0,4 l/ha. Orasheina tõrjet teostatakse taime 3…5 lehe faasis (15…25 cm kõrgune), soovitatakse töödelda preparaatidega Agil 100 1,0 l/ha või Fusilade Super 2…4 l/ha. Koristusjärgselt orasheina tõrje Roundup 3,0 l/ha.

Taimekaitse

Tärkamisfaasis ohustavad rapsi maakirbud. Kõige suurem probleem rapsi kasvatamisel on õisi kahjustav naeri-hiilamardikas**.** Hädavajalik pritsida insektitsiidiga Fastac 50 0,15 l/ha. Taimehaigustest on arvestatavad hahkhallitus ja tõusmepõletik. Niisketel happelistel aladel võib kahjustada kapsanuuter. Talivormide haiguste tõrjeks tuleb pritsida preparaadiga Folicur 250 EW 0,4 kg/ha sügisel ja kevadel 0,5 kg/ha. Suvivorme pritsitakse sama preparaadiga kasvuaegselt normiga 1,0 kg/ha, või preparaadiga Juventus -1,0 kg/ha.

Koristamine

Sobiva koristusaja määramiseks tuleb põldu pidevalt jälgida. Kvaliteetse õli saamiseks peavad seemned olema valminud. Kui kõdrad on õlgkollased, siis sisaldavad seemned kõtrades veel ligi 40% niiskust. Niisuguse rapsi koristusküpsus saabub umbes 10-15 päeva pärast. Kui raps on täisküps, muutub põld kõtrade tuhmumise tõttu pruunikashalliks ja seemnete niiskus langeb alla 20%. Seemnete valmimist võib oodata suvirapsil 110…120 päeva peale külvi.
Koristatakse kombainiga CLAAS Mega 208, mis vajab eelnevat seadistamist rapsi koristuseks. Kasutada tuleb spetsiaalset heedrit. Rapsi koristamine toimub ajaliselt kaks nädalat pärast suvinisu koristamist. Koristatud seeme vajab kuivatamist, et vältida isekuumenemist, mis alandab õli kvaliteeti. Enne kuivatamist vajab rapsiseeme eelpuhastamist. Kuivatamistemperatuur tuleb hoida võimalikult madal, sobiv seemnete temperatuur on 30-45 ^{0}C. Mida niiskem on koristatud seeme, seda madalamalt temperatuurilt tuleks alustada kuivatamist. Rapsiseeme niiskusesisaldusega 7..8% säilitatakse kottides, punkrites või salvedes, kus on välditud seemnete niiskumine ja soojenemine. Vajadusel ventileeritakse seemet.

Päevalill. (*Helianthus annuus* L.)

On maailmas üks tähtsamaid õlikultuure. Eestis on teda kasvatatud haljasmassina loomasöödaks ja mõnevõrra ka seemneks.

Botaaniline iseloomustus
Päevalill on üheaastane korvõieline risttolmleja taim. Õlikultuuridena kasvatatava päevalillesortide vili koosneb õhukese kestaga kaetud rasvarikkast seemnisest. Haljasmassiks kasvatatavate päevalillesortidel on seemned paksu kesta ja väikese tuumaga. Päevalille kõrgus oleneb sordist. Õlipäevalilled on üldjuhul varavalmivad ja seetõttu ka lühema (1,5–2,5 m) varrega. Hilja valmivad sordid võivad kasvada ka üle 4 m kõrgeks, on leherikkamad ja annavad tunduvalt suurema haljasmassi kui varavalmivad.
Päevalille tugev sammasjuur ulatub üle 1,5 m sügavusele mulda ja kõrvaljuured võivad hargneda horisontaalsuunas peajuurest üle meetri eemale.

Sobivus energiakultuuriks.
2) Seemneks kasvatamisel on põhitoodanguks päevalilleõli. Seemnetest pressitud õlist on võimalik valmistada biodiislit (seemniste tuumade õlisisaldus on 50–60%).

Korraliku agrotehnika ja õige sordivaliku korral ei jää päevalille seemnesaak ja sellest tulenev energeetiline väärtus eriti alla talirapsi vastavatele näitajatele (tabel 1). Arvestades aga talirapsi kasvatamise probleeme seoses talvitumistingimustega, võib päevalilleõli biokütuse tooraineks kujunemise prognoose pidada teistest meil viljeldavatest õlikultuuridest paremaks. Näiteks Iirimaa St. Stepheni Ülikooli andmetel saab 1000 kg päevalilleseemnetest 450 kg õli, rapsiseemnetest aga 1000 kg-st vaid 350 kg õli (Hamelinck *et al.* 2004).

Tabel 13. Päevalille saagikus ja energeetilised karakteristikud võrreldes teiste tähtsamate õlikultuuridega Eestis. (Koostatud Luud ja Ani, 2005 ning Projekt…,2005 andmete alusel).

	Päevalill	Suviraps	Taliraps	Õlilina

Seemnesaak, S, Mg ha^{-1}	**3,2**	2,4	3,8	1,4
Õlitoodang, kg ha^{-1}	**1425**	925	1550	425
Õli kütteväärtus, Q, MJ kg^{-1}	**35**	35	35	35
Energeetiline potentsiaal, EP, GJ ha^{-1}	**50**	32	54	15

3) Koristusjäätmeid (varsi ja lehti) võib kasutada kütteks. Otstarbekas oleks (vastava tehnoloogia olemasolul) kasutada varrejäänuseid energiavajaduse kompenseerimisel biodiisli tootmisprotsessis, suurendades sellega ühtlasi ka päevalille energeetilist (GJ ha^{-1}) puhastoodangut. (Näiteks diislikütuse tootmisel rapsiseemnetest õnnestub Eesti oludes, võttes arvesse kõiki energeetilisi kulutusi, saada vaid 1,3–1,6 korda rohkem energiat, kui esialgselt kulutati; Kaarli, 2004).

Järelejääv tuhk sisaldab kuni 36% kaaliumoksiidi mida saaks tagastada väetisena päevalillepõldudele.

3. Haljasmassiks koristatuna on võimalik päevalille kasutada biogaasi tootmiseks, analoogiliselt rohtsete energiakultuuridega (energiahein). Kuivaine saagi 14,7 Mg ha^{-1} ja CH4 toodangu 4895 m^3 korral saadakse 17,1 MWh energiat (Hilborn ja Eng, 2006).

Agrotehnika iseärasused.

1) Kasvab paremini keskmise raskusega neutraalsetel muldadel (pH 6–6,8) ja ei talu happesust. Lubiväetised antakse eelkultuuri alla.

2) Mitme meetri sügavusele tungivate sammasjuurte ja lehti ning varsi katvate karvakeste tõttu on päevalill küllaltki põuakindel.

3) Pika kasvuajaga kultuurina vajab varajast külvi, kuid muld peab külviajaks olema soe, 6–10° C. Eelistada tuleks varavalmivaid sorte. Talub tõusmete perioodil hästi lühiajalisi öökülmasid (kuni -8^oC). Heaks kasvuks ja rikkalikuks õitsemiseks vajab päikeselist kasvukohta ning pikka ja sooja suve.

4) Seemneks kasvatamisel on külvinorm 10–15 kg/ha, haljasmassiks tiheda taimiku saamiseks aga kuni 30 kg/ha.

5) Rasvade moodustamine vajab rohkesti toitaineid, mistõttu vajab (võrreldes teraviljadega) korralikku väetamist mineraalväetistega. Ühekülgne väetamine lämmastikuga vähendab õlisisaldust. Kasutab hästi orgaanilisi väetisi (sõnnikut, haljasväetist).

6) Energiakultuuridest on parimad eelviljad päevalillele liblikõielised (hernes, uba, lupiinid), head mais ja õlilina. Ise on ta heaks eelviljaks paljudele kultuuridele, aga päevalille ennast ei tohiks külvata samale kasvukohale enne 6–7 aasta möödumist.

7) Lühipäevataimena oleneb saak suuresti kliimavöötmest. Seni on seemnesaak Eestis kõikunud, olenevalt ilmastikust ja agrotehnikast, 1–3 Mg ha^{-1} piires. Arvesse võttes aga

kaasaja võimalusi (tehnoloogiline tase, sordivalik jm), võib prognoosida päevalille saagitasemeks Eestis 2,5–3,5 Mg ha^{-1} seemneid. Eesti sordilehel päevalillesorte ei leidu.

Lina (*Linum usitatissimum)*

Botaaniline iseloomustus.

Lina on ühevarreline rohttaim, varre värvus varieerub helerohelisest tumeda roheliseni. Keskmiseks kasvukõrguseks loetakse 1,5 m, mida pikem on varre üldpikkus, seda pikem on ka tema tehniline pikkus. Lehe pikkus on 36…40 mm, laius 2…4,4 mm. Kujult on lehed süstjad, teravatipulised, paljad, kaetud nõrga vahakirmega, asetsevad varrel ühekaupa. Õie diameeter on 15…25 mm. Õied on väikesed ja korrapärased. Õietupp koosneb viiest vabast teravaotsalist tupplehest. Pärast õitsemist tupplehed ei varise. Lahklehine õiekroon koosneb viiest äraspidimunajast helesinisest kroonlehest. Esineb ka valgete, roosade või violetsete kroonlehtedega linavorme. Tolmukaid on viis. Kupra pikkus 6,2…8,3 mm, laius 5,7…6,8 mm. Viis täielikku vaheseina jaotavad kupra kambriteks. Kupras kuni kümme seemet. Seeme on lame, külgvaates munajas, veidi kõverdunud idujuurepoolse (kitsama) otsaga. Seemne välispind on sile, läikiv hele- kuni tumepruun. Juurestik koosneb peajuurest ja peenikestest õrnadest kõrvaljuurtest. Viimased asetsevad peamiselt künnikihis ja pikkuseks 10 mm ja enam. Peajuur tungib mulda kuni 1,5 m sügavusele, mõnikord sügavamalegi. Vars on peenikene, ümar ja sile. Tema hargnemine oleneb lina botaanilisest vormist.

Kasutusalad

- Kiulinast toodetakse riiet, paberit, ehitusmaterjali.
- Õlilina kasvatamisel on põhitoodanguks linaseemneõli.
- Linaõli on väärtuslik tooraine toiduaine-, keemia-, ravimitööstuses. Linaõli kasutamist energeetilise kütusena ei ole siiani uuritud. Linavarred sobivad põletamiseks.
- Seemnete pressimisel tekkiv kook on väärtuslik lisand loomasöödas, kuid kasutatakse ka inimeste toidulisandina.

Sobivus energiakultuuriks.

Energiakultuuriks sobib õlilina. Õlilina seemnete saagikus Eesti tingimustes on 0,8-2 t/ha, isegi 2,8 t/ha (Eesti lina, 2001 vt.http://www.eestilina.ee/abiks.htm) ja varte massiks 3-4t/ha. Seemnete õlisisaldus on 44...46%. Õli kütteväärtus on 35 MJ/kg. Õlilina energeetiline potentsiaal on 15 GJ/ha (Luud ja Ani, 2005).

Linavarred sobivad põletamiseks ja on kasutatavad sarnaselt teraviljapõhule. Peenestatud varsi võib lisada hakkpuidule või pallitatuna põletada spetsiaalsetes kateldes. Linavarte kuivaine kütteväärtus on 18,8 MJ/kg, tuhasisaldus 4,6%, C – 46,5%, N – 0,4%Cl – 0,27%, S – 0,25% (TTÜ STI labor).

Eesti kogemus õlilina kasvatamisel

Lina kuulub vanimate kultuurtaimede hulka. Eestis on lina kasvatatud üle 3000 aastat. Klimaatilised tingimused, eelkõige temperatuur ja sademete jaotumine vegetatsiooni perioodil, on Eestis linakasvatuseks soodsad.

Eestis kasvatatakse praegu nii kiulina kui ka õlilina (ajalooliselt on rohkem kasvatatud kiulina). Põhitoodanguks on linavarred (pikk ja lühike kiud) ja linaseemned. Aastate keskmiseks saagikuseks on kujunenud linavarrel 4 t/ha ja seemnel 0,4 t/ha (Krass, 2003 http://www.erda.ee/10956/Linakasvatus.html).

Agrotehnika

Õlilinasortide viljelusväärtust uuritakse TMKK Võru katsejaamas ja Mooste katsejaamas.

Tabel 14. Eest sordilehel 2007 olevad õlilinasordid (***Linum usitatissimum*** **L.**)

Flanders	Innoseeds bv / Jõgeva SAI	Limagrain Advanta Nederland BV	14.02.1997	14.02.2008
Gold Merchant	NPZ / OÜ ASAT	NPZ	26.02.2002	26.02.2013
Lirina	DSV / Oru Taimeõlitööstuse OÜ	DSV	25.02.2000	25.02.2011
Taurus	Innoseeds bv / Jõgeva SAI	Limagrain Advanta Nederland BV	25.02.2000	25.02.2011

Meie tingimustes võib lina kasvuperioodiks arvestada 110 päeva. Lina tuleb külvata võimalikult vara: olenevalt kevadest kas aprilli lõpus või mai alguses. Ainult sel juhul jätkub linale esimeses kasvuperioodis nii vajalikke niiskusvarusid mullas. Samuti langeb siis lina kiire kasvuperiood kevadel suhteliselt jahedamatele ja pilvisematele päevadele. Lina ei karda kevadisi öökülmi, tema idanemistemperatuur on 3…5 °C. Lina ei soovitata kasvatada liiv- ja savimullal. Parimaks eelviljaks linale on talirukis, heaks kasvukohaks on linale ka vana sööt või ümberküntud rohumaa.

Lina on kultuur, mis ei talu enese järgnevust külvikorras. Soovitav on pidada vahet vähemalt 5…6 aastat, enne kui külvata lina samale põllule. Kuigi Moostes korraldatud katsetes pole suurt saagi langust märgatud isegi kahel järjestikul aastal lina samal kohal kasvatades (Eesti lina, 2001 vt. http://www.eestilina.ee/abiks.htm).

Õlilina on võimalik koristada teraviljakombainiga ajal, mil saak on kuiv ja seeme valminud. Seeme tuleb kiiresti kuivatada niiskusesisalduseni vähemalt 9%. Suurema niiskusesisalduse puhul on seenhaiguste ja säilituskahjurite oht suurem ning seemnete kvaliteet langeb.
Linakasvatusega alustamine ei too kaasa muudatusi tavapärases mullaharimises. Maa ettevalmistamine külviks toimub sarnaselt suviteraviljadele. Lina ei kannata otsest väetamist orgaanilise väetisega. Mineraalväetistest on soovitav kasutada väiksema lämmastikusisaldusega kompleksväetisi koos mikroelementidega. Eriti olulised on linale B, Mg, S ja Zn. Lina haiguste ja kahjurite levik on väga väike, kuid kasvupindade suurenemisega tuleb sellele kindlasti tähelepanu pöörata. Soovitatav N kogus on 50-560 kg N/ha (Krass, 1999). Üldjuhul külvatakse koos seemnega NPK väetised ning vajadusel peale taimede kuusekese faasi jõudmist boori ja tsinki sisaldav väetis. See väetis lahustatakse vees ja lisatakse samaaegselt ka herbitsiid.

Vajalik umbrohupuhas põld. Herbitsiididest sobivad MCPA 1 l/ha, Glean 75DF 5 g/ha+Kemiwett 50 ml/100 l vee kohta või Lontrel 300 g/ha.
Seemne külvinorm 600-800 id seemet m^{-2} (50-70 kg/ha) (Ilumäe, *et al* 2007), Mõnedel andmetel (Soasepa Seemnekaubandus, 2003, http://www.soasepa.ee/index.php?id=348) 400-500 id seemet m^{-2} (30-35 kg/ha).

Välismaine kogemus õlilina kasvatamisel

Euroopas kasvatatakse väga ammu ja tänu toetustele pinnad järjest suurenevad. Kasvatatakse Inglismaal, Rootsis, Prantsusmaal jm. Kasvatatakse seemet õliks, mida kasutatakse masinaõlina, värnitsana.

Õlituder (*Camelina Sativa*)

Õlituder kuulub ristõieliste sugukonda. Õlituder pärineb Kagu-Euroopa ja Edela-Aasia piirkonnast, kus esines enamasti lina umbrohuna. Kultuurtaimena on ta tuntud 4000 aastat. Antiik- ja keskaja Euroopas levis ta õlitaimena, mida külvati nii puhaskülvis kui ka segus teiste kultuuridega (kaunviljad). Õlitudra kasvatuspiirkond ulatub Lõuna-Euroopast kuni Kesk-Aasiani. Üks suuremaid kasvatajaid oli NSVL, kus 1950. aastal oli linatudra kasvupind 300 000 hektarit. Põllumajanduse arengu ja uute paremate õlitaimede kasutuselevõtuga õlitudra kasvatamine vähenes.

Tudraõli kasutamine

Tudraõli kasutatakse eelkõige tööstuslikuks otstarbeks. Tudraõli omahind USA-s on madalam kui rapsil(Fröhlich and Rice, 2005). Värvide, linoleumi ja rohelise seebi valmistamisel kasutatakse tudraõli segus teiste taimeõlidega. Uute sortide aretustööga on vähendatud eikoseenhappe sisaldust. Eesti Maaviljeluse Instituudi katsetes on olnud sordi ´Ligena´ keskmine proteiinisisaldus 24,4% ja õlisisaldus 38,3% (E. Ilumäe jt., 2007). Tudraõli sobib kasutamiseks ka inimtoiduna oma heade dieetiliste omaduste tõttu. Tudraõli on tõhus `halva` LDL- kolesterooli taseme alandaja veres. Õli rasvhappeline koostis oli: linoleenhape (C18:3, ω3) sisaldus 39% ja linoolhape (C18:2, ω6) sisaldus 18,6%. Tudraõlis on küllalt kõrge eikoseenhappe sisaldus (~11…12%)(http://www.ienica.net/crops/goldofpleasure.pdf.).Õli säilivus on hea tänu kõrgele antioksüdantide sisaldusele. Tudraõli sobib kasutada ka küpsetusõlina. E-vitamiini õlis 10mg/100g (http://btgs.ct.utwente.nl/eeci/countries). Õlis leidub tokoferoole, looduslikke antioksüdante, mistõttu ta säilivus ja maitseomadused on paremad kui linaõlil. Tudrakooki (õli pressimisel saadav kuivainejääk) segatakse hommikueines jogurtitesse, müslidesse ja puuviljalõikudega (M. Lepik). Pressimisjääkide kasutamine loomasöödana pole täielikult selge, kuna esineb suur glükosinolaatide sisaldus. Euroopa liidus on see keelustatud. Vilju ja nende töötlemissaadusi võib söödas esineda ainult mikrokogustes. Õli koostis sõltub üsna suures osas kliima- ja mullastikuomadustest.

Sobivus energiakultuuriks

Heade energeetiliste omaduste tõttu sobib tudraõli biodiisli valmistamiseks. Õlitootmise kõrvalprodukti õlikooki võib samuti kasutada põletamiseks. Glütserooli võib kasutada puitbriketi sidumiseks. Tudra peenestatud ja kuivanud varred on kasutatavad mootori- ja katlakütusena. Põhku võib ka mulda sisse künda või toota sellest biogaasi. Põhu omadused sõltuvad suuresti kasvukohast, kasvuajast, mullastikust, ilmastikust ja väetamisest (Biokütuse kasutamise käsiraamat,2005). Põhu kuivaine koostis on esitatud tabelis 1.

Tabel 15. Põhu kuivaine elementaarsisaldus.

Elemendi sisaldus kuivaines, %	Vahemik	Keskväärtus
C	45-47	4,6
H	5,8-6,0	5,9
N	0,4-0,,6	0,5

O	39-41	40
S	0,01-0,13	0,08
Cl	0,14-0,97	0,31

Põhu tarbimisaine kütteväärtus on isegi kõrgem kui metsahakke kütteväärtus(tabel 2)

Tabel 16. Eri viljade kuivaine tuhasisaldus, % ja alumine kütteväärtus.

Vili	Kuivaine tuhasisaldus, %	Kuivaine alumine kütteväärtus, MJ/Kg	Tarbimisaine alumine kütteväärtus, MJ/Kg
Rukis	4,5	17,0	13,6
Nisu	6,5	17,8	13,8
Oder	4,5-5,88	17,4	13,4
Kaer	4,9	16,7	12,9
Õled keskmiselt	5,0	17,4	13,5

Bioloogilised iseärasused ja kasvunõuded

Õlituder on vähenõudlik ja vastupidav ebasoodsatele kasvutingimustele ning mitmetele taimekahjustajatele. Õlitutra ei kahjusta maakirbud (*Phyllotreta spp.*), hiilamardikad (*Melligethes spp*) kahjustavad vähesel määral. Õlitutra ohustavad samad haigused mis rapsigi. Suuremat kahju võivad tekitada valgemädanik (*Sclerotinia sclerotiorum*), vertitsilloos (*Verticillium longisporum*) ja nuuter (*Plasmodiophora brassicae*). Neid haigusi on ökoloogilises külvikorras võimalik vältida pika rotatsiooniga. Vähesel määral nakatub õlituder ristõieliste ebajahukastesse *(Peronospora parasitica /camelinae/*), hahkhallitusse (*Botrytis cinerea*) ja ristõieliste kuivlaiksusesse (*Alternaria brassicae*). Nakatumine ristõieliste mustmädanikuga (*Phoma lingam*) ja tsülindrosporioosiga on tähtsusetu. Õlituder on kõrge resistentsusega fomoosi (*Leptosphaeria maculans*) ja kuivlaiksuse (*Alternaria brassicae*) suhtes.

Õlituder on kiirekasvuline, külvist valmimiseni 85 … 100 päeva. Õlitutra võib varakult külvata. Seemnete idanemistemperatuur on +1 ..+2^{0}C ja tõusmed taluvad külma –10 …-12^{0}C. Pärast tärkamist moodustab taim kiiresti tiheda roseti. Peavars alustab kasvu umbes üks kuu pärast külvi. Taim on 50…100 cm kõrge, sileda valmimise ajaks puituva varrega, 5…8 cm pikkuste nooljate lehtedega. Taime vars hargneb ülemisel kolmandikul. Harude tipul on kahvatukollaste õitega kobarataolised õisikud. Taim on isetolmlev ja õitsemine kestab ligikaudu 2 nädalat. Vili on 7- 10 mm pikkune pirnikujuline kõdrake 8…10 seemnega. Seemned on kollased kuni pruunikaskollased väga väikesed, 1000 seemne mass on 0,7…2,1 grammi. Seeme ei varise.

Mullastik ja kasvukoht

Tuder sobib vähеviljakatele kergema lõimisega soodsa niiskusrežiimiga muldadele. Savimullad ei sobi õlitudra kasvatamiseks. Õlitutra võib külvata pärast teravilju ja on ise teistele kultuuridele heaks eelviljaks. Varajase valmimise tõttu sobib eelviljaks taliteraviljadele. Õlitudra ja teiste ristõieliste kultuuride vahele tuleb külvikorras jätta 5 aastat. Õlitutra võib kasvatada külvikorraväliselt vanade rohumaade kasutuselevõtmisel teisel või kolmandal aastal teravilja järel. Õlitutra võib kasvatada ka ökoloogiliselt vähese haiguste ja kahjurite esinemise tõttu. Ökoloogilises tootmises on õlituder andnud rapsist kõrgemaid saake. Tuder kaitseb mulda erosiooni eest (Lepik, 2007).

Väetamine

Õlituder ei ole fosfori ja kaaliumi suhtes nõudlik muldadel, kus ei esine nende toitainete puudust. Mulla keskmise ja suure väetistarbe korral on vajalik anda 30-40 kg /ha fosforit ja 60-90 kg/ha kaaliumi ja 15 kg/ha väävlit. Seetõttu on vajalik kasutada külviaastal 500 kg/ha väetist Kemira Power Raps 18-9-15.

Sordid

Sordilehel on sort **´Ligena´.**

Külvisenorm

Puhaskülvis on külvisenorm 4,0…7,0 kg/ha (200…400 id. s/m^2)

Külv

Peene seemne tõttu on vajalikud madal külv ja idanemist soodustava niiskuse olemasolu. Külvise puhtimiseks kasutada insektofungitsiidset vahendit Cruiser OSR 0,0875 l/ha või 1125…1150 ml 100 kg seemne kohta. Mullaharimisel liigselt kobestatud muld tihendatakse külvieelse rullimisega. Varajaseks külviks tuleb mullaharimisega alustada võimalikult vara. Sobiv külviaeg on samaaegselt teraviljadega või vahetult pärast seda. Võib külvata ka laushajukülvina kõrde.

Umbrohu- ja kahjuritõrje

Suhteliselt suur taimede tihedus ja kitsarealine külv on vajalikud võitluseks üheaastaste umbrohtudega. Üksikult kasvavad õlitudra taimed ei ole umbrohtudega konkurentsivõimelised. Õlituder ei ole konkurentsivõimeline ka pikaealiste umbrohtudega. Rajamiseelsel sügisel tuleks kasutada herbitsiidi Roundup Gold 3,0 l/ha. Külvieelselt võib kasutada herbitsiidi Trifluraliin 2,0 l/ha ja kasvuaegselt Butisan 400 SC 2,0…3,0 l/ha külvist kuni kultuuri 2- 4 pärislehe faasini. Kahjurite tõrjeks kasutada kasvuaegselt Fastac 50 0,2-0,3 l/ha kohta.

Saagikus

Õlitudra saagikus on lähedane suvirüpsi saagile. Olenevalt mulla viljakusest ja lämmastikväetise kasutamisest on seemnesaak 1,5….2,5 t/ha. Madala viljakusega mullal ilma väetisteta kasvatamisel võib saak olla 1 t/ha või veelgi madalam.

Koristamine

Koristatakse täisküpsuse faasis kombainiga otsekombainimise teel, mida võimaldab hea seisukindlus ja seemne mittevarisemine. Koristatud seeme vajab kuivatamist, et vältida isekuumenemist, mis alandab õli kvaliteeti. Enne kuivatamist vajab seeme eelpuhastamist. Kuivatamiseks sobiv seemnete temperatuur on 30-45 °C. Mida niiskem on koristatud seeme, seda madalama temperatuuriga tuleb kuivatada. Normaalne seemnete niiskusesisaldus on 7…8%. Kombainiga koristamisel jäävad õled põllule, kust nad tuleks kiiresti koristada. Üheks võimaluseks on õlevaalude koristamine ja peenestamine ning peenestatult hoidlas säilitamine (Joonis 2)

Joonis 2. Õlgede peenestamine

Joonis 3. Õlgede pressimine pallidesse.

Valdavaks on kujunenud õlgede pressimine erineva suurusega pallideks, mille tihedus oleneb pressimistehnoloogiast ja palli mõõtmetest 110-165 kg/m^3 (joonis 3)

Välismaa kogemus

Õlituder paelub tähelepanu energiakultuurina paljudes maades - Austrias, Belgias, Taanis, Soomes, Prantsusmaal ja Itaalias. Õlituder kasvab edukalt USA põhjaosas – saake on saadud 1700 kg/ha. Toodangu hinnad ja argotehnika sisend on madalam kui kõrgesaagiliste söödakultuuridel (Putnam et. al, 1993). Inglismaal ja Saksamaal kasvatatakse õlitutra reservmaadel. Saksamaal kasvatatakse sorti ´Leindotter´. Austrias on viljakatel muldadel saadud saagiks 2,6 t/ha. Soomes kasvatati 2003. aastal õlitutra 200 hektaril. Kogusaagiks saadi 340 tonni ja keskmiseks hektarisaagiks 1700 kilogrammi (http://www.ienica.net/reports/finlandupdate.pdf). Õlitudra seemnetes on olnud 37-43 % õli (http://btgs.ct.utwente.nl/eeci/countres). Kasvatatakse nii suvi- (*Camelina sativa*) kui talivorme (*Camelina silvestris*). Talivorme külvatakse enam piirkondades, kus talved on pehmed. Talivormide külviaeg võiks olla hilisem, et vähendada kevadisi külmakahjustusi. Eriti ohtlikud on külmad õitsemise ajal. Enamlevinud on suvivorm, mis paljudes piirkondades on andnud häid saake (> 2,5 t/ha). Õlitudra külvisenormiks soovitatakse 200-250 id seemet/m^2 ehk 5- 7 kg/ha. Nii tali kui suvvivormidele soovitatakse 70 - 100 kg lämmastikku. Jahukaste (*Peronospora Camelinae*) on probleemiks mitmetes riikides, nii Ameerikas kui ka Inglismaal (http://www.ienica.net/crops/goldofpleasure.pdf.

IV. Teraviljad

Kaer (*Avena sativa* L.)

Kasutamine energiataimena

1. Biogaas. Kaera põhusaak on 2 t/ha, metaanisaak on 600 m^3/ha, millest saab energiat ainult 6 MWh/ha ja autoga on võimalik sõita kuni 7000 km/ha saadud metaani baasil. Kaera põhust saadud metaani kogus 1 t toormassi kohta on 260 m^3, mis on teraviljade kohta suhteliselt kõrge. Siiski ei ole võrreldav kõrvenõgesega. (Lehtomäki, 2005)

2. Biokütus. Kaera maapealses biomassis on terade ja põhu vahekord 1.16. 1 tonn teraviljajäätmeid on ca 4-4.5 rummimeetrit küttepuid. Suhteliselt kõrge tuhasisalduse tõttu võib katlaid kahjustada.

Tabel 15. Energia tootmise hind kr/MWh

Saepuru	120
Teraviljajäätmed	125
Puiduhake	180
Kaer	200-250
Küttepuu	210
Maagaas	228
Kütteõli	800

Allikas: Põlva maavalitsuse majandusosakond

Kaera põhku on Eestis kasutatud biokütusena, probleemiks on kujunenud katelde tahmumine.

Rukis (*Secale cereale)*

Kasutamine energiataimena

Bioetanool, biogaas, biokütus. Rukkist põletatakse viina. Biogaasi toodetakse kogutaimesilost. Astaks 2010 peab suuremas osas Euroopast olema 5,75 % kütusest bioloogilist päritolu. Teraviljadest bioetanooli tootmise omahind võrrelduna suhkrurooga on vastavalt 45 – 65 €s./L ja 20 – 30 €s./L. Saksamaal tehtud uuringud bioetanooli tootmise tasuvusest rukki, nisu ja melassi baasil näitasid, et melassist on odavaim toota 0,69, rukkist 0,78 ja nisust 0,83 €/L. Järelduseks toodi, et rukkil on eriti Euroopa idapoolsetes regioonides võimalust tõusta juhtivaks tärklise kultuuriks, millest toota bioetanooli, sest 47% bioetanoolist toodetakse siin tärklise baasil (nisu, mais, tritikale) ja ülejäänu suhkrust (suhkruroog). Rukki teradest eraldub etanool kääritamise tagajärjel kiiremini kui tritikalest, kuna rukki terades on vaba aminolämmastiku kogus suurem. Etanooli saak on rukkil 14% toormaterjali puhul 356-363 L/tonn. Kääritamise efektiivsus on rukkil 91-93% (Wang et al., 1997).

Tabel 16. Terade ja põhu osakaal saagis erinevatel teraviljadel

Kultuur	Terasaak t/ha			Tera/põhu suhe	Põhusaak t/ha		
	väiksed	keskm	suured		väike	keskm	suured
Rukis	3,0-4,5	4,5-5,5	5,5-8,5	1 : 1,3-1,5	3,9-6,8	5,9-8,3	7,2-12,8
Tritikale	3,5-5,0	5,0-6,0	6,0-9,0	1 : 1,2-1,4	4,2-7,0	6,0-8,4	7,2-12,8

Tabel 17. Rukki kütteväärtus võrrelduna kivi- ja pruunsöega

Kütteväärtus Biomassi tüüp	Kütteväärtus MJ/kg	Põlemisväärtus MJ/kg	Tuhk, %	Tuha sulamispunkt ^0C	Lenduvad ühendid
Rukki põhk	17.4	18.5	4.8	1002	76.4
Kogu rukki taim	17.7		4.2		79.1
Rukki terad	17.1		2.0		80.9
Kivisüsi	29.7		8.3		34.7
Pruunsüsi	20.6		5.1		52.1

Biogaasi kogus märgmassist sõltub rukki koristusajast. Kui rukist koristada õitsemisfaasis, siis on metaani kogus 85 m^3 CH_4 /t märgmassi kohta, piimküpsuses ja vahaküpsuses koristatuna on metaani kogus vastavalt 112 ja 164 m^3/t kohta (Heiermann, 2002)

Rukkialased uuringud tulevikus

Uwe Lehrack, IGV GmbH, on töötanud rukkiga juba 20 aastat: optimeerimaks rukki tootmise agrotehnoloogiat; tõstmaks tärklise sisaldust 68 – 70 %-ni; stabiilse toodangukvaliteedi saavutamise (ladustamine); kogu taime kasutuse võimaluste väljatöötamine; pentosaanide sisalduse tõstmine; proteiini kasutuse võimalused; tärklise kliistri püsivuse vallas. 15 aasta jooksul on tegelenud rukkist tehniliste materjalide väljatöötamisega: isolatsioonimaterjalid; mööbli detailideks kasutatavate kergete puitlaastplaatide väljatöötamine; biolagunevad plasttooted; ROFA – materjal erosiooni tagajärgede likvideerimiseks.

Kasvatamine Eestis- on sobilik kultuur kohapealseks viljelemiseks.

Tritikale *(X. Triticosecale* Wittmack*)*

Kasutus energiataimena

1. Biokütus. Kui tahetakse triticalet kasutada küttena, siis pressitakse tema biomass pressi all nii, et niiskussisaldus väheneks 55-60% kuivmassiks. Selline veetustamine nõuab minimaalset energia hulka ja suurendab triticale biomassi kui kütuse kvaliteet. Veetustamisel eraldunud vedelikku saab kasutada väetisena.
Biomassist kütus, mille vee sisaldus on umbes 40%, omab 7% vähem kaloreid kui kuiv põhk, mille niiskussisaldus on 15%. Märja triticale madalam energiatoodang on põhjustatud vee aurumisest põlemise käigus. Siiski, suurem osa energiast aurumise jaoks läheb taastootmisse kaasaegsetes energiataimedes auru kondenseerumisel.
Triticale kasvatsmiseks ja koristamiseks vajalik hulk energiat on 4.1 kcal per ha. Sissepandud ja kättesaadud energia bilanss selle biomassi energiasüsteemi jaoks on 13.7:1, mis on suhteliselt kõrge tagasitulek (Wang et al., 1997).

Rukis ja triticale sobivad energiataimedeks, kuna nad on suure saagikusega (10.3 t/ha kuivainet) ja seda miinimum kogusega pestitsiidide ja väetiste osas. Nagu põhku, nii ka kogu

taime võib kasutada kütusena . Rukis ja triticale on paremad kui nisu, sest nendel on vähem terade kadusid ja nad nõuavad vähem väetisi, pestitsiide ja insektitsiide. Rukki ja triticale põletamisel peab jälgima kõrge aluse sisaldust kütuses, mis võib põhjustada korrosiooni kütteboilerites ja raskemetallide kõrget sisaldust tuhas, mis takistab selle tuha kasutamist väetisena talumaadel.

Põhurullide tegemine (st rulli tegemine ja stabiilsuse tagamine) kogu taimest võib olla raskendatud tihkete, kõvade varte tõttu. Hoiustamise kvaliteeti saab parandada loogu pandud taimede töötlemise teel. See siiski võib suurendada terade kadusid põllul ja suurendab loogu pandud taimedel terade kasvamaminemise riski.
Raskete põhupallide (600-700 kg) ülekuumenemine ja põlemisvõime on probleem samuti. Põhupallide hea kuju – kompaktsed, sobiva pikkuse ja kaaluga – on oluline kraanaga tõstmise korral.

Tabel 18. Triticale küttevääртus võrrelduna kivi- ja pruunsöega

Biomassi tüüp	Küttevääртus MJ/kg	Põlemisväärtus MJ/kg	Tuhk, %	Tuha sulamispunkt ^{0}C	Lenduvad ühendid
Triticale põhk	17,1	18,3	5,9	911	75,2
Kogu triticale taim	17,0		4,4		78,2
Triticale terad	17,1	18,2	2,1		81,0
Kivisüsi	29,7		8,3		34,7
Pruunsüsi	20,6		5,1		52,1

2. Bioetanool. Triticale terade keskmisest kõrgem vabade suhkrute sisaldus võimaldab triticale teradest toota etanooli. Praegu on prioriteetne täiustada nn ligniin-tselluloosi tehnoloogiat, et ka põllumajanduslike ja metsanduse jäätmetest, nagu puit, varred ja põhk etanooli toota ja et tootmine oleks majanduslikult efektiivne. Selle tehnoloogia väljatöötamine võimaldaks selliste kultuuride nagu mais ja nisu enamkasutamist toidutööstuses, väheneks nende kultuuride kasutamine söödatööstuses jm. Ontario Iogen Corporation on liider etanooli tootmises põllumajandulsikust tselluloosist. Tritikalest saadi etanooli aeglasemalt kui rukkist, kuna tema vaba aminolämmastiku kogus on väiksem. Etanooli saadi 362-367 L/tonn 14% triticale teramassi puhul. Fermenteerimise efektiivsus on tritikalel 90-91% (Wang et al., 1997).
3. Biogaas. Ka triticale metaani kogus märgmassist sõltub koristusajast: õitsemisfaasis koristatuna on metaani kogus 177 m^3 CH_4/t märgmassi kohta, piim- ja vahaküpsuses koristatuna vastavalt 148 ja 215 m^3 CH_4/t märgmassi kohta (Heiermann, 2002).
3. Bioplastik. Triticale võiks olla paljutõotav kultuur bioproduktide tootmises, sest teda saab kasvatada väga mitmesugustes tingimustes ja ta annab suures koguses tärkliserikast biomassi. Kanada teadlaste andmetel saab triticale terast tema süsinikühendite eripärase struktuuri tõttu toota kleepuvat ja biolagunevat plastikut.

4. Kiud. Triticale põhk on potentsiaalselt väärtulsik toormaterjal kiumaterjaliks riide- ja autotööstuses.

Vitshirss (*Panicum virgatum* L.)

Kasutus energiataimena

1. Biokütteks, biogaasiks, bioetanooliks. Kasvab kiiresti ja toodab palju tselluloosi, millest on võimalik omakorda valmistada biokütust, biogaasi või bioetanooli. Kasutada saab kogu maapealset biomassi. Kuivainesaak kõigub 3450-9280 kg/ha vahel aastas.

2. Mahajäetud maade taaskasutusse võtmiseks. Vitshirssi kasutatakse sageli taasvegetatsiooniks ja kasutuses on mitmed sordid. Vitshirssi saab külvata looduslike tiigiümbruste peale, ka aladele, mis on põllumajandusliku tootmisega hävitatud. Vitshirssi võib külvata monokultuurina või ka segukülvides koos looduslike liikidega, vaja 2-4 aastat maksma panemiseks. Vitshirssi külvatakse raudtee ja jõgede kallastele ja vältida erosiooni. Vitshirsi vintske, kõva juuresüsteem on mulla stabiliseeriva efektiga (Beaty ja Powell, 1976; Hultquist et al.,1997). Seemned peab külvama 1-1.5 cm sügavusele 3.4-6.7 kg/ha. 400 id. tera m2 kohta on soovitav (Vogel, 1987). Hiliskevadel ja varasuvel külvatud taimed sageli ei kasva mulla kuivuse tõttu ja leherikast rohunditega võistlemise pärast. Varane külv on soovitatav, sest mullaniiskus ja temperatuur on sobiv.

Botaaniline iseloomustus

Vitshirss on püstine, karvadega kaetud, soojalembene e sooja piirkonna mitmeaastane hein, rohi, kasvab 1-1,5 m pikkuseks. Vitshirsil on soomuselised, pikad risoomid, millel on kiulised juured. Juured võivad kasvada kuni 3 m sügavusele. Varred, kõrred on ümarad, paljad, purpurpunased. Lehed ei ole igihaljad ja asuvad aluse. Lehelabad on asuvad lehe pealmisel küljel lehelaba alusel. Lehekeelekesed on ripsmelised lamedad, pikenenud, 6-12 mm laiad ja selgelt soonelised. Karvakesed (kolmnurksed ja kilejad. Õisik on avatud pööris, 15-45 cm pikk, kus pähikud asuvad pikkade haurde tipus. Pähikutes on kaks õit, üks on fertiilne ja teine viljatu, pähiku pikkus 3,4-5 mm. Vii on kitsas-ovaalne. Libled ei ole ühepikkused, esimene lible on sageli pisitilluke. Vitshirss saab ainult risttolmelda, sest oma tolmust õis ei viljastu, võimetu isetolmlema. Vitshirss toodab looduslikel aladel 112 kg seemneid/ha ja haritavatel aladel 330-560 kg/ha.

Vitshirss on looduslik mitmeaastane hein. Esineb peamiselt kahesuguseid ökotüüpe – madala piirkonna ja kõrgpiirkonna ökotüübid. Madala piirkonna ökotüübid on tetraploidsed, püstised, karedavarrelised, siledad ja enam robustsed, puhmastena, 60-305 cm pikad. Kõrgpiirkonna ökotüübid on heksaploidsed ja oktaploidsed, hästiarenenud vartega, lehelabade karvasus on varieeruv, poollamav, laialt asetsev, 90-150 cm pikk.

Levik

Vitshirss levib lõunapool 55^0N laiuskraadi, USA-s levinud Rocky Mountain-st idas, suurel platool ja ida osariikides. Vitshirss on kaasdominant preeria kõrgrohustus, koos Andropogon gerardii-ga, Schizachyrium scoparium-ga ja indianrohuga (Sorghastrum nutans). Vitshirssi

peetakse rohkem mesic rohuks ja on enam kohanenud madalamas piirkonnas. Kui mulla niiskus on piisav, siis ta kasvab väga erinevatel muldadel. Vitshirss talub mõõdukat mulla aluselisust ja happelisust kasvades muldadel mille pH kõigub 4,5-7,6 vahel.

Kasvatamine

1. Kasvatamine energiataimena. USA-s on aretatud sordid, mille maapealne saak on kuni 15 t /aaker , millest omakorda saab etanooli ca 43 500 l/ aaker. Kasvatada võib teda 10 aastat ja enam , enne kui vajab uuesti külvamist. Koristatakse põhukuhjadesse, põhurullina. Vitshirssi on soovitav kasvatada segus liblikõielistega, saak suureneb 120-240 kg/ha, kui mineraalN asendada liblikõielistega (George et al.,1995; Gettle et al., 1996).

2. Kasvatamine loomasöödana. Vitshirss on preeria kõrgrohususe lõppkoosluse liik. Mahajäetud maadele vitshirsi sisseviimine toimub aeglaselt, sest tema seemned levivad piiratud alal, levivad piiratud alade kaupa ja nõub viljakat mulda. Vitshirss hakkab kasvama aprilli lõpus kuni mai alguses, loomisfaasi jõuab enne, kui algavad suvekuumad ja mullas niiskusepuudus jaheda kliimaga rohumaadel. Õitsema hakkab juuni alguses ja õitseb kuni augusti alguseni. Seemned levivad augusti lõpust kuni septembri alguseni. Rohkem kui 90% kuivaine saagist moodustub juunist augustini Vitshirss tekitab talvekuudel oma püstise maapealse taimeosa ümber suurepärase katte ja kaitse.
Kui seemned sügisel varisevad, siis on nad puhkefaasis ja vajavad stratifikatsiooni enne kui nad kevadel idanema hakkavad. Idanemine on optimaalne pimeduse tingimustes temp. 20-30 C juures. Veiste maos säilitavad vitshirsi seemned idanevuse, idanevus väheneb 30%.
Vitshirsi saaki ja kvaliteeti koresöödana, seemne kogust saab suurendada N väetamisega (Berg, W.A. 1995; Brejda et al., 1994; Gay ja Dwyer, 1978). Suurim koresööda saak saadakse N ühekordsel andmisel 88 kg/ha green-up faasis või jaotatult antuna 44 kg/ha green-up faasis ja vell 44 kg/ha 4 nädalat hiljem (Brejda et al., 1994). N andmine suurendab taimemassi kuni 15 kg taimemassi/kg N kohta (Berg, 1995). Väetamine 75 kg/ha suurendas toorproteiinisisaldust kuni 21% (Cuomo ja Anderson, 1996). N andmine suurendas ka vitshirsi seeduvust (Brejda et al., 1994).

Lotus corniculatus L. (birdsfoot trefoil) suurendab saaki kõige enam, teine on punane ristik (Trifolium pratenseL.), kolmandal kohal on kahe liblikõielise segu 50/50 vahekorras (George et al.,1995; Gettle et al., 1996). Eemaldades vitshirsi varakevadel, ei vähenda produktiivvõrsete arvu, küll aga väheneb nende arv, kui eemaldada pärast 26 juunit (Sims, et al., 1971). Võrsete moodustumine toimub vitshirsil varakult ja produktiivvõrsete ja vegetatiivvõrsete suhe on suuresti produktiivvõrsete kasuks, seega taimede kärpimine mõjutab tugevalt saaki (Haferkamp ja Copeland, 1984). Vitshirss talub aastas ainult ühte kärpimist,piiramist, siis tema saagikus ja püsimine säilib. Jätkuv kärpiminr vähendab saaki, suurendab umbrohtumust ja vähendab püsimist (Beaty ja Powell 1976**;** Haferkamp ja Copeland, 1984). Vitshirsi koristamine kolm korda aastas vähendab saaki 34-60% järgmisel aasta. (Cuomo et al., 1998).

Kasvatamise tõenäosus Eestis: vähetõenäoline, vajalik idanemistemperatuur on liiga kõrge meie kliima jaoks.

Harilik hirss (*Panicum miliaceum*)

Kasutamine energiataimena

1. Energiataimena. Bioetanool, biopolümeer. Kasutatakse just kultuuri teri.

Botaaniline iseloomustus. Hirss on pikk sirge kõrreline, mille välimus on sarnane maisile. Taimed on sõltuvalt teisendist väga erinevad oma välimuse ja suuruse poolest ja võivad

kasvada kuni 4,5 m kõrguseks. Varred on üldiselt karedad, kasvavad tihedate puhmastena, lehed on kõrrelistele sarnased. Lehti on paljui, peenikesed, 2,5 cm laiad, kuni 1,8 m pikad. Hariliku hrsi 1000 tera mass on umbes 5 g (kõikudes 4,7…7g vahel) (Taylor, 1978; Roehl, 1996).

Seemned asetsevad värvilistes seemnekestades, värvus sõltub teisendist ja sordist. Õisik on pööris, mille pikkus on 15..35 cm pikk ja on väga atraktiivne. Kuna hirsi seemnekest on väga tugev ja seedimatu, siis tuleb ta enne inimtoiduna kasutamist eemaldada. Seemnekesta eemaldamine ei vähenda hirsi toiteväärtust, kuna idu jääb selles protsessis puutumata (Taylor, 1978; Roehl, 1996).

Kasvatamine

Hirss on unikaalne oma lühikese kasvuperioodi tõttu (Haas ja Elson. 1992; Bumgarner, 1997). Ta võib valmida ja koristusküpseks saada 65 päevaga. Hirss kasvab hästi väheväetatud ja kuival mullal, kuumas väheste sademetega kliimas ja ka jahedas kliimas, kus suved on lühikesed ja soojad. Taimed vajavad vähe vett ja ei kasva liigniisketel muldadel.

Tänapäeva hirsi saak ei ole võrreldav maisi ja ka headel muldadel kasvanud sorgo saagiga. Ta annab paremat saaki liivastel, põuastel muldadel. Viljakal mullal annb saaki 4000-5000 kg/ha, kehvematel muldadel 3000 kg/ha.

Külviaeg on Missuuri osariigis mai keskelt kuni juuni alguseni, külvisenorm 500-600 g/ha. Täpne külvisenorm ei ole oluline, kuna hirsil on väga hea võrsumisvõime. Külvisügavus on 1,5-2,5 cm, võib kasutada ka hajuskülvi . Reavahe võib olla 75 cm, siis on vaja umbrohutõrjet, sellise reavahe korral arenevad lehed ilusti välja. Kitsama reavahe korral on saadud ka paremaid saake, ei ole vaja kultivaatoriga umbrohutõrjet teha, surub umbrohud maha (Raloff, 1986; Bumgarner, 1997). Kuival liivasel mullal on soovitav laiem reavahe, et soodustada juurte laiemat levikut ümber taime. Pärlhirss reageerib hästi viljakale mullale, kuid ei vaja suurt väetiskogust. Missuuris kasutatakse N normi 40-80 kg N /ha kaskoos külviga või enne külvi. P ja K vajadusi ei ole uuritud, lupjamist ei vaja, kuna talub ka madalat mulla pH (Strauss, 1997).

Pärlhirsi tärkamine ja võrsumine on alguses aeglane ja seetõttu on külvieelne umbrohutõrje oluline. Pärast võrsumist on areng kiire ja ta on konkurentsivõimeline hilisemate umbrohtudega, surub need alla. Hajuskülvi korral on herbitsiidide või katteviljade kasutamine oluline.

Tänapäeva hirsi sordid valmivad varem kui taim tervikuna kuivab. Terad ei varise, kuid nende koristamine kohe peale valmimist (mitte oodata taimede kuivamist) on soovitav, et vältida vilja lamandumist, lindude kahjustusi. Kui hirss on külvatud juuni algul, siis lehed on täiesti ära kuivanud septembri lõpuks, lehtede kuivamine on mõjutatud suuresti ilmastikust. Teri võib koristada ka pärast külmade saabumist, sest taimed püsivad. Koristatakse teraviljakombainiga. Kombainil võib vähendada õhusurvet, vahetatakse ka sõelad. Terade niiskus säilitamisel mitte üle 12-13%, sest nad on väiksed ja seetõttu raskesti kuivatatavad (võivad minna klompi) (Bumgarner, 1997).

Kasvatamise tõenäosus Eestis: Eestis võib jahedatel ja niisketel aastatel mitte valmida

V. Alternatiivkultuurid

Kanep (*Cannabis sativa* L.)

Botaaniline iseloomustus

Kanep kuulub kanepiliste *(Cannabinaceae)* sugukonda. Kanep on laialt levinud üheaastane kuni 5-6 m kõrgune sõrmlõhiste lehtede ja saagjaservaliste lehekestega põõsakujuline taim, mis kasvab nii metsikult looduses kui ka kultuurina kogu maailmas. Kultuurtaimena kasvatatakse Harilikku kanepit (*Cannabis sativa* L.) kiu ja seemne saamiseks ning india kanepit (*Cannabis indica* Lam.) narkootiliste ainete saamiseks. Kanep on väga vana kultuurtaim.

Harilik kanep on kahekojaline taim. Seeme idaneb aeglaselt juba 1-2° C juures, taim tärkab normaalselt 8-10° C juures. Tõusmed taluvad lühikest aega -4° C külma. Kanep on niiskusenõudlik, valguslembene lühipäevataim.(Taimekasvatus,1986)

Kasutusalad

Tabel 19. Hariliku kanepi kasutamisvõimalused (Small, Marcus, 2002)

Seemned	**Pikk kiud**	**Puitunud varreosa (kanepisäsi)**	**Emasõied**	**Kogu taim**
Maiustustes, küpsetistes	biolagunev plastik	loomadele allapanu	meditsiinis	Alkohol
Salati õli	Spetsiaalne paber	soojusisolatsioon	Õli (maitse & lõhn)	Kütus
kosmeetika tööstuses	ehituslik kiudplaat	ehituslik kiudplaat	putukatõrjevahend	silo
Loomatoit (seemned lindudele, õli pressimisjääk imetajate toidulisand)	pinnasekattematerjal, katteloor			
Gamma-linoleen hape dieedi toetaja	Karedad tekstiilid (vaibad)			
Spetsiaalsed tööstuses kasutatavad õlid	Peened tekstiilid (riie)			

Sobivus energiakultuuriks.

Soomes on katsetatud kanepi kasutamist tahkekütusena. Koristatakse kevadel ja kasutatakse põletamiseks. Kuivaine saak on olnud keskmiselt 6-10 t/ha sügisel koristades ja 3-5 t/ha kevadel koristades (Pahkala, 2007). Põletamiseks sobivad varred, sest neis on suur kiudainete sisaldus, aga madal N, K, Cl sisaldus.. Kanepi biomass põleb söest kuumemalt ja puhtamalt. Kanepi kütteväärtus ületab puidupelletite oma. Eestis võib kanepi koristamine varakevadel ebaõnnestuda.

Kanepi kuivaine kütteväärtus on 17-18 MJ/kg, tuhasisaldus 3,7%, C- 45-46%, N - 1,07%, S – 0,09% (TTÜ STI labor).

Kanepiseemned sisaldavad 30-34% õli , ligi 25% proteiini, 20-30% süsivesikuid, 10-15% ballastaineid.

Vaja on uurida Eesti tingimustes kanepi sobivust biogaasi tootmiseks. Rootsi Põllumajandusülikoolis koostöös Alnarpi katsejaamaga käivad katsed kanepist biogaasi saamiseks. Kanep koristatakse õitsemise algul maisikombainiga. Samas on Mallik et al. (1990) uurinud kanepi sobivust biogaasi tootmiseks ja on jõudnud järeldusele, et kanep on ebasobiv biogaasi tootmiseks .

Eesti kogemus kanepi kasvatamisel

Moostes uuriti kiukanepi kuivaine, kiusaagi potensiaali sõltuvalt agrotehnikast ja ilmastikust 2005 . ja 2006. aastal . Katsed viidi läbi kiukanepi sordiga „Benico“.

Katsetest selgus, et kiukanepi kahe aasta keskmisena tagasid külvitihedused 150; 200; ja 250 id.t.m^{-2} kuivaine saagikused vastavalt 6,7; 8,8; ja 8,7 t/ha. Soodsamateks tihedusteks osutusid kuivaine seisukohalt 200 ja 250 id.t.m^{-2}, siis saadi 30-31 % rohkem kuiva massi kui külvisenormiga 150 id.t.m^{-2}.

Mineraalse lämmastiku normid 70 ja 90 kg N/ha suurendasid kuivaine saagikust vastavalt 63 ja 83 %.

Parima kuivaine saagikuse 10,5 – 10,9 t/ha. tagasid külvitihedused 200 – 250 id.t.m^{-2} ja mineraalse lämmastiku norm 90 kg N/ha, seejuures kanepitaimed ei lamandunud (Tabel 2). Kuna taim on suure kasvuga siis tema väetiste omastamise võime on suur. Uuritud on väetiskoguste mõju kiu saagile, kui aga rääkida biomassist üldse siis ilmselt N ülemine piir võiks olla 150-200 kg N/ha.

Kanepikasvatuses ei ole vaja kasutada keemilisi taimekaitsevahendeid, sest haigusi ja kahjureid esineb harva ja umbrohtude suhtes hea allasurumisvõimega. Pärast kanepit on põld väga umbrohupuhas. Maa ettevalmistamine külviks toimub sarnaselt suviteraviljadele.

Sobib eelviljaks enamikele põllumajanduskultuuridele, eriti linale (Small and Marcus, 2002). Võib kasvatada ühel kohal mitu aastat järjest.

Peale lämmastiku soovitatakse anda P ja K 50-75 kg/ha (Smith, *et.al*, 1997).

Moostes läbi viidud põldkatsed näitavad, et meie ilmastiku tingimustes on võimalik saada arvestatavat kiukanepi biomassi saaki kuni 11 t/ha (Paalmann ja Mäeorg, 2007).

Tabel 20. Kanepi kuivaine saak t/ha sõltuvalt külvitihedusest ja N normist (Paalmann ja Mäeorg 2007).

Idanevat tera m^{-2}	N 0	N70	N90	keskmine
150	4,2	7,3	8,5	6,7
200	6,0	9,5	10,9	8,8
250	6,1	9,6	10,5	8,7
keskmine	5,4	8,8	9,9	8,0

Moostes on uuritud ka õlikanepi seemnesaaki sordil „Finola“. Finola just Põhjamaa tingimuste jaoks aretatud ning saab hästi hakkama ka Põhja-Soomes. Väiksed saagid kirjanduses pigem seotud sellega, et seda vähe teaduslikult uuritakse. Kanada kasvatajad saavad ligi 2 t seemnesaake. Moostes (katsetingimustes) seemnesaak üle 3 t/ha (Tabel 21).

Lisaks seemnele annab Finola ka rahuldavat kiudu, mida võiks võrrelda rohkem lina kui kanepiga, samas tulenevalt madalast kasvust jääb biomassitoodang oluliselt alla teistele tööstuskanepi sortidele (5 t/ha kuivainet).

Kiu ja õlikanepi kasvatamise agrotehnika erinevus seisneb külvisenormis, kus kiukanepit külvatakse väga tihedalt (70-100 kg/ha) seemnekanepit madalama normiga 30-40 kg/ha.

Tabel 21. Õlikanepi seemnesaak (t/ha) sõltuvalt külvitihedusest ja N normist (Paalmann, Mäeorg 2007).

Idanevat tera m^{-2}	N 0	N70	N90	keskmine
150	1,3	1,8	2,0	1,7
200	1,7	2,4	2,7	2,3
250	2,0	2,9	3,2	2,7
keskmine	1,7	2,4	2,6	2,2

Praegu puudub Eestis korralik kanepi koristamistehnika. Õlikanepit püütakse koristada teraviljakombainiga.

Kiukanepi koristamiseks kasutatakse näiteks Hollandis spetsiaalseid kombaine (Foto 4), aga Eestis need puuduvad. Kiukanep tuleks koristada

Foto 4. Kanepikombain Hollandis. Lõikab kuni 3 m. pikkused varred 0,6 m. tükkideks. Jõudlus 3 ha/tunnis (Courtesy of HempFlax, Oude Pekela, The Netherlands.).

Välismaine kogemus kanepi kasvatamisel.
Kanep on kahekojaline kultuur, st. et emas ja isasõied asetsevad eraldi taimedel. Isased taimed moodustavad suurema biomassi ja seda kiiremini. Tegeletakse ühekojaliste taimede aretusega (Mathieu, 1995). Nende varte ja seemnete saak on kõrgem kahekojalistest. Nende kuivaine on ühtlane ja sellega seoses ka hea kiu kvaliteet.

Lämmastiku tarve on suur, seda eriti vegetatiivse kasvu perioodil. Taanlaste andmetel on soovitatav norm 80 kg/ha N kiukanepil ja õlikanepil 40 kg/ha. Inglaste andmetel (MAFF, 1999) saadakse suurimad saagid 150-200 kg/ha lämmastikku korral (~12-13 t/ha kuivainet). Taanlaste andmetel saab hektarilt 40000 tonni massi. Lehti 12 t ja varsi 28 tonni, Lehti kuivaines 5t ja varsi 10,5 tonni.

Meijer et.al, (1995) andmetel on optimaalne külvisenorm 180 seemet m^{-2}, mille korral taimede arvuks kujuneb 115-130 taime m^{-2}. Tema arvates on saak suurem neil sortidel, mis on hilisema õitsemisajaga, sest hilisemaõitsemisega kaasneb pikem kasvuperiood.
1999-2001 viidi Rootsis läbi katsed kolme ühekojalise kiukanepi sordiga (Felina, Fedora ja Futura). Biomass varieerus sügisel 7.8 to 14.5 t/ha. Kõrgema biomassi moodustas sort “Futura

ja madalaima "Fedor". Nendes katsetes külvisenorm biomassi suurust ei mõjutanud, kuid väiksema normi (30 kg/ha seemet) korral olid taimed jämedamate vartega. Varte saaki mõjutab sort (tabel 22), varte % kogusaagis ei sõltu sordist (Sundberg ja Westlin, 2005)
Põhiliselt kasvatatakse Inglismaal ja Prantsusmaal kiu saamise eesmärgil. Taanis kasvatataval kanepil on kiu kvaliteet madal, kasutatakse põhiliselt lindudele seemneid ja toodetakse ka kütte graanuleid. Kasutatakse ka haljasväetiskultuurina. Euroopa kanepikasvatajad on moodustanud oma ühingu European Industrial Hemp Association (EIHA). Ilmub ajakiri Journal of Industrial Hemp.

Tabel 22. Erinevate kiukanepi sortide saak sügisese ja kevadise koristuse korral (Sundberg ja Westlin, 2005)

	Sügis 2003			Kevad 2004
Sort	Biomass t/ha	Varte saak t/ha	Varte %	Varte saak t/ha
Benico	9,8	7,7	79	4,7
Fedora	10,2	7,6	79	4,8
Futura	10,1	8,0	79	5,1

Kõrvenõges (*Urtica dioica; Urtica urens)*

Kasutamine energiataimena

1. Biogaasina. Sobib kasutada biogaasi tootmiseks, kuna on suure fotosünteesivõimega, konkurentsivõimeline, kasvab ka vaesematel muldadel, laia levikuga, umbrohuna on ta invasiivtaim ja teda saab koristada aastas mitu korda. Tema saak on 6-10 t/ha, metaanisaak on 2200-3600 m^3CH_4/ha, sellest saab energiat 21-35 MWh/ha, autoga saab sõita 27000-45000 km/ha (A.Lehtomäki, 2005).

2. **Meditsiinis.** Kõrvenõgest on kasutatud sadu aastaid reuma (lihaste ja liigeste raviks), ekseemide, liigesepõletike, podagra, ja aneemia raviks. Tänapäeval paljud kasutavad teda urineerimisprobleemide puhul, suurenenud eesnäärme (varases staadiumis), kuseteede põletiku, neerukivide, heinapalaviku ravis või valutavate liigeste määrimisel või kompressides, liigeste ja kõõluste venituse või deformatsiooni ning putukahammustuste puhul. Raviks kasutatakse tavaliselt kõrvenõgese juuri ja/või lehti. Arvatakse, et kõrvenõgese lehtedes olevad flavonoidid ja kaalium on diureetilise (kuseeritust soodustava) toimega, juuri aga kasutatakse suurenenud eesnäärme ravis. Kõrvenõges on rikas räni poolest, mis on oluline mineral nahale, juustele ja küüntele (www.swicofil.com/products/016nettle).

Kõrvenõgese söömine aitab kaasa mitmete nahahaiguste ravis, sest kõrvenõges stimuleerib maksa ja neerusid puhastama verd toksilistest ühenditest (www.ienica.net/crops/nettle.pdf). Kõrvenõges on väga toitaineterikas. Ta sisaldab aminohappeid, B- ja C-vitamiine, karotiini, Ca, K, Mg ja räni. Setõttu kasutatakse teda toiduna

3. **Veterinaarias.** Loomkatsetest on selgunud, et nõges eemaldab valu, omab kerget põletikuvastast mõju ja alandab veresuhkru taset. Aktiivsed ühendid kõrvenõgeses omavad köha- ja viirusvastast mõju.

4. **Tehniline kultuur.** Itaalias on hakatud kõrvenõgese kiust tegema riideid. Riiete valmistamine nõgestest on ammune komme. 16. sajandist alates nõgese populaarsus kiutaimena kadus, kuna laialt levis puuvill. Nõgese kiust hakati riideid taas tegema Saksamaal

Esimese Maailmasõja ajal, kui Saksamaal oli suur puudus puuvillast ja siis tehti Saksa armeele mundrid nõgese kiust. Kõrvenõgese kiule on omapärane, et ta on seest tühi ja tal on võime akumuleerida kiusse õhku. Seetõttu on nõgese kiul isoleeriv, soojahoidev toime (www.telesis.at/nettle).

Botaaniline iseloomustus

Kõrvenõgeseks nimetatakse nii harilikku nõgest, aednõgest kui ka nende kahe taime hübriidi. Kõrvenõges pärineb Põhja-Euroopast ja Põhja-Aasiast, tänaseks on ta levinud üle maailma. Kõrvenõges on umbrohi paljudes maades, ta on invasiivtaim. Hambulised lehed kasvavad paaris piki neljakandilist vart. Lehed on südamekujulised, peenehambulised ja otstest kitsenevad. Kogu taim on kaetud pisikeste kõrvetavate karvaketega, eriti rohkelt on neid lehtede alumisel küljel ja vartel.

Nõges on kahekojaline taim ja niitmiseks võib kasvatada nii emas- kui ka isastaimi. Taime kõrgus kõigub 0,6…3 m vahel, kasvab ka väga erinevatel mullatüüpidel. Eelistab siiski viljakamaid muldi (Weglarz ja Roslon, 2005). Nõgese kõrvetavad karvad on läikivad, teravikukujulised ogad ja nad sisaldavad histamiini ja sipelghapet, mis ärritavad keemilisi ühendeid, mis vabanevad sel momendil, kui taim puutub kokku nahaga. Kui kõrvenõgese karvad või ogad tekitavad puudutades valu, siis nendega juba valutavat piirkonda töödeldes eelpool mainitud kemikaalid tegelikult vähendavad algset valutunnet. Seepärast nimetatakse kõrvenõgest ka vastuärritajaks (counterirritant). Lisades nahale kõrvenõgese karvakeste mahla, oli võimalik valu ja putukahammustuste kahjustusi vähendada või kaotada. Ta talub keskmiselt varju, varjus annab vähem seemneid kui päikese käes. Kõrvenõges toodab hulgaliselt seemneid, Taimed, mis kasvavad varjus, toodavad 500…5000 seemet võrse kohta, taimed, mis kasvavad päikse käes aga 10000..20000 seemet võrse kohta. Seemned püsivad taimel kuni külmade saabumiseni, siis nad kukuvad maha. Seemned ei ole puhkesisundis ja võivad idaneda 5..10 päeva pärast. Paljuneb ka vegetatiivselt. Igal aastal risoomide pungadest kasvavd uued võsud. Maksimaalne võrsumine toimub kevadel enne õitsemist. Kõrvenõges õitseb mai keskelt kuni juuli alguseni.

Kasvatamine

Nõges on mitmeaastane taim, mis on levinud Euroopas ja Aasia ning Ameerika parasvöötmes. Ta on rikas mitmete keemiliste ühendite poolest. Euroopas kasutatakse nõgest mitmete haiguste ja puuduste ravis. Seoses suureneud nõudmisega toormaterjali (lehed ja risoomid) järele on hakatud nõgest kasvatama ka suurematel põldudel. Eelistab huumusrikkaid kobestatud muldi, kiire kasvu ajal vajab lämmastik- ja fosforväetisi (Szewczuk ja Mazur 2004). Seemned võib mulda viia hilissügisel, idanemine toimub järgmisel kevadel või suvel. Risoomidega paljundamisel istutatakse taim mulda hilissuvel ja järgmise suve jooksul levib ta 2,5 m diameetri ulatuses. Kuna nõges moodustab tihedaid põõsastikke, siis võib teda külvata ka tihedalt. Kuivemates piirkondades tuleb nõgest kindalsti kasta ja seda eriti esimesel kasvuaastal. Kasvab kiiresti 1..3 m pikkuseks.

Nõgese isas- ja emastaimede kasvatamise esimesel kasvuaastal isastaimed on tunduvalt leherikkamad ja rohkete kõrvalvõsudega ja nad on usutavalt suurema biomassiga. Isas- ja emastaimed erinesid usutavalt ka risoomide massi ja arvu osas. Isastaimedel kasvasid risoomid tunduvalt varem ja nende mass oli emastaime omega võrreldes kaks korda suurem. Flavonoidide akumulatsioon oli kummalgi taimel võrdne. Polüfenoolhapete sisaldus nii lehtedes kui ka risoomides oli isastaimel kõrgem,kuid polüfenoolhapete keemiline kompositsioon oli emastaimedel keerukam (www.fs.fed.us/database/feis/plants/fern/blespi/introductory).

Kasvatamise tõenäosus Eestis: Igati soodne.

Harilik keerispea (*Phacelia tanacetifolia)*

Botaaniline iseloomustus
Keerispea kuulub vesileheliste (*Hydrophyllaceae*) sugukonda .Üheaastane kultuur, mis on pärit Mehhikost. Pikapäevataim. Õied koondunud varre tippu õisikusse. Õied lillad, harvem valged. Õitsemine kestab 6-8 nädalat.
Kiirekasvuline kultuur, taimede kõrgus 50-70 (120) cm ja jõuab lühikese perioodi jooksul moodustada tiheda haljasmassi.
Väga hea meetaim. Väga hea haljasväetiskultuur - moodustab lühikese ajaga suure haljasmassi. Haljasmassi ja mee taimena külvatakse maikuus .
Väga hea vahekultuur -kiire kasvuga, konkureerib umbrohtudega, kasutab palju lämmastikku. Vahekultuurina külvatakse juulis-augustis. Hästi kasvab soojal sügisel, talub külma keskmiselt.

Euroopas kasutatakse maisi ja suhkrupeedipõldudel multšikultuurina (Soasepa Seemnekaubandus, 2003 vt.http://www.soasepa.ee/index.php?id=144). Kasvatatakse ka kapsa ja salatipõldudel, mille tulemusena väheneb N leostumine 50-70% (Wyland *et, al*. 1998).

Takistab muldade tuule- ja vee-erosiooni, kuna moodustab lühikese ajaga suure juurtemassi.
Külvikorras on tänuväärne kultuur, sest on pika kasvuajaga (hilise seemnete valmimisega), nematoodide suhtes neutraalne ja katkestab seenhaiguste arengutsükli.

Sobivus energiakultuuriks
Energiakultuurina kasvatamist pole uuritud, kuid temast on võimalik toota biogaasi, kuna moodustab lühikese ajaga suure biomassi.

Kasvatamise agrotehnika
Külviaeg: mai - august
Külvinorm: 10-12 kg/ha (6 - 8 kg/ha (http://www.muru.ee/index.php?kat=16)
Külvisügavus: 2 cm
Väetamine: 40-60 kg N/ha
Tugeva algarenguga, surub edukalt alla umbrohtusid.
Võib kasvada kuivemal mullal.

Tänu proteiini suurele sisaldusele, kasutatakse orgaanilise haljasväetisena mulla, rikastades seda ökoloogiliselt puhta orgaanilise massiga, viljakuse tõstmiseks (Seemnemaailm, 2007 http://seemnemaailm.ee/index.php?GID=5945).

Eesti kogemus keerispea kasvatamisel
Kasvatatakse meetaimena.
Keerispea teeb isekülvi, samas ohtu laiemale levikule ei ole. Isekülviga levinud taimestik hakkab siiski degradeeruma.

Sahhalini kirburohi (*Polygonum sachalinense* F. Schmidt ex Maxim.)

S. kirburohi on rohtne mitmeaastane taim, tugevate harunenusd risoomidega, kõrgus 3-3,6 m.

Peale esimest öökülma maapealne osa hävib. Liik on pärit Sahhalini saartelt põhja Jaapanist. Paljuneb peamiselt risoomidega. Kahekojaline – emas ja isasõied asuvad eraldi taimedel. Herbitsiididele vastupidav oma tugevalt harunenud risoomide tõttu.

Euroopas kasutatakse nime sünonüümi Reynoutria sachalinensis (Seiger, 1995).
Üldiselt peetakse teda oma tugeva risoomi ja vartest eritatavate ainete (allelokemikaalid) kahjulikuks ja agresiivseks umbrohuks. Peale selle tolmleb Jaapani kirburohuga, andes fertiilsed järglased (Bailey, 1990)
Risoomidel lahtistav toime ja kasutatakse diureetikumina (Pojar ja MacKinnon, 1994). Kasutatakse ka dekoratiivtaimena, kuid on liigselt agressiivne liik (Seiger, 1995).

Potensiaalne biomassi kultuur, taim on väga jõuline ja kasvatab kiiresti suure massi, kuid on äärmiselt invasiivne liik (Plants…, 2007. vt. http://www.pfaf.org/database/plants.php?Polygonum+sachalinense).

Hinnang energiakultuuridele, lähtuvalt nende keemilisest koostisest

Kõnealuseid energiakultuure võib nende keemilise koostise poolest tinglikult liigitada õli-, tselluloosi- ja biomassikultuurideks. Õlikultuuridena on arvestatavad raps (rüps) ja õlituder. Rapsiõli rasvhappeline koostis: 57% (18:1), 23% (18:2), 11% 18:3) ja 4% küllastatud rasvhappeid, on igati sobilik standarditele vastava biodiislikütuse tootmiseks. Lisaks triglütseriididele sisaldavad rafineerimata taimeõlid alati teatud koguse vabu rasvhappeid, fosfolipiide, glükolipiide, lipoproteiine, steroole, terpeene, vaikaineid, vett ja muid lisandeid. Nende sisaldus väheneb rafineerimisel, kuid siiski jääb mingi kogus lisandeid ka rafineeritud õlisse.

Biodiislikütuse tootmisel on lisandite olemasolu ebasoovitav: nad vähendavad sihtprodukti saagist, halvendavad selle kvaliteeti ning takistavad reaktsioonil tekkiva glütserooli eraldamist. Olulised parameetrid on ka rapsiõli fosforisisaldus on 15–20 mg/kg ja happearv 1–1,5 mg KOH/g (vabade hapete sisaldus ligikaudu 0,5–0,8 massi %). Siiski võib mõnikord fosforisisaldus ulatuda kuni 50 mg/kg ja happearv (eriti kuumpressimisel saadud õlil) kuni 6 mg KOH/g. Tudra rasvhappelises koostises domineerivad polüküllastamata rasvhappe: 37% (18:3), 22% (18:2), 14% (18:1) ning küllastatud rasvhappeid kokku ~11%. Tudral on kõrgest omega-3-rasvhapete sisaldusest tingituna probleemiks kõrge joodarv (näitab, mitu g joodi kulub 100 g õli küllastamiseks) – 155, mis ületab EL normiks oleva 120.
Uute tehnoloogiate arenedes tuleb bioetanooli tootmise puhul tärkliserikaste kultuuride kõrval üha enam arvestada ka tselluloosirikaste (ka tselluloosi hõlpsat kättesaamist võimaldavate) kultuuridega. Valdkonna arengu strateegilist soosimist kinnitavad paralleelselt nii Euroopas kui Ameerikas läbiviidavad ja riiklikult finantseeritavad mahukad uuringud (*New Improvements fo Lignocellulosic Ethanol* (EL), *Cost-effective Bioprocess Technologies for Production of Biofuels from Lignocellulosic Biomass* (US)). Kuna süsivesikud (tselluloos, hemitselluloos, ligniin jt) moodustavad ligikaudu 70% suvalisest taimsest biomassist, siis taandub majanduslikult tasuva tootmissüsteemi ülesseadmine peamiselt sobiva eraldamistehnoloogia leidmisele. Kui Ameerikas on kasutatud toormaterjaline seni peamiselt maisi, siis soovitakse enam rõhku pöörata nt talinisu baasil bioetanooli tootmisele. Meil tulevad tselluloosikultuuridena kõne alla mais ja kanep, aga ka võimalikult suure põhusaagi jätvad teraviljad jt kõrrelised heintaimed.

Biomassikultuuride puhul on üheks hinnatavaks teguriks nende energeetiline väärtus küttena. Enamus biomassikultuuride O-C-H-ühendite kompositsioon on väga sarnane, erinedes peamiselt mikrokompoentide osas. Tavakütustest oluliselt suurem niiskusesisaldus põhjustab madalama kütteväärtuse. Nt, teraviljade (seemned koos põhuga) kütteväärtus on ~17 MJ/kg. Mida õlirikkam kultuur, seda kõrgem on selle kütteväärtus. Rohtsete

põllukultuuride kasutamine kütteks on käesoleval ajal siiski mõeldav pigem kui alternatiivina teraviljakasvatuse jääkide realiseerimiseks kui omaette eesmärgina energiat toota.
Kõik toodud keemilise koostise väärtused on ligikaudsed ning tihtilugu on erinevused ühe kultuuri erinevate sortide vahel hoopis suuremad kui erinevate kultuuride vahel. Samuti võivad keemilist koostist veel oluliselt mõjutada kasvukeskkond, väetamine, koristusaeg, ilmastik jpt. Näiteks, erineb enamus eeterlike õlikultuuride keemiline koostis Mandri-Eestis ja Lääne-Eesti saartel suurtes piirides. Sellest tulenevalt tuleb konkreetsete toormaterjalide energeetiliseks hindamiseks teada kasvukoha iseärasusi ning teostada vastavaid mõõtmisi

Energiakultuuride keskkonnamõju hinnang

Energiakultuuride keskkonnamõju hindamisel lähtutakse järgmistest peamistest keskkonnamõjudest:

- mõju tootmisfaasis;
- mõju energia tootmiseks;
- mõjud pärast kultuuri kasutust.

Keskkonnamõju tootmisfaasis moodustavad peamiselt antud kultuuri tootmiseks vajamineva energia hulk, kasutatavate väetiste ja taimekaitsevahendite kogused. Samuti võib hinnata kultuuri üldist mõju ökosüsteemile, toitainete väljakandele jm.

Energeetilised kulud sõltuvad antud kultuuri harimistehnoloogiast ja erinevate harimisvõtete hulgast, mis erinevatel kultuuridel on erinev. Antud energiakulude hinnang on koostatud kultuuri harimiseks vajamineva traktori tööde mahu põhjal (h/ha), mis on leitud antud projekti raames. Traktorite tööde mahu ja võimsuse alusel on leitud kütuse kulu 1 ha kultuuri harimiseks. Selleks on arvestatud erineva võimsusega (100 – 180kW) traktori kütusekuluks sõltuvalt harimisiseloomust (suure kütuse kuluga tööd nagu kündmine, mõõduka kütusekuluga tööd nagu transport) 10-18 l/ha kohta. Kütusekulu hinnangus on lähtutud I. Karjase uuringutest (www.eria.ee). Kahtlemata on tegemist üldise hinnanguga ja kõiki energeetilisi kulusid ei ole võimalik arvesse võtta, samuti sõltuvad need konkreetsetest mulla, reljeefi jm oludest. Samas annab antud hinnang üldise võrdluse erinevate kultuuride tootmise energiamahukusest. Erinevate energiakultuuride tootmiseks kuluva kütuse hulk 1 ha kultuuri harimiseks on toodud tabelis 1.
Samuti on hinnatud taimekaitsevahendite ja väetiste kasutamise vajadust erinevate energiakultuuride puhul (tabel 1).

Erinevate kultuuride keskkonnamõju kasutusfaasis on sarnase kasutuse puhul (kas biogaasiks, biodiisliks, kütteks) enamasti samas suurusjärgus ja erinevate kasutuste võrdlus ei oleks põhjendatud. Peamise osa kasutusfaasi keskkonnamõjust moodustab saagi transport tarbijani, mis on kõige kultuuride puhul sarnane.

Jäätmete teke sõltub kultuuri kasutusest (kas põletamiseks, gaasi tootmiseks, etanooli, biodiisli jm tootmiseks). Missugune kultuur mis tehnoloogia kasutamise puhul Eestis kõige paremaid tulemusi annab, vajab täiendavaid uuringuid.

Erinevate kultuuride võrdlus

Mais

Mais on Kesk-Euroopas laialdaselt kasutatav energiakultuur eelkõige biogaasi tootmiseks.

Maisi tootmise energeetilised kulud ja mürkkemikaalide kasutushulgad on suhteliselt madalad. Kõrgemad on väetusainete vajadused, millega kaasneb ka toitainete põldudelt välja kandumise oht. Maisi on võimalik kasutada biogaasi tootmiseks kas ainsa toormena või lisandina näiteks biojäätmetele, mis tõstab tema kasutamise väärtust. Maisi sortide hulgas on aretatud mitmeid GMO-sid, millede kasutamist tuleb rangelt jälgida vastavalt meil kehtivale seadusandlusele.

Õlilina

Lina on olnud Eestis pikkade kasvatamistraditsioonidega kultuur. Kasvatamine ei oma suurt mõju keskkonnale. Nii tema kasvatamiseks vajalik energia hulk, mürkkemikaalide vajadus kui ka väetusnormid on teiste energiakultuuridega võrreldes ühed väiksemad. Samuti on lina kasutusest (otse kütteks, biodiisliks) tekkivad jäätmed hiljem mitmeti kasutatavad ja ei kujuta endast suurt ohtu keskkonnale.

Suviraps, suvirüps, talirüps

Need õlikultuurid on viimastel aastatel Eestis laialdaselt kasutusele võetud. Nende kultuuride peamine keskkonnakaitseline probleem on seotud nende suure mürkkemikaalide kasutusega, mis ulatub üle 10 l hektari kohta. Kusjuures tehakse seda läbi aasta kuni 5 korda, mis võib põhjustada olulist keskkonna saastumist mürkidega. Eriti suur on mürgitamiste mõju putukate ja nende kaudu ka lindude populatsioonidele. Mürkkemikaalide tiheda kasutamise arvu tõttu on suured ka nende kultuuride harimiseks vajalikud kütuse kulud.
Suviraps ja rüpsid võivad monokultuuridena põhjustada taimehaiguste levimist. Rapsi ja rüpsi sortide hulgas on aretatud mitmeid GMO-sid, millede kasutamist tuleb rangelt jälgida vastavalt meil kehtivale seadusandlusele.

Tabel 22. Erinevate kultuuride tootmiseks vajalik kütusekulu, mürkkemikaalide ja väetiste vajadus.

Kultuur	kütusekulu l/ha	mürkide vajadus l/ha	väetusnorm kg/ha N	P
mais	160	1,8	150	30
õlilina	210	1	80	25
suviraps	550	9	120	30
suvirüps	550	11	100	30
talirüps	525	8	100	30
ida-kitsehernes	250	2	100	30
õlituder	335	10	50	15
talitritikale ja rukis teraks	125	0	120	30
kaer	215	3	100	20

Ida-kitsehernes

Ida-kitsehernes on suhteliselt hiljuti Eestis kasutusele võetud kultuur. Liblikõielisena on tema lämmastikuväetiste vajadus suhteliselt väike, samuti ei ole vaja kasutada tema kasvatamiseks palju mürkkemikaale. Ida-kitseherne peamine keskkonnakaitseline probleem on seotud tema invasiivsusega. Tegemist ei ole siinse loodusliku taimega, kuid soodsatel tingimustel on ta hakanud looduses paljunema ja oma areaali suurendama. Seetõttu on ökoloogide hinnangul tegemist invasiivse liigiga, mille kasutust tuleks piirata.

Õlituder

Õlituder on suhteliselt vähenõudlik ja väikese väetusnõudlusega kultuur, mida oleks võimalik Eesti tingimustes üsna edukalt kasvatada. Praegu levinud kasvatuspraktika kasutab üsna palju mürkkemikaale (kuni 10 l ha kohta), samas on õlitutra pakutud ka potentsiaalse maheviljeluse kultuurina. Õlitudra kasutamisel biodiisli tootmiseks on probleemseks tekkivad pressimisjäägid, mida ei soovitata loomasöödana kasutada.

Talitritikale ja rukis teraks

Traditsiooniline teravili rukis koos talitritikalega on vähenõudlik ja kõige väiksemate energeetiliste kulude ning ilma mürkkemikaalideta kasvatatav bioenergia ressurss. Veidi kõrgem väetise vajadus on hajutatud tervele aastale, mis ei koorma keskkonda samaväärselt nende kultuuridega, mida väetatakse vaid korra. Samuti vähendab taliviljade talvine oras toitainete talvist väljakannet põldudelt, mis on probleemiks künni puhul. Seetõttu on tritikale ja rukki segu keskkonnakaitselisest aspektist hea potentsiaaliga energiakultuur.

Kaer

Ka kaera kasvatus ei nõua suuri energeetilisi ega mürkkemikaalide kulusid. Tegemist on samuti traditsioonilise ja siia kliimasse sobiva kultuuriga, mille keskkonnamõjud ei ole väga ulatuslikud.

Ristvastavusnõuded rohtsete energiakultuuride viljelemisel

Ristvastavus loob otseseose põllumajandustootja toetuste ja ELi seadustiku järgmise vahel.

Nõukogu direktiiv 80/68/EMÜ põhjavee kaitse kohta teatavatest ohtlikest ainetest lähtuva reostuse eest

Nõukogu direktiivi 80/68/EMÜ vastuvõtmise peamine põhjus oli vajadus kaitsta põhjavett reostumise, eriti teatud mürgistest ja bioakumuleeruvatest ainetest põhjustatud reostuse eest. Direktiivi eesmärk on tagada põhjavee efektiivne kaitse direktiivi loendis I olevate ainete loodusesse laskmise ennetamise ja direktiivi loendis II olevate ainete loodusesse laskmise piiramise kaudu. Direktiiv võeti vastu aastal 1979.

Detailne ainete nimistu on Eestis kehtestatud keskkonnaministri 21. augusti 2001 määrusega nr 44, „Veekeskkonnale ohtlike ainete nimistud 1 ja 2" (https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?replstring=33&dyn=918143&id=86128).

Nõukogu direktiiv 86/278/EMÜ keskkonna ja eelkõige pinnase kaitsmise kohta reoveesetete kasutamisel põllumajanduses (reoveesettedirektiiv)

Reoveesettel on palju positiivseid väärtusi (orgaanilise väetisena), aga see võib ka sisaldada ka mõningaid raskemetalle, mis on taimestikule ja taimede kaudu ka inimesele mürgised. Direktiivi eesmärk on reguleerida reoveesette kasutamist põllumajanduses, et vältida kahjulikke mõjusid mullale, taimestikule, loomadele ja inimesele. Direktiiv võeti vastu aastal 1986.

Direktiivi kohaselt võib reoveesetet puhastitest, mis töötlevad kodust või asulate reovett, kasutada põllumajanduses ainult kooskõlas direktiiviga. Reovett septikutest ja teistest sarnastest mahutitest, mis on mõeldud reovee töötlemiseks, võib kasutada põllumajanduses

sellisel juhul, kui on täidetud tingimused kaitsmaks inimtervist ja keskkonda (kehtestab liikmesriik).

Reoveesette põllumajanduses, haljastuses ja rekultiveerimisel kasutamise nõuded on Eestis kehtestatud keskkonnaministri 30. detsembri 2002 määrusega nr 78 „Reoveesette põllumajanduses, haljastuses ja rekultiveerimisel kasutamise nõuded" (https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=761407).

Nõukogu direktiiv 91/676/EMÜ veekogude kaitsmise kohta põllumajandusest lähtuva nitraadireostuse eest (nitraadidirektiiv)

Vee nitraadisisaldus on probleemiks mitmetes piirkondades üle kogu Euroopa. Põhiliselt on see seotud just põllumajandustegevusega (lämmastikku sisaldavate väetiste ja sõnniku kasutamine, intensiivne loomakasvatus jne). Selleks, et kaitsta inimtervist ja vee ökosüsteeme, vähendada vee saastamist ja rakendada abinõusid veekogude kaitseks, kehtestati 1992. aastal nitraadidirektiiv.

Et vähendada põhjavee reostumist, mida põhjustavad põllumajanduses kasutatavad orgaanilised ja mineraalväetised, on loomade arvu ning väetiste ja sõnnikuhoidlate kasutamist seadusega piiratud. Seda reguleerib Nõukogu direktiiv 91/676/EMÜ (nitraadidirektiiv).

Taimedele mineraalväetistega antavate toiteelementide kogus peab säilitama mullas sisalduvate toitainete tasakaalu, arvestades taimede vajadusi, saagikust, külvikordi, mulla omadusi ja muid tähtsaid tegureid.

Veeseaduse järgi võib hektarisuurusele haritavale maale anda sõnnikuga aastas keskmiselt kuni 170 kg lämmastikku.

Mineraalväetistega võib hektarisuurusele haritavale maale anda aastas keskmiselt 30 kg fosforit ja selline kogus lämmastikku, mis on põllukultuuride kasvuks vajalik.

Nitraaditundlikul alal on sõnniku- ja mineraalväetistega kokku lubatud anda haritava maa ühe hektari kohta keskmisena kuni 170 kg lämmastikku aastas. Mineraallämmastiku kogused, mis on suuremad kui 100 kg hektarile, tuleb anda jaotatult. Lubatud lämmastiku üldkogusest tohib anda mineraalväetistega haritava maa ühe hektari kohta keskmisena mitte üle 140 kg aastas. Mineraallämmastiku kogused, mis on suuremad kui 100 kg hektarile, tuleb anda jaotatult.

Kaitse-eeskirja alusel tohib nitraaditundlikul alal mineraalväetistega antava lämmastiku aasta keskmist kogust veelgi piirata

Nitraaditundlikel aladel asuvate allikate ja karstilehtrite ümbruses on kuni 50 m ulatuses keelatud väetamine, sõnniku hoidmine aunas ja muud kaitse-eeskirjas sätestatud vee kvaliteeti ohustavad tegevused.

Eestis on olemas geneetiliselt muundatud organismide keskkonda viimise seadus (GMOVS) (RT I 2004, 30, 209) . Selles on Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiivi 2001/18/EÜ (Directive 2001/18/EC of the European Parliament and of the Council on the deliberate release into the environment of genetically modified organisms. – OJ 2001, L106.) sätted, mis reguleerivad GMO-de tahtlikku keskkonda viimist.

Direktiivi 2001/18/EÜ järgi peaks üldsusel olema ülevaade sellest, millistes piirkondades GMO-sid keskkonda viiakse. Liikmesriigid peavad koostama avaliku loendi, millesse kantakse GMO-de asukohad. Neist teavitatakse üldsust ja pädevaid asutusi riigisiseste sätetega määratletud korras.

Eestis kontrollitakse nimetatud kohustuse täitmist keskkonnaregistri seaduse (RT I 2002, 58, 361) (KeRS) abil, mis sätestab registri ühe ülesandena arvestuse pidamist bioloogiliste keskkonnategurite üle, sealhulgas geneetiliselt muundatud organismide nimistu pidamise. GMO-de loendisse kantakse näiteks keskkonda viimise koht ja aeg. Neile andmetele lisatakse asukoha- ja ülevaatekaart, GMO keskkonnas levimise kaart ning luba. KeRSi rakendussätetest tuleneb, et nimetatud andmed kantakse keskkonnaloendisse 2006. aasta 1. juuliks.

EL-i määruse 1830/2003 (Regulation (EC) No 1830/2003 of the European Parliament and of the Council of 22 September 2003 concerning the traceability and labelling of genetically modified organisms and the traceability of food and feed products produced from genetically modified organisms and amending Directive 2001/18/EC – OJ 2003, L268) art 5 lg 2 järgi peavad tootjad (sealhulgas põllupidajad) pidama arvestust selle üle, kellelt nad on GMO-sid saanud ja kellele neid andnud. Samas ei kanta vastavaid andmeid loendisse, vaid pigem aitavad need tooteahelat jälgida ja kindlaks teha, kas ja millisest lülist pärineb GMO-sisaldus tootes.

Võimalus GMO-sid kasvatada võib olla piiratud ainult seadusega määratletud korras või eraõigusvahenditega. Näiteks võib GMO-deta piirkondade loomisel vaadata eelkõige kokkuleppeid. Riigivõimul on õigus taotleda mingi ala vabastamist muundkultuuridest, kuid seda saab teha vaid ühe liigi kaupa. Nii peaks toimima siis, kui tegu on ökoloogiliselt tundliku piirkonnaga, või kohaga, kus teatud kultuuri segunemist ja levikut metsikutele liikidele on raske vältida.

Euroopa Komisjon on andnud juhtnööre (edaspidi soovitused), mis peaksid kindlustama GM-kultuuride ning tava- ja mahepõllunduse kooseksisteerimise. (European Commission recommendation of 23 July 2003 on guidelines for the development of national strategies and best practices to ensure the coexistence of genetically modifiec crops with conventional and organic farming (notified under document number c(2003) 2624); OJ L189/36)

Komisjoni soovitus ei ole kohustuslik dokument, mistõttu kelleltki ei saa nõuda selle täitmist.

Energiakultuuri toetust saab taotleda põllumajandusega tegelev füüsiline või juriidiline isik, seltsing ning muu juriidilise isiku staatusega ühendus (edaspidi *taotleja*), kes harib maad õiguslikul alusel, st on maa omanik või omab kehtivat rendilepingut. 2008. a. seisuga on taotluskõlbulikud kultuurid ning nende minimaalsed saagikused, millele makstakse pindalatoetusi: raps 1200 kg/ha; rüps 1200 kg/ha; oder 2000 kg/ha; nisu 2000 kg/ha; kaer 1700 kg/ha; rukis 1700 kg/ha; tritikale 2000 kg/ha; päideroog 3000 kg/ha; ida-kitsehernes 3500 kg/ha; kanep (varred) 5000 kg/ha; paju 6000 kg/ha. Toetuse suurus on kuni 45 eurot/ha kohta. Ühikumäär kehtestatakse Euroopa komisjoni poolt hiljemalt 31. jaanuaril 2008 a. Toetus makstakse välja taotlejale hiljemalt 30. juunil 2008 a, kuid mitte enne seda kui kogu saak on tarnitud.

Tabel 23. Näiteis Eestis ratifitseeritud rahvusvahelistest konventsioonidest ja ELi direktiividest

ELi direktiivid	Käibenimetus
Nõukogu direktiiv 79/409/EMÜ loodusliku linnustiku kaitse kohta	Linnudirektiiv
Nõukogu direktiiv 79/409/EMÜ loodusliku linnustiku kaitse kohta	Linnudirektiiv
Nõukogu direktiiv 92/43/EMÜ looduslike elupaikade ning loodusliku loomastiku ja taimestiku kaitse kohta	Loodusdirektiiv
Nõukogu direktiiv 91/676/EMÜ veekogude kaitsmise kohta põllumajandusest lähtuva nitraadireostuse eest	Nitraatide direktiiv
Nõukogu direktiiv 80/68/EMÜ põhjavee kaitse kohta teatavatest ohtlikest ainetest lähtuva reostuse eest	Põhjaveedirektiiv
Nõukogu direktiiv 86/278/EMÜ keskkonna ja eelkõige pinnase kaitsmise kohta reoveesetete kasutamisel põllumajanduses	Reoveesetete direktiiv
Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2000/60/EÜ, millega kehtestatakse ühenduse veepoliitika alane tegevusraamistik	Veepoliitika raamdirektiiv

Nitraaditundlikud alad

Veeseadusest tulenevalt võib põhja- ja pinnavee kaitseks moodustada ja määrata põllumajandustootmisega piirkondades nitraaditundlikud alad. Nitraaditundlikuks loetakse ala, kus põllumajanduslik tegevus on põhjustanud või võib põhjustada nitraatioonisisalduse põhjavees üle 50mg/l või mille pinnaveekogud on põllumajanduslikust tegevusest tingituna eutrofeerunud või eutrofeerumisohus.

Eestis on määratud Vabariigi Valitsuse 21. jaanuari 2003. a määruse nr 17 „Pandivere ja Adavere-Põltsamaa nitraaditundliku ala kaitse-eeskiri“ alusel Pandivere ja Adavere-Põltsamaa nitraaditundlik ala, mis koosneb kahest alampiirkonnast – Pandivere piirkonnast ja Adavere-Põltsamaa piirkonnast. Nitraaditundlikule alale on veeseaduse alusel kehtestatud rangemad keskkonnanõuded põhja- ja pinnavee kaitseks.

Kokkuvõte

a. Andma võrdleva ülevaate Eestis viljelemiseks sobivatest ning soovituslikest energiakultuurideliikidest ja sortidest (sh geneetiliselt muundatud) vastavalt kasutuseesmärgile;

Energiaheina tootmiseks sobib heintaimedest *päideroog*, (sordid ‚Pedja’; ’Venture’ ja ’Platon’), milliste saak on 8…10 t KA ha^{-1} aastas ja taimiku kasutuskestus üle 10 aasta. 1.2 Biogaasi tootmiseks vajamineva biomassi saamiseks sobivad heintaimed eri muldadel: 1) hästilagunenud turvasmullal ja lammimullal *päideroog* (sordid ’Pedja’, ’Venture’ ja ’Platon’).; 2) parasniisketel mineraalmuldadel *roog-aruhein* (sort ’Seine’) , ohtetu-luste (sort ’Lehis’); 3) parasniisketel ja kuivemapoolsetel mineraalmuldadel *kerahein* (sort ’Jõgeva 242’); 4) põuakartlikele õhukestele rähkmuldadele ning erodeeritud kuppelaladele *ida-kitsehernes* (sort ’Gale’). Kõigi nimetatud liikide saagikus on 8…10 t KA ha^{-1} aastas ja taimiku kasutuskestus üle 10 aasta.

Kartul (*Solanum tuberosum*)

Kartuli kasvatamisel energiakultuurina on oluline kasvatada neid sorte, mis annavad kõrge saagi ja on tärkliserikkad.

Etanooli tootmiseks sobivad tärkliserikkamad hilisepoolsed ja hilised sordid ´Reet´, ´Ants´, ´Anti´. Rootsi firmad on aretanud tärklisetootjate jaoks tulusa kartulisordi, mille tärklis koosneb põhiliselt nn liimainest. Seda kartulit tähistatakse esialgu EH92–527–1. Geneetiliselt muundatud sordi tärklisesisaldus on ligikaudu 30 % ja tärklis koosneb 98 % amülopektiinist, mis tavalisel kartulil on 70-80%. Rootsis GM kartuli kasvatamisel on tasuvus tõusnud 6 -12 %/ha. Kohaliku kartuli potentsiaal etanooli tootmisel on 5050 l/ha ja energeetiline potentsiaal 107,6 GJ/ha. Kergetele muldadele sobivad varajased või hilised, kuid raskematele muldadele keskvalmivad sordid

Suhkrupeet (*Beta vulgaris saccharifera*)

Suhkrupeedi juurikate kõrge suhkrusisalduse (18-20%) tõttu saab juurikatest toota etanooli. Peedijuurikate suhkrust 90% on võimalik kääritada etanooliks. Suhkrupeedi pealseid on võimalik kasutada biogaasi tootmiseks. Suhkrupeeti Eesti tingimustes eriti ei kasvatata. Seetõttu ei ole Eesti sordilehel ühtki rajoonitud ja soovitatud sorti. Lätis kasvatatakse sorte ´Anna´, ´Axel´, ´Boston´, ´Sofariso´. Leedus kasvatatakse sorte ´Avia´, ´Bigben´, ´Tivoli´ ja Saksamaal sorte ´Akzent´, ´Alabama´ja ´Beretta´.

Meie tingimustes on suhkrupeedi kasvatamine liiga kulukas. Küllaltki palju energiat kulub juurikate ja pealsete transpordiks. Euroopa tingimustes on suhkrupeedist alkoholi tootmine tunduvalt kallim kui troopika tingimustes. Suhkrupeedist võib aastas toota 240 GJ/ha energiat, millest 45% ehk 108 GJ/ha on võimalik muuta etanooliks. Lääne-Euroopas on etanooli saagikus 5000–5750 l/ha. Kohaliku suhkrupeedi energeetiline potentsiaal etanooli tootmisel on keskmiselt 58 t/ha juurikaid, etanooli saagis 93 l/t ja saagikus 5400 l/ha ning energeetiline potentsiaal 115,0 GJ/ha. Etanoolitootmise kõrvalprodukti- peedipulpi on võimalik anaeroobse fermetatsiooni mõjul muuta metaaniks 8 päevaga. Biogaasi koostises on metaani 55-75%. Ühe kg kuivaine kohta võib eralduda 230-400 liitrit biogaasi.

Raps (*Brassica napus*) ja rüps (*Brassica rapa oleifera*)

Raps ja rüps on levinuimad õlikultuurid üle kogu maailma. Rapsi ja rüpsi kasvupind Eestis on tõusnud 2007. aastaks 72500 hektarini. Eestis võiks külvisena soovitada sordilehel olevaid sorte - suvirapsi **´Hunter´,** suvirüpsi **´Ohto´**, talirapse **´Kronos´**ja **´Banjo** ja talirüpse **´Largo´**ja **´Prisma´**. Ameerikas ja Kanadas kasvatatakse üsna laialdaselt geneetiliselt muundatud sorte. Need on umbrohutõrjele ja kahjuritele resistentsed rapsi sordid**.** Euroopa Liidus - Prantsusmaal ja Kreekas on keelatud GM sordid: Bayer'i õliraps Topas 19/2 ja MS1xRf1. Põhjuseks on geneetiline saastumine ja herbitsiiditolerantsuse levik. GM sordid on keelatud ka Eestis. Nii rapsi kui rüpsi (suvi- ja talivormide) potentsiaalne saagivõime on meil saadavast tegelikust saagist ligikaudu kaks korda suurem. Diislikütuse tootmisel rapsiseemnest, õnnestub Eesti oludes, kõiki energeetilisi kulutusi arvesse võttes, saada vaid 1,3- 1,6 korda rohkem energiat, kui esialgselt kulutati.

Õlituder (*Camelina sativa*)

Heade energeetiliste omaduste tõttu sobib tudraõli biodiisli valmistamiseks. Õlitootmise kõrvalprodukti õlikooki võib samuti kasutada põletamiseks. Glütserooli võib kasutada puitbriketi sidumiseks. Tudra peenestatud ja kuivanud varred on kasutatavad mootori- ja katlakütusena. Põhku võib ka mulda sisse künda või toota sellest biogaasi. Külvisena sobib sort **´Ligena´.** Saksamaal kasvatatakse sorti ´Leindotter´. Õlituder paelub tähelepanu energiakultuurina paljudes maades - Austrias, Belgias, Taanis, Soomes, Prantsusmaal ja Itaalias. Ka Eesti tingimustes võiks õlitudra kasvatamist täiendavalt uurida.

Lina (*Linum usitatissimum*)

Energiakultuuriks sobib **õlilina.** Linaõli kasutamist energeetilise kütusena ei ole siiani uuritud. Õlilina energeetiline potentsiaal on Linavarred, mis jäävad järele seemnete eraldamisel sobivad põletamiseks (1 ha saadav energia kogus 29,2...38,8 MWh). Õlilina sordid 'Lirina', 'Taurus', 'Flanders'.
Kanep, praegu kasvatatkse Eestis kiukanepi sorte 'Benico', perspektiivsed on 'Felina', 'Futura' ja 'Fedora', mida kasvatatkse edukalt Rootsis. (1 ha saadav energia kogus 28,2...50 MWh). Kanep võiks sobida kasvatamiseks biogaasina, praegu viljeletetakse Eestis kiukanepi sorte Benico, perspektiivsed on sordid Felina,Futura ja Fedora, mida kasvatatkse edukalt Rootsis. (1 ha saadav energia kogus 18,9…31,8 MWh)

Mais (*Zea mays*)
Maisi sordid, mis on praegu Eesti sordilehel ('Crescendo', 'Furioso', TK 160) on mõeldud kasvatamiseks loomasöödana siloks. Euroopas aretatakse ja kasvatatakse spetsiaalseid biogaasi tootmiseks sobivamaid sorte, mille suhkrute sisaldus on kogu taimes ühtlane ('Amara', 'Atletico', 'Deco', 'Mikado'). Neid sorte oleks vaja katsetada ka Eesti tingimustes. Biogaasi tootmiseks ei ole aretatud GM maisisorte, (1 ha saadav energia kogus 24...30 MWh).

Teraviljad
Taliteraviljadest sobib energiataimedeks rukis ja tritikale. Biogaasiseisukohalt on oluline suur maapealne fütomass, seega rukki sortidest sobiks 'Vambo' ja 'Sangaste' ning tritikale sortidest 'Modus', 'Tewo', 'Lamberto', 'Vision', 'Woltario'.
Bioetanooli tootmise seisukohalt saagikamad on rukis 'Vambo', talitritikaledest 'Modus', 'Lamberto' ja 'Woltario' (aastate lõikes stabiilsema terasaagiga).

b) *Analüüsima energiakulutuuride viljelemiseks vajaminevat tehnikat ja agrotehnoloogia olemasolu kohta ning täiendavast vajadusest või olemasoleva kohendamisvajadusest potentsiaalset tootmismahtu silmas pidades;*

Heintaimedest biomassi tootmiseks kasutatav tehnika ja agrotehnoloogia kattub 100% sellega, mida kasutatakse rohusöötade tootmiseks. Kõiki selleks vajalikke seadmeid on võimalik Eestist täna osta. Seadmete valik on lai ja see võimaldab leida sobiva masina nii suure- kui väikesemahulise tootmise jaoks.

Tootmistehnoloogias kasutatav tehnika rohtsete energiakultuuride puhul ei erine (v. a. kanepi koristamine) tavaksvatuse tehnoloogiast ja saab kasutada juba olemasolevat tehnikat.

Eestis on **kartulit** kasvatatud pikka aega ja seetõttu on olemas kogemused ja vajalik tehnoloogia. Korraliku agrotehnika kasutamisel võib kartulit ka mitu aastat samal kohal kasvatada, kuid haiguste ja kahjurite leviku tõkestamiseks on soovitav pidada vahet 3-4 aastat.

Suhkrupeedi kasvatamiseks on vaja väga viljakat mulda, sobivad tüseda künnikihiga huumusrikkad liivsavimullad. Ei sobi liivmullad väikese veevaru tõttu ja savimullad kergesti tekkiva mullakooriku tõttu. Juuremädaniku, nematoodide ja teiste kahjustajate leviku tõkestamiseks ei tohi suhkrupeeti kasvatada samal põllul enne 4-5 aastat. Tehnika on analoogne peedikasvatuses kasutatavale.

Suure toitainetevajaduse tõttu kasvavad **raps ja rüps** hästi pärast ristikut ja liblikõielisi. Eelviljadeks sobivad ka rühvelkultuuridele järgnevad teraviljad. Ühiseid haigusi kandvate

kultuuride - herne (valgemädanik), lina (kuivlaiksus), kartuli (tõusmepõletik) ja rapsi vahele soovitatakse jätta külvikorras 2-3 aastat. Suhkrupeedi puhul jäetakse vahele kaks aastat. Raps sobib külvikorras kõige paremini teraviljade vahele, pidurdades mitmesuguste mulla kaudu edasi kantavate haiguste levikut. Rapsi ei ole õige kasvatada kaks aastat järjest, sest ristõieliste kuivlaiksus (*Alternaria brassicae*) kandub mulla kaudu edasi põhiliselt ainult järgmisel aastal. Kasvukoha valikul tuleb silmas pidada mulla kultuurseisundit. Rapsi ei sobi külvata esimese kultuurina vahetult aastaid umbrohtu kasvatanud maale. Endale järgnemise korral peab ajaline vahe olema isegi kuni 5 aastat. Koristatakse kombainiga, mis vajab eelnevat seadistamist rapsi koristuseks. Kasutada tuleb spetsiaalset heedrit.

Õlituder on vähenõudlik ja vastupidav ebasoodsatele kasvutingimustele ning sobib väheviljakatele kergema lõimisega muldadele. Õlituder on hea eelvili teistele kultuuridele. Õlitudra ja teiste ristõieliste kultuuride vahele tuleb külvikorras jätta 5 aastat. Õlitutra võib kasvatada külvikorraväliselt vanade rohumaade kasutuselevõtmisel teisel või kolmandal aastal teravilja järel.. Ökoloogilises tootmises on õlituder andnud rapsist kõrgemaid saake. Tuder kaitseb mulda erosiooni eest. Õlitutra ei kahjusta maakirbud. Suuremat kahju võivad tekitada valgemädanik, vertitsilloos ja nuuter.

Õlilina on võimalik koristada teraviljakombainiga ajal, mil saak on kuiv ja seeme valminud. Linakasvatusega alustamine ei too kaasa muudatusi tavapärases mullaharimises. Maa ettevalmistamine külviks toimub sarnaselt suviteraviljadele.

Kanepikasvatuses toimub maa ettevalmistamine külviks sarnaselt suviteraviljadele. Praegu puudub Eestis korralik kanepi koristamistehnika. Õlikanepit püütakse koristada teraviljakombainiga. Kiukanepi koristamiseks kasutatakse näiteks Hollandis spetsiaalseid kombaine, aga Eestis need puuduvad.

Mais koristatakse liikurhekseldiga mis on varustatud maisiheedriga. Mullaharimiseks sobib sama tehnika, mida kasutatakse teraviljakasvatuses. Läga kasutamisel vajalik läga laotamise ja muldaviimise masind. Vajalik on kasutada täppiskülvikut.

Taliviljade tootmisel bioenergiak kasutatakse tavatootmises levinud ja olemasolevat tehnikat. Agrotehnoloogilisest seisukohast suuremat maapealset fütomassi saab taliteravilja väetades N-ga kultuuride võrsumisfaasis (varakevadel aprillis-mais), sobiv N kogus 60-80 kg N ha^{-1}, suurem N kogus ei ole majanduslikult õigustatud. Suhteliselt haiguskindlate ja konkurentsikindlate kultuuridena (hea võrsumisvõime) võib loobuda nii ubrohutõrjest kui ka haiguste tõrjest.

c) *Analüüsima ja kirjeldama eri energiakultuuride viljelemise mõju mulla viljakusomadustele;*

Heintaimede kasvatamine suurendab mullaviljakust. Heintaimed jätavad mulda orgaanilist ainet (peamiselt taimejuured) enam, kui seda mullas lagundub nende kasvatamisel.

Lina on kultuur, mis ei talu enese järgnevust külvikorras. Soovitav on pidada vahet vähemalt 5…6 aastat, enne kui külvata lina samale põllule. Lina ei soovitata kasvatada liiv- ja savimullal. Parimaks eelviljaks linale on talirukis, heaks kasvukohaks on linale ka vana sööt või ümberküntud rohumaa.

Kanepikasvatuses ei ole vaja kasutada keemilisi taimekaitsevahendeid, sest haigusi ja kahjureid esineb harva ja umbrohtude suhtes hea allasurumisvõimega. Pärast kanepit on põld väga umbrohupuhas. Sobib eelviljaks enamikele põllumajanduskultuuridele, eriti linale. Võib kasvatada ühel kohal mitu aastat järjest. Kasutatakse ka haljasväetiskultuurina.

Maisi võib kasvatada ühel põllul mitu aastat järjest. Kindlasti tuleb jälgida mineraalainete ja toitainete muutumist mullas. Ei tohi muutuda monokultuuriks.

Lupiinid.
Kõiki lupiine iseloomustab sügavale mulda tungiv tugevasti arenenud juurestik ning vähenõudlikkus mullastiku ja väetamise suhtes. Et lupiinid on võimelised saama toitaineid kätte ka mulla sügavamatest osadest ja raskesti lahustuvaist ühenditest ning on ühtlasi ka head lämmastikusidujad, siis viib nende pikaajaline kasvatamine mullaviljakuse paranemiseni:

a) mulla huumuskiht rikastub juurestiku vahendusel sügavamatest mullaosadest toodud taimetoitainetega (P, K, mikroelemendid) ja lisandub ka huumust
b) lagunevate juurejäänuste ja sisseküntud maapealse massi toimel paranevad mulla füüsikalised ja bioloogilised omadused (ka mulla sügavamates osades)

Maapirn.
Maapirn võib kasvada ühel kasvukohal kuni 10 aastat, mille vältel eemaldatakse saagiga põllult igal aastal suur kogus toitaineid, samas kui mulda tagastatakse juure ja taimejäänuste näol orgaanilist materjali aga vähe. Ka sage vaheltharimine põhjustab orgaanilise aine liigset mineraliseerumist. Need kõik loovad maapirni kasvatamisel eeldused mullaviljakuse vähenemiseks. Kasvatustehnoloogia valikul tuleb seega lähtuda eelkõige mullast. Liivmuldadel tuleks maapirni kasvatada samal kasvukohal lühikest aega, 1–2 aastat ja kindlasti väetada orgaaniliste väetistega (haljasväetised, sõnnik jm). Külvikorras kasvatada mulla orgaanilist ainet rikastavaid kultuure (heintaimed, lupiinid jm). Mulaviljakuse seisukohast positiivseks võib lugeda maapirni suurt konkurentsivõimet umbrohtudega, mida toetab ka tema kasvatamise agrotehnoloogia ja mis kokkuvõttes vähendab ka mulla umbrohuseemnevaru.

Päevalill.
Et päevalille tugev sammasjuur ulatub sügavale mulda ja kõrvaljuured hargnevad ohtrasti ka horisontaalsuunas, siis mulla orgaanilise aine kadu mullast (arvestades lisaks ka maapealsete taimejäänuste sissekündi) on tema kasvatamisel vähene. Kuid, et päevalill kasutab hästi orgaanilisi väetisi (sõnnikut, haljasväetist), siis nendele väetiste kasutamisele rajatud päevalille kasvatamise agrotehnika järgimine võib suurendada mulla esialgset viljakust.

Teraviljade viljelemisel bioenergia kultuuridena on vajalik iga-aastane väetamine, et tagada mullaviljakuse säilimine.

d) *Andma hinnangu eri energiakultuuride sobivuse ja kasvatamise võimaluste kohta piirkonniti tulenevalt EL ühise põllumajanduspoliitika jõustuvatest ristvastavusnõuetest;*

Eestis tuleks piiratud kasutussobivusega muldadel (kuivad rähksed ja erodeeritud mullad, liigniiskuse all kannatavad mullad, nitraaditundlikud alad) kasvatada energiakultuuridena põhiliselt heintaimi (eeskätt kõrreliste ja liblikõieliste segusid), kuna viimased annavad ebasoodsates kasvutingimustes suurema kuivaine- ja energiasaagi kui nõudlikumad kultuurid

(raps, rüps, teravili, kartul) ning nitraaditundlikel aladel on toiteelementide leostumine heintaimede alt mullast põhjavette tunduvalt väiksem võrreldes tugevasti väetatud põllukultuuridega.

Rukki ja talitritikale kasvatamine Balti riikides energiataimena igati sobiv (rukki kasvatmisel ajaloolised traditsioonid, aretatud on sordid kohaliku kliima jaoks, tritikale peamine puudus – terade peas kasvamaminek niisketes oludes – on välditav varasema koristusega, kui terad ei ole veel täisküpsuses – biomass biogaasiks või biokütuseks).

e) *Analüüsima energiakultuuride kasvatamist piiravaid ja soodustavaid tegureid (sh keskkonnakaitselisi nõudeid);*

Energiakultuuride kasvatamist soodustavaks teguriks on vaba põllumajandusmaa olemasolu, mida Eestis on hetkel kasutusest väljas ligikaudu 300000 ha. Energiakultuuride kasvatamist on seni piiranud nõudluse ühekülgsus või puudumine turul. Rohtsetest energiakultuuridest teatakse peamiselt õlikultuure. Vähem on teada rohtsete energiakultuuride kasutamise kohta kütmiseks ja biogaasi tootmiseks.

Energiakultuuride kasvatamisel on võimalik kasutada väga erinevaid kultuuride segusid. Selles peituvad nii positiivsed kui ka riskantsed võimalused: 1) positiivne on, et segukülvides kasutatakse maksimaalselt ära mullaviljakuse võimalused, suuremad fütomassi saagid; 2) mullaviljakuse vähenemise ärahoidmiseks on vaja välja töötada korralik väetamissüsteem.

f. Analüüsima oodatavaid keskkonnamõjusid, hinnates erinevate energiakultuuride mõju keskkonnale alates tootmisest kuni jäätmete utiliseerimiseni;

Võrreldavatest energiakultuuridest võib eristada keskkonnamõjude seisukohalt 3 gruppi.
Kõige problemaatilisemad on suviraps, suvirüps ja talirüps, mille kasvatamiseks kasutatakse palju mürkkemikaale, millega kaasnevad ka suuremad energeetilised kulud nende kultuuride harimisele. Monokultuuridena on nad haigustundlikud ja meie keskkonnale mitte omased. Ida-kitseherne peamine keskkonnamõju on seotud tema võimega looduses levida, mis võib muutuda siinseks invasiivseks võõrliigiks.
Keskkonnamõju seisukohalt keskmisteks võiks pidada maisi ja õlituderit, mille Eestis kasvatamist tuleks põhjalikumalt uurida.
Keskkonnasuhtes kõige vähem probleeme tekitavateks kultuurideks võib pidada õlilina, tritikale ja rukki segu ning kaera, mis on vanad traditsioonilised kultuurid suhteliselt väikeste keskkonnamõjudega.

g. Andma soovitused energiakultuuride laialdasema viljelemise korraldamiseks Eestis.

Energiakultuuride viljelemine peab põhinema turunõudlusel ja oskusteabel. Enne laialdase viljelemisega alustamist peab olema selge, millised energia saamise viisid (biogaasi tootmine, põletamine jne) ja selle tootmiseks sobivad rohtsed kultuurid omavad Eestis perspektiivi. Esimesed rajatavad tootmisüksused võiksid saada abi riigilt, tingimusel, et need oleksid edaspidi avatud tutvumiseks uutele huvilistele ja vajadusel ka eksperimentaalseks baasiks teadlastele.

Uurimist vajavad küsimused

1. Esmatähtis on hinnata Rootsis ja Soomes väljatöötatud energiaheina tootmistehnoloogia rakendatavust Eesti kliimas. Paralleelselt tuleks uurida kevadisele koristamisele alternatiivseid koristusaegu, et vähendada talvel tekkivat saagikadu ja päideroo kõrval ka teiste (kerahein, ohtetu luste, roog-aruhein, ida-kitsehernes) sama produktiivsete heintaimede sobivust energiaheina tootmiseks.

Heintaimedest biogaasi tootmise jaoks on vaja selgitada välja indikaatorid, mille alusel hinnata heintaimede optimaalset niiteaega. Biogaasi väljatulek biomassist on tihedasti seotud heintaimede arengufaasiga ning see väheneb taimiku vananedes. Uurimist vajab ka see, kas biogaasi väljatuleks on suurem värskest või sileeritud rohust.

Kõiki loetletud küsimusi on võimalik uurida ühe katse baasil, mistõttu on majanduslikult otstarbeks viia see uurimistöö läbi komplekselt. Uurimistöö orienteeruv maksumus on 300 000 kr/aastas, vajalik kestus 3…5 aastat.

2. Lahendamist vajab bioenergia tootmisel tekkivate jäätmete probleem. Orienteeruvalt moodustab põletusjääk heintaimede 3…8 % kuivainest 3…8 % ja biogaasi kääritusjäätmed üle 80 % esialgsest massist. Üks võimalusi oleks kasutada neid põllukultuuride ja rohumaade väetamiseks. Seni Eestis puuduvad uurimistööd nende väetusomaduste ja keskkonna mõju kohta. Selle kohta on vähe andmeid ka välismaal. (Uurimistöö orienteeruv maksumus 700000 kr/aastas ja kestus 5 aastat).

3. Vajalik oleks uurida, kas kanepist on võimalik ja otstarbekas toota biogaasi. Siiani on uurijate arvamused olnud erinevad. Kanepi kasvatamisel tahkekütuseks on vajalik kontrollida katsetega kevadise koristustehnoloogia sobivust siinsesse kliimasse.
Võrrelda biogaasi tootmiseks aretatud maisisortide sobivust Eestisse ja täpsustada nende kasvatamise agrotehnika. Biogaasi tootmiseks parima koristusaja kindlakstegemine. Agrotehnika täpsustamine (2008). 2009 Kanepi ja maisi sobivusel biogaasiks vajalik koristusaja kindlakstegemine. 2009 Teavitamine (trükised), koolitamine (500000 kr/aastas ja kestus kuni kolm aastat).

4. Teraviljade osas vajaks uurimist: 1) sobiva koristusaja väljaselgitamine (et saada suurim maapealne fütomass, samas ka kvaliteetne terasaak – koristusaja hilinemisel on oht, et teraviljade terad võivad peas kasvama minna);
2) sobivad segukülvid – kas teraviljade kasvatamisel tervikoristuseks on võimalik kasvatada koos ka tali- ja suvivilju (300 000 kr/aastas ja kestus kuni kolm aastat).

Summary

The aims of the project

a) To give a comparative overview of the species and cultivars of energy crops suitable and recommended for Estonia (including genetically modified) which meet the aims of usage;
b) To analyze the necessary technology and existing agrotechnology for growing energycrops. To analyze the additional needs and the necessity for adapting the existing technology bearing in mind the potential production volume;
c) To analyze and describe the influence of growing energy crops on the fertility of soil;

d) To assess the suitability of energy cultures and the possibilities of growing them in different regions in conformity with cross-compliance of the EU Common Agricultural Policy;
e) To analyze the factors limiting and promoting the growth of energy crops (including the environmental requirements),
f) To analyze the expected environmental impact, assessing the influence of different energy crops on the environment starting from production and finishing with the utilization of wastes;
g) To make recommendations for a large-scale cultivation of energy crops in Estonia.

Energy hay production.

In Estonian conditions the energy hay production can be problematic. The situation becomes complicated because the hay can be harvested in spring during a very short period of time- from thawing of the snow until the starting of grass growth. In Finland the suitable harvesting period is 10…15 days. In Estonia, the country to the south of Finland, the suitable harvesting time may be even shorter. In the recent years winters of Estonia have been most unstable, very often finishing with rains which makes the surface of the earth too soft to carry harvesting machines and the content of humidity of the harvested material is high. The high loss of the harvest is a drawback in producing energy hay. Only 40…50% of the grown biological material can be harvested in spring.

In Finland energy hay is not used as a fuel alone but it is mixed with other biofuels like peat and the wastes of wood processing. From the obtained energy the proportion of reed canary grass (*Phalaris arundinacea L.*) constitutes about 15%.

Proceeding from the above given reasons, it is necessary to test the suitability of this technology in Estonian climate before large- scale energy hay production is launched in Estonia.

On the basis of the already collected information, reed canary grass is suitable for energy hay production at present in Estonia. Cocksfoot (*Dactylis glomerata*) is giving a similar yield with reed canary grass, or even exceeding it, smooth brome- grass(*Bromus inermis*) and tall fescue (*Festuca arundinacea)* have a weaker stalk and this is why the lodging of the harvest in winter to the extent that it cannot be cut in spring may be prognosed. Cocksfoot and tall fescue also need for preserving competitiveness in herbage stand 2…3 mowings during the vegetation period which is not possible in the production technology of energy hay.

In Estonian conditions also goat's rue or fodder galega *(Galega orientalis*) might be suitable for using as energy hay because its stalk, in comparison with reed canary grass, is thicker and this is why winter yield losses should be smaller. Also mixed sowing of reed canary grass and goat's rue might be prospective. Before giving recommendations for growing them it is necessary to check with tests their suitability for producing energy hay.

One of the observation tasks of the experiment for energy cropsis to monitor these species at the Rõhu Experimental Station of the Estonian University of Life Sciences.

Production of biogas from herbage plants

The geographical location of Estonia and the respective weather conditions, like more or less sufficient precipitation during the growth period, the moderate temperature, are favourable for growing namely perennial herbage plants. This is why herbage species, may serve as one of the prospective materials for producing biogas in Estonian conditions.

Biogas production does not limit the choice of species. Although there are differences in outputof biogas from different species, these differences are quite small and may not be considered in making the mixture of seeds. For producing biogas, both single and mixed

herbage species can be used for sowing. The mixtures should be preferred because their yield is more stable.

When choosing the species for sowing, it should be firstly established whether the soil and the humidity regime of the growing area suits them.

Secondly, the productivity of these species and their durability in the plant community should be considered. Such species are reed canary grass, tall fescue, cocksfoot, smooth bromegrass and goat's rue. tTese species are the most suitable sources for getting the necessary biomass to produce biogas in Estonian conditions. The timothy (*Phleum pratense*) has also a rich yield but its drawback is its short duration in the in the grass sward and this is why it is suitable for growing as an energy crop only in the fields which are recommended for short-term growing of energy cultures.

When growing biomass on large areas, a grass harvesting conveyer should be formed with the species of the different speed of development. When calculating the area of sowing, we should proceed from the time of harvesting of a single species field which must not be longer than five days. The amount of biogas received from biomass digestion is closely connected with the phase of development of the herbage plants and it decreases when the herbage ages and this is why late mowing decreases the productivity of biogas. The list of recommended species in the order of the speed of development in spring, starting from the quickest one, is the following: cocksfoot grass, reed canary grass, smooth bromegrass, tall fescue, timothy. In making the conveyer we should bear in mind that the speed of development of reed canary grass, brome grass and tall fescue is rather similar and this is why the difference in the optimal harvesting time is only a couple of times.

Field Crops Production of bioenergy from field crops

Corn (*Zea mays* L. ssp.) is the most widely spread culture for producing biogas in Europe. From corn a big amount of biomass is received per hectar and it is ensilaged well. Most evidently corn is one of the best cultures of biogas for us.

Potato (*Solanum tuberosum*) as a culture rich in starch can be used both for producing bioethanol and biogas. In Estonian conditions the area of growing potatoes is decreasing each year and in 2007 it was only 10,200 ha. This is why to grow potatoes for producing ethanol is not reasonable. Potato growing is connected with a rather big use of energy and because of that energy output is modest 0.8 – 1.6. When it is decided to produce bioethanol from potatoes the high yield and rich in starch cultivars, or specially bred industrial GMO cultivars, must be selected for growing in local conditions. In Estonia, there is no starch production resulting in big amounts of wastes. Growing potatoes as an energy culture, all the agrotechnological methods should be applied- correct soil tilling, fertilization with both organic and mineral fertilizers, early planting, timely plant protection, even watering. When using all these requirements, it is possible to receive big yields of tubers rich in starch.

Sugar beet (*Beta vulgaris saccharifera*) is an important energy culture both globally and in the whole of Europe. In Estonian conditions growing sugar beet is minimal, connected with a big energy and human labour need. This is why the Estonian list of cultivars does not contain a single cultivar. For growing sugar beet as an energy culture, such cultivars which are grown by our close neighbours Latvia and Lithuania should be recommended. Annually sugar beet gives 240 GJ/ha of energy, out of which 45% or 108 GJ/ha can be made into ethanol. The energy potential of the local sugar beet in producing ethanol is on average 58 t/ha of beets, the yield of ethanol 93 l/t and 5400 l/ha and the amount of energy 115.0 GJ/ha. Up to 90% sugars of the beet can fermented into ethanol. From the tops of the beet and the

side product of ethanol production it is possible to produce valuable biogas. One kilogramme of dry matter may give 230-400 l of biogas. In energy beet N, Na and K are important influencing sugar extraction.

Rape (*Brassica napus*) and biennial turnip rape (*Brassica rapa oleifera*) are also the major field crops in Estonia which can be used for producing high quality biodiesel fuel. From the point of view of energy management, the production of biodiesel fuel from rape seeds is useful. When taking into consideration all the energy costs connected with production, it is possible to produce 1.3-1.6 times more energy from a hectare. The production can be used both as food and a source of energy. By 2007, the area of growing rape and biennial turnip rape is already 72,500 hectares. Later there may be problems with the fields of growing because rape may be grown on the same field only after five years. Problems may also appear with growing rape because the consumption of fertilizers and herbicides is big and the spreading of plant diseases and pests is also a problem. Winter biennial turnip rape is a better culture not needing big costs for plant protection.

As in Estonia people have grown flax, an alternative crop for producing oil can be oil flax (*Linum usitatissimum* L.) and a not widely spread oil hemp (*Cannabis sativa*). The calorife value of flax oil is as high as the rape's one. The energy potential of flax oil is 15 GJ/ha. Its growing does not demand plant protection costs and the consumption of fertilizers is lower than in the case of rape. The field experiments of hemp at Mooste experimental staition show that in our weather conditions it is possible to get a considerable yield of the biomass of fibre hemp up to 11 t/ha. In growing hemp it is not necessary to use chemical means of plant protection because the diseases and pests occur seldom and hempcan easily suppress weeds. The soil preparation for sowing is similar to summer grain crops.

Hemp is suitable as a prior crop for most of the agricultural cultures, especially to flax. It can be grown on the same area for several years in succession. In Estonia hemp harvesting may fail in early spring. It is necessary to study whether it is possible and reasonable to produce biogas from hemp. Until recently the options of researchers have been different.

The impact of bioenergy production on the environment

From the point of view of the environmental impact, the comparable energy crops can be divided into three groups. The most problematic are summer rape, summer and winter biennial turnip rape for growing of which many poisonous chemicals (plant protection chemicals) are used accompanied with bigger energy costs for cultivating these cultures. As monocultures, they are disease sensitive and not characteristic of our environment. Among unfavourable cultures there might be also coats rue(galega) which is characterized from the point of the environmental impact by its ability to spread in nature, thus becoming an invasive alien species in Estonia.

From the point of view of the environmental impact corn and false flax or gold-of-pleasure (*Camelina sativa*) are of average value and their growing in Estonia should be studied more profoundly.

The cultures causing the least number of problems to the environment are oil flax, the mixture of Triticale and rye also the oats which are old traditional cultures with a relatively low impact on the environment.

Conclusions

For producing biogas, the most suitable field crops in Estonia are corn, also the green mass of all lupins, sunflower and Jerusalem artichoke.

For producing bioethanol, the most suitable cultures are grain (rye, Triticale) potato, sugar beet, and also tubers of Jerusalem artichoke and the green mass of large leaved lupine.
For producing biodiesel fuel rape, biennial turnip rape, gold-of-pleasure, oil flax, the oil pressed from sunflower seeds and to a lesser extent the oil from the seeds of annual lupins are suitable.
For biofuel (similar to energy hay) the above ground phytomass of lupins, Jerusalem artichoke and sun flower, the stems of oil flax, the straw of grain are suitable.

Kasutatud kirjandus.

Act on granting priority to renewable energy sources (Renewable Energy Sources Act) 1 April 2000. Federal Ministry for the envronment, Nature

Adamovich, A. 2000. Productive longevity of fodder galega-grass sward/Grassland Farming. Balancing environmental and economic demends. Grassland Science in Europe. Denmark, p. 100…103.

Adamovich, A., Drikis, J., Auzins. V. 2001. Fodder galega-grass swards for forage production in organic arable-livestock systems. Proceedings of the conference on Sustainable agriculture in Baltic States. Tartu, p. 10-17.

Adojaan, A. 1961. Rohumaaviljelus Eestis. Tallinn,. 591 lk.

Adojaan, A. 1980 Rohukamaratüüpide viljelemise iseärasused Eesti NSV-s. – EMMTUI teaduslike tööde kogumik XLVII. Tallinn, lk. 119…124.

Aiken, G.E., Springer, T.L. 1995. Seed size distribution, germination, and emergence of 6 switchgrass cultivars. J. Range Manage. 48:455-458.

Anderson, B., Matches, A.G. 1983. Forage yield, quality and persistence of switchgrass and Caucasian bluestem. Agron. J. 75:119-124.

Annuk. K. 1979. Päideroo niitmise sagedusest. kõrgusest ja kolmeniitelise kasutuse niidetevahelise perioodi pikkusest. Teaduse saavutusi ja eesrindlikke kogemusi põllumajanduses. Nr 27. lk 44…48

Annuk, K. 1992. Poldrirohumaade rajamine ja kasutamine turvasmuldadel. Tallinn, – 199 lk. (vene k.).

Annuk, K. 1993. Niitelise kasutusega kõrrelistest koosnevate heintaimikute koristusajast. – Agraarteadus, nr. 4, lk. 342…360.

Annuk, K. 2006. Kultuurniidud. – Eritüübiliste rohumaade rajamine ja kasutamine. Tartu, , lk. 406…437.

Annuk, K. Aavola, R. 2006. Liikide agronoomiline iseloomustus ja sordid. A. Bender, V. Rehemaa (Toim.). Eritüübiliste rohumaade rajamine ja kasutamine . Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus, lk 78 - 100

Annuk, K. Laugus, A. 1980. Rohumaade viljelemise ja kasutamise soovitusi söödatootmise projektide rakendamisel. Tln. 65 lk.

Conservation and Nuclear Safety. Available at http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/eeg_brochure_engl.pdf

Bailey, J.P. 1990. Breeding Behaviour and Seed production in Alien Giant Knotweed in the British Isles. In: The biology and control of invasive plants. Conference organized by the Industrial Ecology group of the British Ecological Society at the University of Wales College of Cardiff. September 20-21, 1990.

Baxter, D. 2006. Energy crops and biogas: pathways to success. – Summary of Topic 2 „Biomass processing concepts, Storage, Pre- and Post-Treatment Technologies and Impacts. In: C:\Documents and Settings\Sonia Heaven\My Documents\Sh\Res\ResProjs?CropGen?WebsiteDocs?4 Joint CROPGEN-IEAworkshop\CIEA_16_Topic2_Summary_Baxter.doc.

Beaty, E.R., Powell. J.D. 1976. Response of switchgrass (Pan*icum virgatum* L.) to clipping frequency. J. Range Manage. 29:132-135.
Bender,A. 1989.Uued Jõgeval aretatud heintaimede sordid. Teaduse saavutusi ja eesrindlikke kogemusi põllumajanduses. Nr 1. lk 3…6.
Berg, W.A. 1995. Response of a mixed native warm-season grass planting to nitrogen fertilization. J. Range Manage. 48:64-67.
Björnsson, A. 2007. Potentials and plans for bioenergy in Iceland. NJF Seminar 405, 25–26 ept, Vilnius, Lithuania.
Boe, A. and J.G. Ross. 1998. Registration of 'Sunburst' switchgrass. Crop Sci. 38: 540.
Burns, J.C., K.R. Pond, D.S. Fisher, and J.M. Luginbuhl. 1997. Changes in forage quality, ingestive mastication, and digesta kinetics resulting from switchgrass maturity. J. Anim. Sci. 75:1368-1379.
Brejda, J.J., J.R. Brown, G.W. Wyman, and W.K. Schumacher. 1994. Management of switchgrass for forage and seed production. J. Range Manage. 47:22-27.
Brown, L. 1979. Grasses: An identification guide. Houghton Mifflin Company. New York, NY.
Burvall, J. 1997. Influence of harvest time and soil type on fuel quality in reed canary grass (*Phalaris arundinacea* L.). Biomass Bioenergy 12:149–154
Bumgarner, M. A. 1997. The New Book of Whole Grains. New York, First St. Martin's Griffin.
Clifton-Brown, J.C., I. Lewandowski, B. Andersson, G. Basch, D.G. Christian, J. Bonderup-Kjeldsen, U. Jørgensen, V. Mortensen, A.B. Riche, K.U. Schwarz, K. Tayebi, and F. 2001 *M.* x *giganteus* and *M. sacchariflorus* did not survive the first winter in Denmark and Sweden
Duke, J. A. 1978. The quest for tolerant germplasm. – In: ASA Special Symposium 32. Crop tolerance to suboptimal land conditions. AM. Soc. Agron. Madison, WI, pp. 1-61.
Duke, J.A., Atchley, A.A. 1984. Proximate analysis. In: Christie, B.R. (ed.), The handbook of plant science in agriculture. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL.
Eilart. S. Reidolf. V.1987. Kõrreliste intensiivniitude saagikus ja kestus sõltuvalt lämmastikuga väetamisest ja niitesagedusest. Soovitused rohumaaviljeluse intensiivistamiseks Lõuna-Eestis. 1987. lk 9…11.
Fairey, N. A., Lefkovitch, L. P., Coulman, B. E., Fairey, D. T., Kunelius, T., McKenzie, D. B., Michaud, R., Thomas, W. G. 2000.Cross-Canada comparison of the productivity of fodder galega *(Galega orientalis* Lam.) with traditional herbage legumes. Can. J. Plant Sci., No 80, p. 793…800.
Fodder galega. 2001. (compiled by H. Raig, H. Nõmmsalu, H. Meripõld, J. Metlitskaja; edited by H. Nõmmsalu). Saku, – 141 p.
Frölich A, Rice Rice B , 2005.Evaluation of *Camelina Sativa* oil as afeedstock for biodiesel production. Industrial Crops production 21, 25 – 31
Gay, C.W., Dwyer. D.D. 1978. Effects of one year's nitrogen fertilization on native vegetation under clipping and burning. J. Range Manage. 31:273-277.
George, J.R., Blanchet, K.M., Gettle, R.M., Buxton, D.R., Moore. K.J. 1995. Yield and botanical composition of legume-interseeded vs. nitrogen-fertilized switchgrass. Agron. J. 87:1147-1153.
George, J.R., Obermann, D.J., Wolf. D.D. 1989. Seasonal trends for nonstructural carbohydrates in stem bases of defoliated switchgrass. Crop Sci. 29:1282-1287.
Gettle, R.M., George, J.R., Blanchet, K.M., Buxton, D.R., Moore. K.J. 1996. Frost-seeded legumes into established switchgrass: Forage yield and botanical composition of stratified canopy. Agron. J. 88:555-560.

Gill, J. 2006. Grass biomass. – Farm Energy Handbook. Grass Energy Collaborative. www.jockgill.com (8.11.07).
Gillen, R.L., Mccollum G.F.T. III, Tate, K.W., Hodges, M.E. 1998. Tallgrass prairie response to grazing system and stocking rate. J. Range Manage. 51:139-146.
Cuomo, G.J., Anderson, B.E., Young, L.J., Wilhelm. W.W. 1996. Harvest frequency and burning effects on mono-cultures of 3 warm-season grasses. J. Range Manage. 49:157-162.
Cuomo, G.J., B.E. Anderson, and L.J. Young. 1998. Harvest frequency and burning effects on vigor of native grasses. J. Range Manage. 51:32-36.
Cuomo, G.J., Anderson. B.E. 1996. Nitrogen fertilization and burning effects on rumen protein degradation and nutritive value of native grasses. Agron. J. 88:439-442.
Haas, Elson M., M.D. 1992. Staying Healthy With Nutrition. Berkley, California; Celestial Arts.
Haferkamp, M.R., Copeland, T.D. 1984. Shoot growth and development of Alamo switchgrass as influenced by mowing and fertilization. J. Range Manage. 37:406-412.
Hartnett, D.C., Hickman, K.R., Fischer Walter, L.E. 1996. Effects of bison grazing, fire, and topography on floristic diversity in tallgrass prairie. J. Range Manage. 49:413-420.
Hintz, R.L., Harmoney, K.R., Moore, K.J., George, J.R., Brummer, E.C. 1998. Establishment of switchgrass and big bluestem in corn with Atrazine. Agron. J. 90:591-596.
Hovi, M. 1995. Mitmeaastased rohttaimed energeetilise toormena Eesti Vabariigis. Magistriväitekiri. Tartu, 66lk.
Hovi, M. 2006. Energiahein kui soojusenergia tootmise potentsiaalne tooraine. A. Bender, V. Rehemaa (Toim.). Eritüübiliste rohumaade rajamine ja kasutamine lk 655 - 660. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus
Hultquist, S.J., Vogel, K.P., Lee, D.J., Arumuganathan, K. Kaeppler, S. 1997. DNA content and chloroplast DNA polymorphisms among switchgrasses from remnant midwestern prairies. Crop Sci. 37:595-598.
Huxley. A. *1992. The New RHS Dictionary of Gardening.* MacMillan Press 1992 ISBN 0-333-47494-5
Ida-kitseherne kasvatamine ja kasutamine. 2006. (koostaja H. Meripõld) Saku,. – 190 lk.
Ilumäe E., Hansson A., Kaarli K. Rapsi kasvatamine. EMVI infoleht 119/2004
Iwabuchi, K., Otsuka, H., Gau, M., Horikava, Y., Fujii, H., Makino, T., Iuchi, H., Nakamura, K., Tagawa, M. 2004. Adaptability of leguminosae galega *(Galega orientalis* Lam.) in Hokkaido. Grassland Science, 50, p. 285…293.
Jõgeva SAI sortide iseloomustused.2007. Rmt: Eestis kasvatatavate põllukultuuride sordid, nende omadused ja kasvatamise iseärasused. Jõgeva, – 126 lk.
Judd, B. 2003. Feasibility of Producing Diesel Fuels From Biomass in New Zealand, 46 p.
Johansson,T., Kelly, H., Reddy, A. and R. Williams R.(Eds.). 1993. Renewable fuels and electricity for a growing world economy: defining and acheiving the potential. In: Renewable Energy: Sources for Fuels and Electricity Island Press, Washington, DC, pp. 1-71
Jørgensen, U. 1997. Genotypic variation in dry matter accumulation and content of N, K and Cl in Miscanthus in Denmark. Biomass and Bioenergy, 12, 155-169.
Kaarli, K. 2004. Õlikultuuride kasvataja käsiraamat. Eesti Maaviljeluse Instituut, Saku. Greif, Tartu, 132. lk.
Kallaste, T. 2002.. Prügilagaasist toodetakse nüüd ka elektrit. – Keskkonnatehnika, nr. 4
Karpenstein-Manchan and Scheffer, 1998, Canada triticale symposion, oral presentation.

Lund, CADDET Danish National Team
Kask, M., Vaga, A. (toim.) 1966. Eesti taimede määraja. Valgus, Tallinn, 1187 lk
Katterer T. Andren O. Pettersson R. Growth and nitrogen dynamics of reed canarygrass (*Phalaris arundinacea* L.) subjected to daily fertilization and irrigation in the field. Field Crops Research, (1998), 55(1): 153-164
Koitjärv, M. 1980. Kultuurniitude intensiivne kasutamine. -Teaduse saavutusi ja eesrindlikke kogemusi põllumajanduses. Nr 33. lk 24…30.
Koitjärv, M. 1984. Rohkem tähelepanu madalsookultuurniitude õigele rajamisele ja kasutamisele. – Teaduse saavutusi ja eesrindlikke kogemusi põllumajanduses, nr. 14, lk. 3…7.
Koitjärv, M. 1988. Madalsoo-kõrrelisteniidud kui tähtis lüli proteiinirikaste söötade tootmisel -Teaduse saavutusi ja eesrindlikke kogemusi põllumajanduses, nr. 33, lk. 8…14.
Koitjärv, M. 1988. Koristusaegade mõjust madalsooniitude produktiivsusele. - Teaduse saavutusi ja eesrindlikke kogemusi põllumajanduses, nr. 33,lk. 15…20.
Koshi, T., Stubbendieck, J., Eck, H.V., McCully, W.G. 1982. J. Range. Manage. 35:623-628.
Krass, E. 1999. Kiulina saagikuse sõltuvus erinevatest N normidest ja erinevatest kasvutihedustest. Teadustööde kogumik nr 2003. Agronoomia.lk 49-53.
Kryževiciene, A. 2006. Herbaceous plants as a renewable source of bioenergy. – Ecologija, nr. 2, p. 66-71.
Köttner, M. 2001. Biogas in agriculture and industry: potentials, present use and perspectives. - - Renewable Energy World, issus 7/8, . James and James Science Publishers Ltd, London.
Kuusk, V., Talts, S., Viljasoo, L. 1979. Eesti NSV floora, XI kd. Valgus, Tallinn, 567 lk.
Laakso, I., Virkajärvi, P., Airaksinen, H., Varis, E. 1990. Determination of vasicine and related alkaloids by gas chromatography-mass spectrometry. Journal of Chromatography, No 505, p. 424…428.
Landström, S., Lomakka, L., Andersson, S. 1996. Harvest in spring improves yield and quality of reed canary grass as a bioenergy crop. Biomass Bioenergy vol.11,p.333–341
Lauk, T. 1990. Söödajuurviljaliikide võrdlus. Tartu. Diplomitöö, 60 lk.
Leitfaden Bioenergie, 2007. Planung, Betreib und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen. 353.p
Leinonen, A., Lindh, T.,Paappanen, T., Kallio, E., Flyktman, M., Hakkarainen, J., Käyhkö, V., Peronius, P., Puuronen, M., Mikkonen, T. 1999. Cultivation and production of reed canary grass for mixed fuel as a method for reclamation of a peat production area. International Symposium - Peatland Restoration and Reclamation. Duluth, MN, US, 14 - 18 Jul. 1999. University of Minnesota. Duluth , p.120 - 124
Leinonen, A., Isolahti, M., Lindh, T., Lötjönen, T., Kärki, J., Kirkkari, A.-M. 2007. Ruokohelven polttoaineketjun kehittäminen liiketoimintamahdollisuuksien parantamiseksi. Teknologiakatsaus):211/2007, p. 24-29
Lewandowski, J. Clifton-Brown, C., Andersson, B., Basch, G., Christian, D. G., Jørgensen, U., Jones, M. B., Riche, A. B., Schwarz, K. U., Tayebi, K., Teixeira, F. 2003. Environment and Harvest Time Affects the Combustion Qualities of *Miscanthus* Genotypes. Agron. J. 95:1274-1280
Lewandowski, I.; Kicherer, A. 1997. Combustion quality of biomass: practical relevance and experiments to modify the biomass quality of Miscanthus x giganteus. European Journal of Agronomy, 6, 1997, pp. 163-177
Lewandowski I., Scurlock J.M.O.; Lindvall E.; Christou M. 2003.The development

and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe Biomass and Bioenergy, Volume 25, Number 4, 2003, p. 335-361
Lillak, R. 1989. Mõnede pealisheinte püsivus taimikus olenevalt kasutusrežiimist. Teaduse saavutusi ja eesrindlikke kogemusi põllumajanduses. Nr 1, lk 10…16.
Lillak, R. 1989. Ohtetu püsikluste kasvatamine intensiivtingimustes. – Teaduse saavutusi ja eeesrindlikke kogemusi, nr. 11, 1989, lk. 23…33.
Lillak, R. 1993. Roog-aruheina rohumaa botaanilise koosseisu, fütomassi ja saagi kvaliteedi kujunemine olenevalt niiterežiimist ja vihmutamisest. Magistriväitekiri. Tartu, 1993,-97lk.
Lillak, R., Meripõld, H., Viil, P., Võsa, T., Laidna, T., Kodis, I. 2007. Agronoomia 2007 Ida-kitsehernes (*Galega Orientalis Lam.*) potentsiaal energiakultuurina. lk 75…78.
Lillak, R., Selge, A. 1990. Roog-aruheina kasvatamine niidul ja karjamaal. Teaduse saavutusi ja eesrindlikke kogemusi põllumajanduses. Nr 10, lk 38…41.
Lillak, R., Reidolf, V. 1985 Лиллак, Р., Рейдольф, В. Урожайность злаковых трав и эффективность азотного удобрения в зависимости от типа травостоя и метеорологических условий. Роль и перспективы биологического и минерального азота в интенсивном луговодстве. Тезисы докладов научного совещания. Тарту, ст. 57-60.
Lindström, K. 1989. *Rhizobium galegae*, a new species of legume root nodule bacteria. Int. J. Syst. Bacteriol., No 39, p. 365…367.
Loid, H. 1974. The influence of different rates of mineral fertilizers on the yield of herbage, its quality and the content of soil nutrients. – Transactions of Estonian Agriculture Academy No 95. Tartu, 1974, pp. 75…88.
Loide V. 2006. Kas rapsi tasub väetada? Maamajandus 2:15-17.
Looman, J. 1983. 111 range and forage plants of the Canadian prairies. Agriculture Canada. Ottawa, ON.
Looman, J., Best. K.F. 1994. Budd's Flora of the Canadian Prairie Provinces. Agriculture Canada. Ottawa, ON.
Luud, A., Ani, A**.** 2005. Kohalike energiaallikate energeetiline potentsiaal. In Environment and oil shale mining in North-Estonia, Institute of Ecology at TU, Publications 9., 160-171
McMurphy, W.E. 1973. Pre-emergence herbicides for seeding range grasses. J. Range Manage. 26:427-429.
Madakadze, I., B.E. Coulman, K. Stewart, P. Peterson, R. Samson, and D.L. Smith. 1998. Phenology and tiller characteristics of big bluestem and switchgrass cultivars in the short growing season area. Agron. J. 90:489-495.
Mallik, M.K., Singh, U.K., Ahmad. N. 1990. Batch digester studies on biogas production from *Cannabis sativa*, water hyacinth and crop wastes mixed with dung and poultry litter. Biol. Wastes 31:315–319.
Martínez-Pérez, N., Cherryman, S.J., Premier, G.C., Dinsdale, R.M., Hawkes, D.L., Hawkes, F.R., Kyazze G., Guwy, A.J. 2007. The potential for hydrogen-enriched biogas production from crops: Scenarios in the UK. Biomass and Bioenergy Vol. 31, Issues 2-3, p. 95-104
Meijer, W. J. M., Van der Werf H. M. G., Mathijssen, E. W. S., Van der Brink, P. W. M. 1995. Constraints to dry matter production in fibre hemp (*Cannabis sativa. L.)* European Journal of Agronomy, 4 (1): 109-117
Meripõld, H., Nõmmsalu, H. 2006. Ida-kitseherne bioloogiline iseloomustus. – Ida-kitseherne kasvatamine ja kasutamine (koostaja H. Meripõld). Saku, 2006, lk. 24…35.
Mähnert, P., Heiermann, M., Plöchl, M., Schelle, H., Linke, B. 2002.Alternative use for

grassland cuts. Forage grasses as biogas co-substrates. Landtechnik, 5, p. 260…261.
Mähnert, P., Heiermann, M., Linke, B. 2005. Batch- and Semi-continuous Biogas Production from Different Grass Species. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript EE 05 010. Vol. VII. December, 2005.
Nesheim, L. 2007. Reed canary grass as a bioenergy crop in Norway. NJF Seminar 405 Production and utilization of Crops for Energy. Vilnius, Lithuania, 25-26 september 2007.
Nixon, P. and M. Bullard. 2001. Planting and growing miscanthus. DEFRA Pulbications. London. < www.defra.gov.uk>.
Newell, L.C. 1968. Chemical composition of two warm-season prairie grasses in three environments. Crop Sci. 8:325-329.
Ocumpaugh, M.R., Swakon, D.H.D., Tischler, C.R., Valle. L.S. 1994. Oil treatment and digestion depresses germination of grass seed. Crop Sci. 34:1319-1323.
Older Grupp, 2005 "Söödakultuuride seemnete kataloog
Older, H. Олдер Х. М. 1985. Рациональное использование биологических особенностей многолетних трав в условиях интенсивного возделывания для повышения их питательной ценности. – Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственнх наук. Скривери, 1985. 36 с.
Oll Ü., Ilus A. 1974. Söötade keemilise koostise ja toiteväärtuse tabelid. Tallinn, 59 lk.
Olsson R. 2003. Production manual for reed canary grass (*Phalaris arundinacea*), [online]. Available on Internet: <URL:http://www.btk.slu.se/dokument/979.pdf>
Olsson, R., Landström, S., Nilsson, C., Schade, J., Löfquist, B., Paavilainen, L., Tulppala, J., Finell, M., Oravainen, H., Paulrud, S., Gylling, M., Pedersen, S. 2004. Reed canary grass project (*Phalaris arundinacea*). Contract no. AIR3-CT94-2465. Final report. BTK-rapport 2004:7
Owensby, C.E., Anderson. K.L. 1973. Yield response to time of burning in the Kansas Flint Hills. J. Range Manage. 26:12-16.
Paalmann, K., Mäeorg, E. 2007. Tööstusliku kanepi arengud Euroopas ja põldkatsetest Moostes. Rmt. M. Koppel (Koostaja) Eestis kasvatatavate põllukultuuride sordid, nende omadused ja kasvatamise iseärasused, lk 52-57.
Pahkala, K. 2007. Reed canary grass cultivation for large scale energy production in Finland. NJF Seminar 405 Production and utilization of Crops for Energy. Vilnius, Lithuania, 25-26, september 2007
Pahkala, K. Isolahti, M, Partala, A., Suokannas, A. Kirkkari, A.-M, Peltonen, M., Lindh, T., Paappanen, T., Kallio, E., Flyktman, M. 2005. Ruokohelven viljely ja korjuu energian tuotantoa varten. http://www.mtt.fi/met/html/met1b.htm
Pahkala, K., Pihala, M. 2000. Different plant parts as raw material for fuel and pulp production. Industrial crops and products 11 pp. 119-128
Pojar, J., MacKinnon, A. 1994. Plants of the Pacific Northwest Coast. Lone Pine Publishing. Redmond, WA., Vancouver B. C. and Edmonton, Alberta, Canada. P. 126.
Polna, H. 1958. Silokultuuride kasvatamine. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 295 lk.
Potential of cropping for liquid biofuels in Northern Ireland1
Prade, T. 2007. Economical aspects of energy crops for the Swedish market. NJF Seminar 405 Production and utilization of Crops for Energy. Vilnius, Lithuania, 25-26 September, 2007
Prochnow, A., Heiermann, M., Drenckhan A and Schelle, H. 2005. Seasonal Pattern of Biomethanisation of Grass from Landscape Management. – Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript EE 05 011. Vol. VII. December, 2005.
Projekt: Ryegrass as an energy crop using biogas technology" www.berr.gov.uk/files/file16464.pdf

Puoli, J.R., R.L. Reid, and D.P. Belesky. 1992. Photosensitization in lambs grazing switchgrass. Agron. J. 84:1077-1080.
Putnam, D.H., Budin, J.T., Field, L.A., Breene,W.M. 1993. Camelina: A promising low – input oilseed : Jn Janick J, Simon JE (Eds) New Crops Wiley New York, pp 314-354
Põllumajanduses kasutatavate biogaasiseadmete gaasitootlus. 2005. Väljaandja: Registreeritud ühendus Põllumajanduse tehnika- ja ehitusehoolekogu (KTBL) Darmstadt,
Raave, L. 1981. NPK väetiste annused ja vahekord rohumaade väetamisel. – Teaduse saavutusi ja eesrindlikke kogemusi põllumajanduses nr. 3. Rohumaaviljelus. Tallinn, 1981, lk. 3…14.
Raave, L., Older, H., Tamm, U. 1987. Kultuurkarjamaade intensiivne kasutamine. Tallinn, . - 44 lk Raave, L., Smoljakova, V. (1986) Rohumaade kasutuskestus intensiivsel viljelemisel. 32 lk.
Raig, H. 1980. Söödagaleega kasvatamine ja kasutamine. – 61 lk.
Raig, H. 1993. Role of galeega seed in forage production. – Proceedings of the XVII International Grassland Congress, Palmerston North, New Zealand, p. 1669-1970.
Raig, H. 1998. Söödagaleega kasvatamise kogemusi. – 119 lk
Raloff, J. 1986. Goiter, Do you eat millet? Science News, May 3, 1986. Rand, H., Krall, H. (1978) Üheliigiliste heintaimekülvide saagi- ja konkurentsivõime kestus mineraalmuldadel. – EMMTUI teaduslike tööde kogumik XLII. Tallinn, lk. 138…154.
Rand, H. 1981. Millist saaki võib loota kõrrelistelt heintaimedelt. Teaduse saavutusi ja esrindlikke kogemusi põllumajanduses. Nr 18, lk 31…33.
Roehl, E. 1996. Whole Facts. Rochester, Vermont; Healing Arts Press, 1996.
Rathke G.W, Christen O., Diepenbrock W. 2005. Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape 8Brassica napus) grown in different crop rotations. Field Crops research,94. 103-113
Saijonkari- Pahkala. 2001. Non-wood plants as raw material for pulp and paper. Agricultural and wood science in Finland 10, Supplement 1.AcademicDissertation, 101 lk.
Sau, A. 1960. Lämmastikväetise mõju niidutüübilise rohukamaraga kultuurkarjamaade saagikusele. – Rohumaaviljelus II. lk. 97…119.
Sau, A. 1965. Kultuurkarjamaa väetuskatsete tulemusi. – Rohumaaviljelus IV. Tallinn, lk . 134…152.
Sau, A., Kirspuu, E. 1977. Lämmastikväetise erinevate normide efektiivsus heintaimede mitmeniitelisel kasutamisel. – EPA teadustööde kogumik 109, lk. 115…131.
Sau, A., Reidolf, V., Eilart, S. 1979. Kõrrelisterohkete rohukamarate botaanilise koosseisu ja saagikuse kujunemine sõltuvalt niitmise reziimist ja lämmastikunormi jaotamisest. – EPA teadustööde kogumik 123. lk. 69…80 (vene k.).
Scifres, C.J., Halifax. J.C. 1971. Root production of seedling grasses in soil containing picloram. J. Range Manage. 24:44-47.
Seiger, L. 1995. *Polygonum cuspidatum.* The Nature Conservancy Element Stewardship vt. http://www.consci.tnc.org/src/weeds/polycusp.htm.
Sims, P.L., L.J. Ayuko, D.N. Hyder. 1971. Developmental morphology of switchgrass and sideoats grama. J. Range Manage. 24:357-360.
Slepetys, J. 2000. Fodder galega *(Galega orientalis* Lam.) is a valuable forage herb for organic farming/Grassland Farming. Balancing environmental and economic demands. Grassland Science in Europe. 536…538.
Small, E., Marcus, D. 2002. Hemp a new crop with new uses for North America.
Smart, A.J., Moser. L.E. 1997. Morphological development of switchgrass as affected by

planting date. Agron. J. 89:958-962.
Smith, N. O., Maclean, I., Miller, F. A., Cutthers, S.P 1997. Crpos for industry and energy in Europe.72 p.
Smith, D., Greenfield. S.B. 1979. Distribution of chemical constituents among shoot parts of Timothy and switchgrass at anthesis. J. Plant Nut. 1:81-99.
Smoljakova, V. 1981. Põldtimuti rohukamara saagikuse, püsivuse ja saagi keemilise koostise kujunemine turvasmullal sõltuvalt väetamisest ja kasutussagedusest. Teaduse saavutusi ja eesrindlikke kogemusi põllumajanduses. Nr 18. lk 10…21.
Strauss, K. 1997. Mighty Millet: This Nutrition-packed, Mild-flavored Grain Isn't Just for the Birds. Vegetarian Times, February 1997.
Stubbendieck, J., S. Hatch, and C. Butterfield. 1997. North American Range Plants, 5th Edition. Univ. of Nebraska Press, Lincoln, NE.
Stewart, G.A., Gartside, G., Gifford, R.M., Nix, H.A., Rawlins, W.H.M., Siemon, J.R. 1979. The potential for liquid fuels from agriculture and forestry in Australia. CSIRO. Alexander Bros., Mentone, Victoria, Australia.
Svennerstedt, B., Svensson, G. 2005. Hemp (*Cannabis sativa* L.) Trials in Southern Sweden 1999-2001.
Szewczuk, C., Mazur, M. 2004. Effect of different rates of nitrogen fertilisers on **chemical** composition of stinging nettle (*Urtica dioica* L.) plants harvested at three development stages. Part II. Contents of minerals. Acta Scientiarum Polonorum - Agricultura, 3(1): 239-248
Taimekasvatus. 1986. Koostas E.Reimets, Tallinn, 318 lk.
Tamm, U. 2006. Karjamaade väetamine. – Eritüübiliste rohumaade rajamine ja kasutamine. Tartu, lk. 460…469.
Taylor, R. 1978. Hunza Health Secrets, New Canaan, Connecticut; Pivot Health Books.
Teixeira. 2001. Performance of 15 *Miscanthus* genotypes at five sites in Europe. Agron. J. 93:1013–1019.
Toomre, R., Older, H., Sarand, R-J. 1993. Rohusöödad ja nende tootmine. 214 lk.
Tuck, G., Glendining, M.J., Smith, P., House, J.I., Wattenbach, M. 2006. The potential distribution of bioenergy crops in Europe under present and future climate. – Biomass and Bioenergy 30: 183-197.
Varis, E. 1986. Goat's rue *(Galega orientalis* Lam.), a potential pasture legume for temperate conditions. J. Agric. Sci. Finl., No 58, p. 83…101.
Veski, V. 2005. Biokütuse kasutamise käsiraamat.
Virkajärvi, P., Laakso, I., Koskinen-Juntti, A.-L., Lindström, K. and Varis, E.1991. Phytochemical screening of secondary metabolites of gost's rue *(Galega orientalis* Lam.). Univ. Of Helsinki, Pub. Nr. 29, 26 pp.
Virkajärvi, P., Varis, E. 1991. The effect of cutting times on goat's rue *(Galega orientalis* Lam.) leys. Journal of Agricultural Science in Finland, No 63, 391…402.
Viiralt, R., Kabanen, N. 2006. Ida-kitseherne segukülvide saagikus ja söödaväärtus. – Ida-kitseherne kasvatamine ja kasutamine, Saku, lk. 107-122.
Vogel, K.P. 1987. Seeding rates for establishing big bluestem and switchgrass with preemergence atrazine applications. Agron. J. 79:509-512.
Wachendorf, T., Fricke, T.,Grab, R., Stülpnagel, R. 2007. Towards and efficient energy conversation from biomass of semi-natural grasslands. In: Investigation and usage of renewable energy sources, TEUK, VIII, IX, Tartu, pp. 116…123
Walla, C., Schneeberger, W. 2005. Farm biogas plants in Austria – an economic analysis. – Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie, Vl. 13, pp. 107-120. Available on-line: wwwboku.ac.at/oega.
Weglarz, Z., Roslon, W. 2000. Developmental and chemical variability of female and

male forms of nettle *URTICA DIOICA* L. Acta Horticulturae (ISHS). 523:75-80
Wieck-Hansen, K. 1996. Parameters influencing straw quality important for burning in boilers.. *In* Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (ed.) Biomasse als festbrennstoff. Schriftenreihe nachwachsende rohstoffe. Vol. 6. Landwirtschaftsverlag Münster, Germany p. 75–88
Wyland, L.J., Jackson, L.E., Chaney, W.E., Klonsky, K., Koike, S.T., Kimple. B. 1998. Winter cover crops in a vegetable cropping system: Impacts on nitrate leaching, soil water, crop yield, pests and management costs. Agric. Ecosyst. Environ. 59:1–17.
Zhang, J., Maun. M.A. 1989. Seed dormancy of Panicum virgatum L. on the shoreline sand dunes of Lake Erie. Amer. Midl. Natur. 122:77-87.

Internetiallikad

Alternatiivsest energiast Suurbritannias. (http://www.keskkonnaveeb.ee)
BioFORM AS, Skøelv, 9310 Sørreisa, Norway. http://www.vitaminhairbooster.com/produkter_eng.html
Bioenergy News, August 2005, ˇ http://www.bioenergy.org.nz/documents/newsletters/BANZ%200805.pdf
Björnsson, H., Helgadóttir, A., Guðmundsson, J., Sveinsson, Þ and Hermannsson, J. 2004. Feasibility study of green biomass procurement. http://www.landbunadur.is/landbunadur/wgsamvef.nsf/8bbba2777ac88c4000256a89000a2ddb/b22760d8e60d480900256fd9003f1c05/$FILE/RALA-029-JA-004.pdf
Black Bean and Millet Salad; found at http://www.ichef.com, March 23, 1999,
Bund Naturschutz in Bayern e. V. Kreisgruppe Erlangen und Agenda 21 Erlangen, Info Nr. 9, 4.lk. http://www.fen-net.de/bn-erlangen/Info_9.pdf
Duke, J.A. 1983. Handbook of Energy Crops . http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/dukeindex.html
Eesti lina http://www.eestilina.ee/abiks.htm)
Eesti Sordileht, 2007. http://www.plant.agri.ee/failid/sordikontroll/eesti
Eesti teravili tootmispõldudel.
Energy crops. Course "energy crops04/2007"
Environment and oil shale mining in North-Estonia, Institute of Ecology at TU, Publications 9., 160-171. http://www.keo.eco.edu.ee/failid/kogumik9/10ptk.pdf
Hamelinck,C. Van den Broek, R., Gilbert, A., Ragwitz, M. Toro, F. 2004. Liquid biofuels strategy study for Ireland, 105 p. http://www.sei.ie/uploadedfiles/InfoCentre/LiquidbiofuelFull.pdf
Hilborn, D., Eng, P. 2006. Renewable Energy using Manure, Crops and OffFarm Sourced Materials EU Experience Presentation at Integrated Solutions to Manure Management III Conference March 810. http://www.istmm.com/PDF/5A2%20Don%20Hilborn.pdf
http://64.233.183.104/search?q=cache:LkCL_yPU9jgJ:www.world-wind-conference.org/downloads/dissemination/newsletters_brochures/Leaflet_3_Micro distillery.pdf+Leaflet_3_Microdistillery:pdf&hl=et&ct=clnk&cd=1&gl=ee
http://www.eby.ee/TENettekanne.pdf
http://www.ars.usda.gov
http://www.bioenergybaltic.ee/bw_client_files/bioenergybaltic/public/img/File/Pyhajarve_okt_2007/Pyhajarve_okt_07_YKask_Biogaas.pdf (Kask 2007)
http://www.biodiisel.ee http:// www.ienica.net/crops/oilseedrapeandturniprape.pdf
http://btgs.ct.utwente.nl/eeci/countries
http://www.camelina.fi
http://encarta.msn.com/index/conciseindex/25/02545000.htm, March 25, 1999

http://www.fs.fed.us/database/feis/plants/fern/blespi/introductory.htmlhttp://www.genomics.ee/index.php?lang=est&nid=1034
http://www.gie-sprint.com/goldof.htm
http://www.genomics.ee/index.php?lang=est&nid=1034
http://www.glness.com/agway/millet.html, March 23, 1999
http://www.ichef.com, 1999. Black Bean and Millet Salad. March 23,1999.
http://www.ienica.net/crops/goldofpleasure.pdf
http://www.ienica.net/crops/nettle.pdf
http://www.ienica.net/reports/finlandupdate.pdf
http://www.kolumbus.fi/suomen.biokaasukeskus/en/enperus.html
http://www.muru.ee/index.php?kat=16

http://www.orst.edu/food-resource/g/millet.html, March 25, 1999
http://www.phys.com/b_nutrition/02solutions/06database/grains/millet.html
http://www.plantpost.eu/lk.php?id=220
http://www.pilliroog.ee/Pilliroo_analyysid.pdf
http://www.pilliroog.ee/BIOVAKKA.pdf
http://www.soasepa.ee/index.php?id=144
http://www.phys.com/b_nutrition/02solutions/06database/grains/millet.html
March 25, 1999, Crowley, Marilyn, "Not Just for the Birds", Chatelaine; October, 1995
http://seemnemaailm.ee/index.php?GID=5945
http://www.solagro.org/site/im_user/148basisdatenaout2003.pdf (Kaltschmitt ja Hartmann)
http://www.swicofil.com/products/016nettle.html www.telesis.at/nettle
http://teach1cses.vt.edu/cses3444/3444lec9.html, March 28, 1999
http://www.york.ac.uk/org/cnap/oilcrop/cropsind/camelina_agro.htm
http://www.v-maarja.ee/kaarlitalu/Uus õlitaim ja toiduõli nüüd ka Eestis.
http://www.znfu.org.zm/technical/pearl.html, March 28, 1999
"Hulled Millet" at http://www.glness.com/agway/millet.html, March 23, 1999
Ilumäe, E., Hansson, A., Akk, A. 2007. Alternatiivsed õlikultuurid- teraviljafoorum _2007.pdf
Ilumäe, E., Hansson, A., Akk, E. 2007. Alternatiivsed kultuurid teraviljakasvatuse täiendajana (hernes, uba, õlituder, õlilina, köömen)
http://www.soasepa.ee/index.php?id=348
Interactive European Network for Industrial Crops and their application (http://www.ienica.net/reports/finlandupdate.pdf).
Jõgis-Laats J.. Eesti toetab GM tööstusliku kartuli kasvatamist. http://www.pikk.ee/y/z0zNEWSy9141
Kamm, B. 2007. Bioraffinerien-Integriertes Nutzungskonzept für Lignocellulosehaltige Biomassen http://www.bioenergie-kolloquium.uni-stuttgart.de/downloads/VO-Prof_Kamm-25-01-07-1.pdf
Krass, E, 2003 (http://www.erda.ee/10956/Linakasvatus.html)
Kvaliteedinõuded seemnetele http://www.werol.ee/
Le Canvre, M., J.-P. 1995. vt. http://eap.megill.ea
Lepik M. Uus õlitaim ja toiduõli nüüd ka Eestis.2007. http://www.v-maarja.ee/kaarlitalu/index.php?part=etc&sel=3
Luik A., 2003. Geneetiliselt muundatud põllukultuurid http://www.pikk.ee/y/z0zARTICLEy2325.html
Luud, A. ja Ani, A. 2005. Kohalike energiaallikate energeetiline potentsiaal. Environment and oil shale mining in North-Estonia, Institute of Ecology at TU, Publications 9., 160-171. http://www.keo.eco.edu.ee/failid/kogumik9/10ptk.pdf

Lehtolainen, T. 2006. Väitös: Puhdasta kotimaista energiaa peltobiomassoista Lehtomäki, http://www.jyu.fi/ajankohtaista/arkisto/2006/05/tiedote-2007-09-18-16-38-28-466338/
MAFF 1999. Hemp for Europe Manufacturing and Production Systems. Vt. www.defra.gov.uk
"Millet" at http://www.orst.edu/food-resource/g/millet.html, March 25, 1999
"Millet" at http://encarta.msn.com/index/conciseindex/25/02545000.htm, March 25, 1999
"Millets" at http://teach1cses.vt.edu/cses3444/3444lec9.html, March 28, 1999
Mis imeasjad on geneetiliseltmuundatud taimed? (http://www.genomics.ee/index.php?lang=est&nid=1034
"Pearl Millet" at http://www.znfu.org.zm/technical/pearl.html, March 28, 1999
Projekt: Biokütuse tootmise ja kasutamise riikliku programmi ettevalmistamine, EPMÜ. 2005. http://www.agri.ee/link.php?id=13579
Staiger, R. 2007. Energy crops. Rural Resource Development Ltd. http://www.rrd.ie/energy%20crops.pdf. Course "energy crops04/2007"

Weezingreens. 2002. http://davesgarden.com/guides/pf/go/51569/

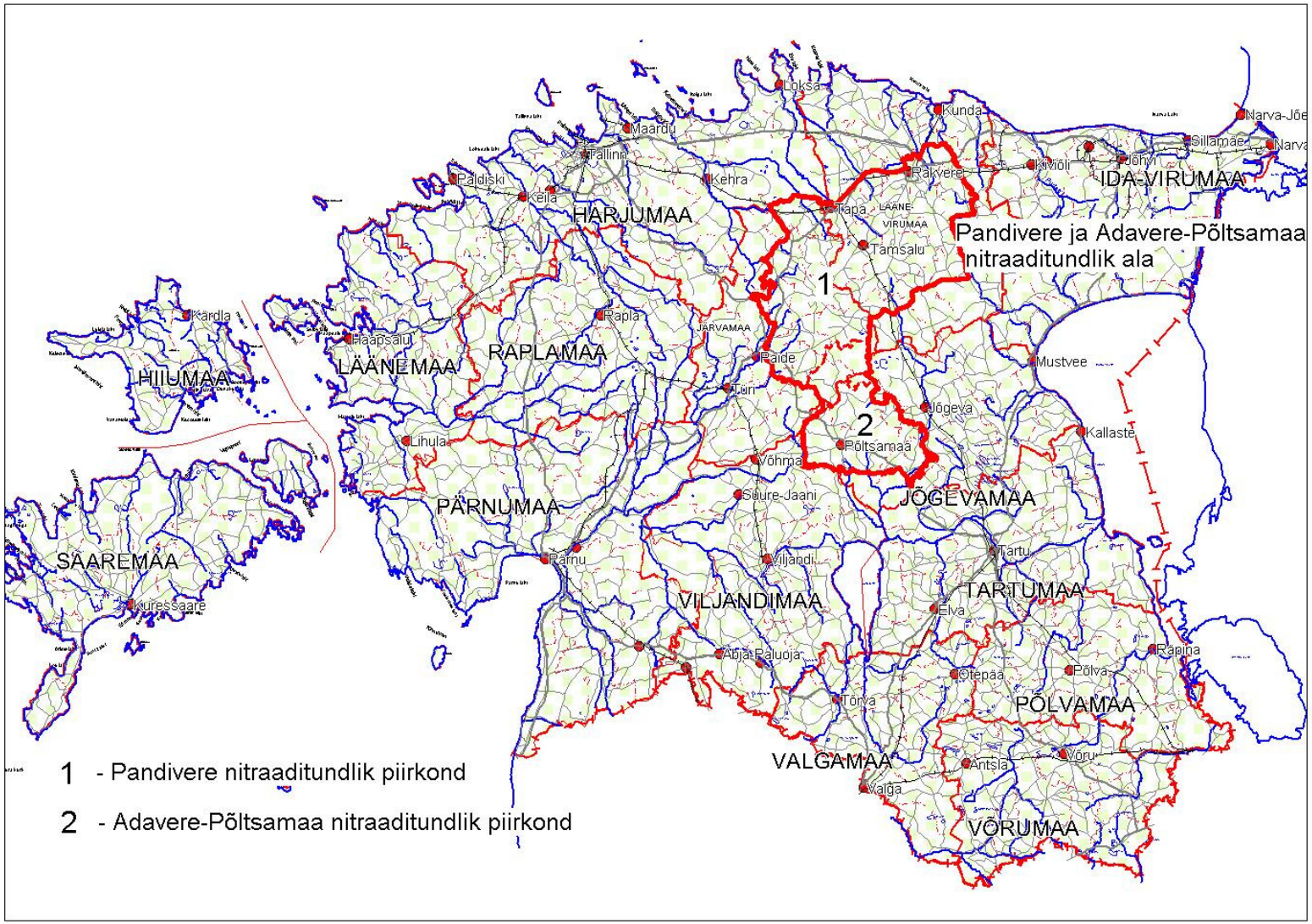
Lisa 1.

Tabel 1. Rapsi ja rüpsisordid Eesti sordilehel 2007 aastal.

Liik ja sort	Sordilehest kustutamise aeg
Banjo	29.12.16
Dexter	03.01.17
Kronos	31.01.2014
Ramiro	03.01.17
SW Pastell	17.12.2013
Vectra	03.01.17
Viking	29.12.2016
SUVIRAPS (*Brassica napus* L.)	
Ability	15.01.18
Anatol	11.01.18
Bolero	12.03.2010
Campino	11.01.2016
Danilo	15.02.2018
Dorothy	20.06.2014
Haydn	31.01.2014
Heros	26.02.2012
Highlight	11.01.18
HI Q	05.01.2016
Hunter	11.03.2015
Kalina	15.03.2016
Liaison	25.02.2011
Licolly	03.02.2009
TALIRAPS (*Brassica napus* L.)	
Lisora	01.01.2012
Magma	15.02.2018
Maskot	26.02.2012
Mozart	31.01.2014
Nex160	05.03.2018
Quantum	25.02.2011
Senator	17.12.2013
Siesta	11.03.2015
Sponsor	26.02.2013
SW Landmark	11.03.2015
Terra	11.03.2015
Trend	11.03.2015
Wildcat	05.01.2016
Ability	15.01.18
Anatol	11.01.18
TALIRÜPS (*Brassica rapa L. var. silvestris (Lam.) Briggs.*)	
Largo	25.01.2016
Prisma	17.07.2013

Tabel 2. Kartulisordid Eesti sordilehel 2007. aastal.

1. Varajased	Sordilehest kustutamise aeg
Aminca	12.03.2010
Anosta	01.01.2017
Arielle	11.03.2015
Berber	17.12.2015
Carlita	12.03.2010
Carrera	12.12.2016
Colette	12.03.2010
Fresco	21.02.2017
Impala	01.01.2017
Latona	14.02.2008
Leyla	12.03.2010
Maret	31.01.2014
Princess	22.01.2018
Red Scarlett	11.03.2015
Varajane kollane Agrie dzeltenie LVA	11.03.2010
Velox	22.12.2016
Vineta	03.02.2009
2. Keskvalmivad	
Courage	26.02.2012
Ditta	19.01.2016
Evita	19.01.2016
Fakse	07.01.2016
Folva	21.02.2012
Fontane	19.01.2016
Midas	17.07.2013
Milva	12.03.2010
Picasso	19.01.2016
Piret	25.02.2011
Platina	11.03.2015
Quarta	04.01.2011
Raja	19.01.2016
Reet	11.05.2018
Santé	11.03.2015
Secura	22.12.2016
Sinora	19.01.2016
Victoria	26.02.2013
3. Hilised	
Agria	04.01.2011
Ando	01.01.2010
Anti	14.02.2008
Ants	31.01.2013
Asterix	26.02.2012
Juku	14.02.2008
Sarme	11.03.2010
Saturna	17.12.2016
Vigri	01.01.2010



Joonis 1. Nitraaditundlikud alad Eestis.

Lisa 2. Koondtabelid.

Tabel 1. Eestis põletamiseks sobivad kultuurid ja nende põletamisel saadav energia

Kultuur	Kasutatav osa taimest	Taimiku kestus, aastat	Saak, KA t/ha	KA energeetiline väärtus, MWh/t	1 ha saadav energia kogus (teoreetiline). MWh
Päideroog	maapealne fütomass	10…15	9…10*	5 (Pahkala, 2007)	45…50
Ida-kitsehernes	maapealne fütomass	10…15	8…9*	4,6 (Hovi, 1995)	36,8…41,4
Lina	linavarred	1	3…4	9,7(TTÜ STI labor)	29,2…38,8
Kanep	maapealne fütomass	1	6-10*	4,7-5 (TTÜ STI labor)	28,2-50
Raps	kook	-	2,0		9,0
Rukis	põhk	1	5-7	4,75	23,8 - 33,3
Triticale	põhk	1	5-7	4,75	23,8 - 33,3
Ahtalehine lupiin	maapealne fütomass	10…15	4…7	4,6	18,4…32,2
1-a lupiinid	maapealne fütomass	1	3…6	4,6	13,8…27,6
Maapirn	maapealne fütomass	1…10	11,0…14,7	5	55,0…73,5
Päevalill	maapealne fütomass	1	12,0…15,6	5	60…78,0

* Bioloogiline saak. Arvesse ei ole võetud saagikadusid, mis moodustavad 50…60% bioloogilisest saagist.

Tabel 2. Eestis biogaasi tootmiseks sobivad kultuurid ja neist biogaasi tootmisel saadav energia

Kultuur	Kasutatav osa	Taimiku	Saak, KA	Saak, OA	Metaani saak,	1 ha saadav	Märkused

	taimest	kestus, aastat	t/ha	t/ha	m^3/ha	energia kogus (teoreetiline), MWh*	
Heintaimed							
Päideroog	maapealne fütomass	10…15	9…10	8…8,9	2860…3182	28,6…31,8	O_1A sisaldus KA 89% Biogaasi väljatulek 1kg O_1A – 0,65m^3 Metaanisisaldus biogaasis 55% (Mähnert et al., 2005) Metaani kütteväärtus - 10 kWha/m^3
Ida-kitsehernes	maapealne fütomass	10…15	8…9	7…8	2500…2860	25…28,6	
Roog-aruhein	maapealne fütomass	10…15	9…11	8…9,8	2860…3500	28,6…35	
Kerahein	maapealne fütomass	10…15	9…10	8…8,9	2860…3182	28,6…31,8	
Ohtetu-luste	maapealne fütomass	10…15	8…9	7…8	2500…2860	25…28,6	
Põldtimut	maapealne fütomass	5…6	8…9	7…8	2500…2860	25…28,6	
Ahtalehine lupiin	maapealne fütomass	10…15	4…7	3,6…6,3	1286…2250	12,9…22,5	
Põllukultuurid							
Mais	maapealne fütomass	1	12…15	11…13,5	2400…3000	24…30	
Kanep	Maapealne fütomass	1	6…10	5,3…8,9	1895…3182	17,5 (Martinez-Perez et.al. 2007)	
Kaer	põhk	1	2		600	6	CH_4 biogaasis 32%
Rukis	Maapealne biomass	1	10…12		2300-2700 (Heiermann, 2002).	23-27	

Tritikale	Maapealne biomass	1	12…14		4500…5200 (Heiermann, 2002).	45…52	
Suhkrupeet	pealsed	1	4…6	3,6…5,3	649…974	6,5…9,7	
	Kogu taim	1	62…64	55…57		31,1 (Martinez-Perez et.al. 2007)	
Kartul	jäägid (pulp)		5,7	-	-	8,0	
1-a lupiinid	maapealne fütomass	1	3…6	2,7…5,4	964…1929	9,6…19,3	
Maapirn	maapealne fütomass	1…10	11,0…14,7	9,9…13,2	3540…4719	35,4…47,1	
Päevalill	maapealne fütomass	1	12,0…15,6	10,8…14,4	3861…5148	38,6…51,4	
1-a lupiinid	maapealne fütomass	1	3…6	2,7…5,4	964…1929	9,6…19,3	
Alternatiivkultuurid							
Kõrvenõges	Maapealne fütomass		6…10		2200…3600	21…35 (Lehtomäki, 2005)	CH_4 biogaasis 42%

* Arvesse ei ole võetud tootmiskadusid

Tabel 3a. Eestis etanooli tootmiseks sobivad kultuurid ja neist etanooli tootmisel saadav energia

Kultuur	Terasaak kg/ha	Etanooli saak l/t	Etanooli saak l/ha	Etanooli MWh/t	Etanooli MWh/ha
Rukis	4000	360	1440	3	12
Tritikale	5000-7000	365	1825-2555	3,04	15,2…21,3

Tabel 3b. Eestis etanooli tootmiseks sobivad kultuurid ja neist etanooli tootmisel saadav energia

Kultuur	Kultuuri osa	Saak, t/ha	Etanool, l/ha, kg/ha	Kütteväärtus, MJ/kg	1 ha saadav energia kogus (teoreetiline), MWh*
Kartul	mugulad	30,0	5050, 3985	30,0	33,2
Suhkrupeet	juurikad	58,0	5400, 4260	30,0	35,5
Söödapeet	juurikad	61,0	5700, 4500	30,0	37,5

Maapirn	mugulad	15	5000, 3945	30,0	33,2

Tabel 4. Eestis õlitootmiseks sobivad kultuurid ja neist õli tootmisel saadav energia

Kultuur	Seemnesaak, t/ha	Õlisisaldus, %	Õli energeetiline väärtus, MWh/t	1 ha saadav energia kogus (teoreetiline), MWh
Õlilina	0,8…2,0	44…46	9,7	7,8...19,4
Õlituder	1,5...2,6	37...43	9,7	5,8...10,1
Suviraps	1,8...4,5	43,8...51,6	9,8	8,4...20,8
Taliraps	1,5...5,4	47,6...54,2	6,7	7,4...26,6
Suvirüps	1,4...2,5	44,2...49,5	9,7	6,4...11,4
Talirüps	1,6...3,3	41,1...53,7	9,7	7,4...15,2
Päevalill	2,5...3,2	42...45	9,72	13,1...16,8