

**MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS**

**TIEDOTE**

**7/92**

**PETRI VANHALA**

**Rikkakasvien fysikaalinen ja mekaaninen torjunta  
kasvukauden aikana**

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

Tiedote 7/92

PETRI VANHALA

Rikkakasvien fysikaalinen ja mekaaninen  
torjunta kasvukauden aikana  
Kirjallisuustutkimus

Maatalouden tutkimuskeskus  
Kasvinsuojelun tutkimuslaitos  
Rikkakasvien tutkimusala  
31600 JOKIOINEN  
(916) 1881

ISSN 0359-7652

## SISÄLLYSLUETTELO

JOHDANTO . . . . .	1
TIIVISTELMÄ . . . . .	3
I FYSIKAALISET TORJUNTAMENETELMÄT . . . . .	6
1. Terminen rikkakasvien torjunta . . . . .	6
Kuumuus . . . . .	6
Liekitys . . . . .	7
Infrapunasäteily . . . . .	8
Muita kuumuuteen perustuvia menetelmiä . . . . .	9
Kylmyys . . . . .	10
2. Liekityksen vaikutusmekanismi . . . . .	11
Kasvien lämpövauriot . . . . .	11
Tarvittava lämpöannos . . . . .	13
3. Liekityslaitteet . . . . .	17
4. Teho rikkakasveihin . . . . .	20
Rikkakasvit . . . . .	20
Rikkakasvinsiemenet . . . . .	23
Sään vaikutus . . . . .	25
5. Liekityksen vaikutus viljelykasveihin . . . . .	26
6. Liekitys viljelykasveittain . . . . .	27
7. Liekityksen taloudellinen kannattavuus . . . . .	31
8. Mikroaallot . . . . .	32
9. Sähkö . . . . .	34
Kipinäpurkausmenetelmä . . . . .	35
Jatkuvan kosketuksen menetelmä . . . . .	36
II MEKAANISET TORJUNTAMENETELMÄT . . . . .	42
1. Haraus . . . . .	42
2. Rikkakasviäestys . . . . .	46
3. Harjaus (riviväliharja eli harjahara) . . . . .	53
4. Muita menetelmiä . . . . .	56
5. Yleistä . . . . .	57
6. Mekaanisen torjunnan vaikutus rikkakasveihin . . . . .	59
7. Mekaanisen torjunnan taloudellinen kannattavuus . . . . .	61
JOHTOPÄÄTÖKSET . . . . .	62
KIRJALLISUUS . . . . .	64

## JOHDANTO

Paineet torjunta-aineiden käytön vähentämiseksi tavanomaisessa viljelyssä sekä luonnonmukaisen viljelyn yleistymisen lisäävät kiinnostusta sellaisiin uusiin ja vanhoihin rikkakasvien torjuntamenetelmiin, joiden avulla torjunta voidaan suorittaa ilman kemikaaleja.

Maataloudessa jouduttiin viime vuosikymmeniin saakka selviämään ilman kemiallista rikkakasvintorjuntaa. Rikkakasvit torjuttiin muilla menetelmillä, alkaen kasvinvuorotuksesta ja päättyen raskaaseen käsityöhön.

Erityisen vaikeaa rikkakasvien kemikaaliton torjunta on kasvukauden aikana viljelykasvustosta, kun rikkakasvit olisi torjuttava viljelykasvia vahingoittamatta.

Rikkakasvien kemikaalitonta torjuntaa nykyviljelyssä on tutkittu varsin vähän. Aiemmin on MEHTO (1985) käsitellyt kattavassa kirjallisuustutkimuksessaan viljojen rikkakasvien torjuntaa ilman kemikaaleja. Kasvukauden aikainen torjunta sisältyi pienenä osana MEHDON tutkimukseen. Sittemmin on esim. rikkakasviäestykseen saatu lisävalaistusta uusissa tutkimuksissa.

LAITINEN (1989) on opinnäytetyössään käsitellyt infrapunasäteilytystä, joka 1980-luvun toiveista huolimatta osoittautui liekitystä huonommaksi vaihtoehdoksi, ja VÄISÄNEN (1990) on

esittänyt lyhyen yhteenvedon liekityksestä. Sähkön käyttömahdollisuuksista rikkakasvintorjunnassa ei tiettävästi ole julkaistu selvitystä suomeksi.

Tämän kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on esittää pääpiirteissään tämänhetkinen tutkittu tieto fysikaalisista ja mekaanisista rikkakasvien torjuntamenetelmistä, joita voidaan käyttää kasvukauden aikana. Erilaisten katteiden käyttö rikkakasvien torjuntaan on laaja aihe, joka tässä yhteydessä on jätetty tarkastelun ulkopuolelle.

Tämä kirjallisuuskatsaus on osa Maa- ja metsätalousministeriön rahoittamaa kemikaalittoman rikkakasvitorjunnan tutkimushanketta.

## TIIVISTELMÄ

Nestekaasuliekityksellä on mahdollista torjua rikkakasveja viljelykasvirivistä. Tämä voi tapahtua joko ennen viljelykasvien taimettumista tai valikoivasti viljelykasvikasvustosta. Ennen viljelykasvin taimettumista voidaan rikkakasvit liekittää viljeltäessä hitaasti itäviä kaveja, kuten porkkanaa. Valikoiva liekitys on mahdollista, jos viljelykasvi jossakin kehitysvaiheessa kestää kuumuutta paremmin kuin rikkakasvit. Tällaisia kasveja ovat esimerkiksi sipuli ja peruna.

Liekitys vähentää käsinkitkennän tarvetta, mutta ei kokonaan poista sitä. Rivivälien rikkakasvit kannattaa normaalisti torjua ennemmin mekaanisesti kuin liekittämällä.

Torjuntatulokseen vaikuttavat liekin lämpötila, altistusajan pituus, rikkakasvilajisto ja rikkakasvien kehitysvaihe sekä säätila. Tarvittavaa altistusaikaa voidaan lyhentää lämpötilaa nostamalla. Tehoavaa kuumaa vyöhykettä voidaan pidentää koteloimalla polttimet. Tällöin tarvittava kaasumäärä hehtaarille pienenee.

Mikroaaltoihin perustuva rikkakasvien torjunta näyttää mahdolliselta, mutta laitteet eivät vielä ole taloudellisia. Käsittelyssä hajasäteily tulee estää epätasaisellakin maalla ajettaessa.

Sähköä voidaan käyttää joko kipinäpurkaus- tai jatkuva kosketus-periaatteella rikkakasvien torjuntaan. Laitteiden hankintakustannus on suuri mutta käyttökustannukset pienet. Vil-

jelykasvustoa korkeampien rikkakasvien käsittelyyn tarkoitettu jatkuva kosketus -periaatteen laite on kannattava hankinta vasta, jos vuosittainen käsittelyala ylittää 900 ha.

Rikkakasvien mekaaninen torjunta on pääsääntöisesti mahdollista vain viljelykasvirivien välissä, poikkeuksena viljojen rikkakasviäestys. Mekaaniselle torjunnalle tyypillistä on, että yksi käsittelykerta ei takaa riittävää torjuntatulosta, vaan 2-3 käsittelyä on tarpeen.

Mekaaninen rikkakasvien torjunta on perunan viljelyssä ja vihannesten riviväleissä toimiva ja taloudellisesti kannattava herbisidien vaihtoehto.

Haraus tehoaa sekä pieniin että suuriin rikkakasveihin. Rikkakasvien vanhetessa haran peittovaikutus vähenee, leikkausvaikutus lisääntyy.

Viljojen rikkakasviäestyksellä voidaan suotuisissa oloissa saada merkittäviä torjuntatuloksia ja sadonlisiä, mutta myös sadonalennukset ovat yleisiä. Äestyksen valikoivuuteen on aivan viime aikoina kehitetty teoreettista mallia.

Rikkakasviäestyksen päävaikutus perustuu rikkakasvien peittymiseen maalla. Rikkakasviäestyksen onnistumiseen vaikuttavat käsittelyn ajankohta, ajonopeus, maalaji, rikkakasvien ja viljelykasvin kehitysvaihe ja lajisto sekä käsittelykertojen lukumäärä.

Riviväliharjan pyörivät nailonharjat repivät rikkakasvit rikki ja kiskovat ne irti maasta. Torjuntateho riippuu harjojen kehänopeuden ja ajonopeuden välisestä suhteesta. Laite on perinteistä haraa tehokkaampi, mutta edellyttää tasaista maanpintaa.

Kasvukauden aikainen kemikaaliton rikkakasvintorjunta tehoaa huonosti kestorikkakasveihin. Ne tulisi torjua ennen kasvukautta.



## I FYSIKAALISET TORJUNTAMENETELMÄT

Niin kutsuttuihin fysikaalisiin torjuntamenetelmiin luetaan kuumuuden ja kylmyyden sekä sähkön ja sähkömagneettisen säteilyn käyttö rikkakasvien hävittämiseksi. Kaupallisista sovellutuksista yleisimpiä ovat nestekaasuliekkiin perustuvat. Lisäksi on käytössä infrapunasäteilyyn perustuvia laitteita. Myöskin sähköön perustuva rikkakasvintorjuntalaite on ainakin Yhdysvalloissa markkinoilla (DIPROSE ja BENSON 1984). Mikroaaltoja (VELA-MUZQUIZ 1983, WIENEKE 1988) sekä laser- ja gammasäteilyä mainitaan tutkitun koemittakaavassa (VESTER 1987).

### 1. Terminen rikkakasvien torjunta

#### **Kuumuus**

Kuumuuden käyttö rikkakasvien torjuntaan perustuu siihen, että kuumuus denaturoi valkuaisaineet ja äkillisestä kuumuudesta johtuva solun sisällön paisuminen rikkoo solunseinät (HOFFMANN 1989).

Lämmönsiirtomuodon mukaan erotetaan laitetyypit, jotka perustuvat toimintaperiaatteltaan joko 1) lämmönvirtaukseen (mm. kaasupolttimet) tai 2) lämpösäteilyyn (infrapunasäteilijät) (HOFFMANN 1989).

Suorasta lämmönsiirrosta on kyse, kun esim. "avoimen" liekin seurauksena lämpö siirtyy suoraan liekistä kasvien pintaan. Jos väliin sijoitetaan välielementti, esim. infrapuna-lämpösäleikkö, on kyse epäsuorasta lämmönsiirtymisestä (HOFFMANN 1989).

### Liekitys

Liekityksessä avoliekki nostaa rikkakasvien lämpötilan hetkellisesti niin korkeaksi, että kasvi kuolee. Ensimmäisen varsinaisen liekityslaitteen patentoi John A. Graig Yhdysvalloissa jo vuonna 1852. Ensimmäisissä liekityslaitteissa käytettiin polttoaineena joko petrolia tai bensiiniä (HOFFMANN 1989). LAITINEN (1989) mainitsee liekitystä käytetyn ja käytettävän rikkakasvien torjuntaan laatoitetuilla poluilla, radanvarsilla, puistojen hiekka- tai käytäväalueilla sekä ojanpientareilla ja tienvarsilla. Rikkakasvien hävityksen lisäksi liekitystä käytetään mm. perunan varsiston hävitykseen (VESTER 1987, ÅKERMO 1989).

Peltoviljelyyn menetelmää alettiin laajemmin soveltaa 1940-luvulla, jolloin liekitys yleistyi maissi- ja puuvillaviljelyksillä (HOFFMANN 1989). Lupaavasti alkaneen liekitysmenetelmien kehittymisen keskeytti kuitenkin herbisidien tulo markkinoille, ja liekitys jäi käyttöön ainoastaan luonnonmukaiseen viljelyyn (VESTER 1987).

HOFFMANNin (1989) mukaan liekityslaitteet tarvitsevat lyhyemmän vaikutusajan, eivät lämmitä maata merkittävästi, tavoitavat kasvin eri puolilta, niiden laitekustannukset ovat suhteessa pienemmät ja mahdollinen ajonopeus suurempi kuin infrapunasäteilijöiden.

Liekitystä tarkastellaan yksityiskohtaisesti jäljempänä.

### **Infrapunasäteily**

Infrapunasäteilyyn perustuvissa rikkakasvien torjuntalaitteissa nestekaasuliekki kuumentaa metalliverkon punahehkuisiksi. Tästä lämpö siirtyy säteilynä lehtiin (ASCARD 1988).

Infrapuna- eli lämpösäteilyyn perustuvat laitteet vaikuttavat vain siihen osaan kasvia, johon säteily osuu, ja niiden mahdollinen työskentelynopeus on alhaisempi kuin liekityslaitteiden, koska ne tarvitsevat pidemmän vaikutusajan kuin liekityslaitteet. IP-säteilijöitä käytettäessä on maan lämpeneminen osin ongelmallista. IP-säteilijöiden laitekustannus työleveysmetriä kohti on suurempi kuin liekityslaitteiden. IP-säteilijöiden vaikutusalue voidaan rajata tarkasti (HOFFMANN 1989).

Infrapunasäteilytys on hidasta. Kohtuullinen torjuntatulosaadaan, jos lyhyen laitteen kulkunopeus on enintään 0,5 km/h (LAITINEN 1989), ja pitkän laitteen 1-2 km/h (ASCARD 1988).

Infrapunasäteilijän kaasunkulutus voi olla kaksinkertainen avoliekkiin verrattuna. Ruotsissa ja Tanskassa jotkin kunnat käyttävät infrapunasäteilijöitä ja liekityslaitteita mm. jalkakäytävien ja hiekkakenttien rikkakasvintorjuntaan (VESTER 1987, ASCARD 1988).

### **Muita kuumuuteen perustuvia menetelmiä**

Vesihöyryä on koemittakaavassa kokeiltu rikkakasvintorjuntaan ja varsiston hävitykseen. Höyry luovuttaa suuria lämpömääriä kondensoituessaan (ASCARD 1988). Vesihöyryä tuotetaan höyrygeneraattoreissa, joiden energianlähteenä on tavallisesti öljy. Hienojakeista vettä ruiskutetaan palokaasuun. Korkeapaineisen höyryn lämpötila voi olla suuaukolla 170 °C, mutta se jäähtyy pian. Varsistonhävityskokeissa on laitteen alla mitattu 90-105 °C lämpötiloja (HOLMOEY ja HOFTUN 1980). Höyryn alhaisen lämmön ja nopean jäähtymisen vuoksi on tarpeen paineella ja kattamalla pakottaa höyry lehtimassaan kohtuullisen tehon saamiseksi.

Höyryä käytettäessä tarvitaan polttoainetta vähemmän kuin avoliekillä liekitettäessä, eikä ole vaaraa, että kuivuneet lehdet syttyisivät palamaan. Höyrylaitteiden huonoja puolia ovat vesitankkien raskaus ja pienempi työsaavutus kuin liekitettäessä (ASCARD 1988).

Kuumaa ilmaa muodostuu sekä avoliekkiä että infrapunalämpöä käytettäessä. Myös erityisillä nestekaasukäyttöisillä kuuma-ilmapolttimilla voidaan tuottaa parisataa-asteista ilmaa. Pelkän kuuman ilman rikkakasvintorjuntateho on kuitenkin riittämätön (ASCARD 1988).

Kuuma vesi ruiskutettuna korkeapaineella on tehonnut rikkakasveihin yhtä hyvin kuin liekitys, mutta suuren vedenkulutuksen ja eroosioriskin vuoksi menetelmä ei sovellu viljelyille aloille (ASCARD 1988).

Myös linssillä koottua auringon säteilyä on kokeiltu rikkakasvien taimien ja siementen hävittämiseen (JOHNSON ym. 1989, 1990). Menetelmä on ympäristöystävällinen ja kohtuuhintainen mutta hyvin hidas.

## **Kylmyys**

Äkillinen rikkakasvien jäädyttäminen esimerkiksi nestemäisellä typellä tai hiilidioksidijäällä on alustavissa ruotsalaisissa kokeissa tuottanut lupaavia tuloksia. ASCARDin (1991, suullinen tieto) mukaan jäädyttäminen näyttää tehoavan myös saunioon ja heiniin, joiden kasvupiste on liekityksenkestävä. Nestemäisen typen ongelmana on kokeissa ollut virtauksen sykkäisyys.

## 2. Liekityksen vaikutusmekanismi

### Kasvien lämpövauriot

Kasvit ja kasvinosat sietävät korkeita lämpötiloja eri lailla riippuen mm. lajista ja kehitysvaiheesta. Levossa olevat elimet, kuten siemenet, mukulat ja silmut niukasti vettä sisältävinä kestävät korkeita lämpötiloja paremmin kuin aktiivisesti kasvavat kasvit. Nuoret siementaimet ovat usein hyvin herkkiä korkeille lämpötiloille ja varren tai sirkkavarren maanpintaa lähinnä olevat osat ovat useimmiten herkimmät. Lukuisat kasvit eivät aktiivisesti kasvaessaan selviä pitkään yli 40 °C:n lämpötiloissa. Termofiiliset kasvit selviävät korkeammissa lämpötiloissa, mutta useimmat niistäkään eivät kestä pysyvästi yli noin 55 °C:n lämpötiloja. Kasviin kohdistuvan lämmön korkeus ja kesto ratkaisevat vaurion suuruuden (SUTCLIFFE 1977).

Suorat lämpövauriot johtuvat SUTCLIFFEN (1977) mukaan luultavasti kalvoproteiinien denaturoitumisesta ja aggregoitumisesta, jolloin solukelmujen läpäisevyys lisääntyy, solut dehydraoituvat ja kuolevat.

Liekitys kuumentaa kasvit hyvin nopeasti. ELLWANGER ym. (1973 a,b) tutkivat ultrakorkeiden lämpötilojen fysiologisia ja sytologisia vaikutuksia maississa.

Kaksitoista päivää vanhat maissintaimet käsiteltiin liekitystä vastaavissa oloissa, 482 °C 0,125 s ajan. Solukon kuivuminen oli ilmeistä minuutin kuluttua liekityksestä. Tunnin kuluttua liekityksestä versosolukkojen vesipitoisuus oli 6 % pienempi kuin liekittämättömissä versoissa. Veden transpiratio oli 16 h liekkikäsitteilyn jälkeen alentunut 68 % verrattuna liekittämättömiin taimiin. Liekitettyjen taimien yhteytys jatkui kuitenkin vähäisenä jopa pahiten vahingoittuneissa lehdenkärjissä (ELLWANGER ym. 1973a).

Mesofyillisolujen kloroplastit olivat turvonneita, rikkirepeytyneitä ja rakeisia. Sytoplasma oli rakeinen ja hajallaan sekä membraanijärjestelmät muuttuneet. Kloroplastien lamellijärjestelmät ja päällykset, tonoplastit ja plasmalemmat olivat hajonneet osiinsa (ELLWANGER ym. 1973b).

Liekityksessä lämpö joko denaturoi solujen valkuaisen (50-70 °C) tai, solun sisällön laajetessa voimakkaasti solunseinät repeävät. Molemmissa tapauksissa kasvi vahingoittuu niin voimakkaasti, että kuihtuu kahdessa-kolmessa päivässä (HOFFMANN 1989).

Kasvin nopeaa kuumennusta liekillä voi lähinnä verrata kasvin maanpäällisten osien kiehauttamiseen. Kyse ei siis suinkaan ole rikkakasvien polttamisesta tai hiiltämisestä, vaan nopeasta šokinomaisesta kuumennuksesta, joka riittää kasvin solujen tuhoamiseen. Solukalvojen tuhoutumisen vuoksi lehdet kuivuvat ja kasvi lakastuu muutamassa päivässä (ASCARD 1988).

Suuria, paksuvartisia kasveja tai suojattuja versonkärkiä ja kasvupisteitä voi kuitenkin olla tarpeen kuumentaa pidempään, jotta lämpö ehtisi tunkeutua solukon yksittäisiin soluihin (ASCARD 1988).

Ainoa näkyvä muutos välittömästi käsittelyn jälkeen on leh-  
tien veltostuminen ja tummemman vihreä väri. Tämä johtuu so-  
lunesteen tihkumisesta solukosta, sekä siitä, etteivät vakuo-  
lit enää kykene ylläpitämään solujen nestejännitystä (ASCARD  
1988).

Rikkakasvin saaman lämpömäärän riittävyys voidaan suuntaa-an-  
tavasti testata "peukalotestillä": kasvin lehteä puristetaan  
kevyesti peukalon ja etusormen välissä. Jos puristuskohtaan  
jää tummanvihreä jälki, ovat solurakenteet vaurioituneet  
riittävästi (HOFFMANN 1989). "Peukalotesti" on tärkein apu  
säädetessä työskentelynopeus, kaasunpaine sekä poltinten  
tai säteilijöiden asento ja etäisyys sopiviksi.

### **Tarvittava lämpöannos**

HOFFMANNin (1989) mukaan on käsittelyn täytettävä kaksi eh-  
toa, jotta kasvi kuolisi:

- riittävän korkea ja riittävän kauan kestävä lämpötila
- riittävän suuret soluvauriot kasvin elintärkeissä osissa,  
niin että koko kasvi kuolee tai sen jälleenkasvu estyy.



Ihanteellinen tavoite on pienimmän välttämättömän energiamäärän siirtäminen riittävään määrään elintärkeitä kasvisoluja, jotta kasvi lakastuisi. Kasvi voi kuitenkin lakastua enemmän tai vähemmän täydellisesti, riippuen eri kasvinosien lämmön-sietokyvystä ja käsittelyn voimakkuudesta. Jopa silloinkin kun maanpäälliset kasvinosat lakastuvat täydellisesti, voi kasvi kasvaa uudelleen juurista tai suojatuista kasvupisteistä. Siksi monasti tarvitaan toistettuja käsittelyjä kasvin vararavintovaraston köyhdyttämiseen (ASCARD 1988).

On ymmärrettävää, että kasvin erikoispiirteet vaikuttavat liekityksen tehokkuuteen, esim. voimakas karvaisuus, solujen suuri vesipitoisuus, kasvin pinnan vahaisuus, voimakas juuristo ja lisääntyminen juurista tai vastaavista (HOFFMANN 1989). Kasvuston tiheys ja sää vaikuttavat myös paljon siihen, mikä lämpöannos on tarpeen (ASCARD 1988).

Nuorille, ohutseinäisille soluille riittää lämmitys 94-110 °C:een 0,1:ksi sekunniksi. Paksut kuorisolut, joiden lämmön-eristyskyky on hyvä, kestävät kuitenkin 310 °C sekunnin ajan (HOFFMANN 1989).

Lyhytaikaisessa kuumennuksessa lämpö tunkeutuu eripituisia matkoja solukkoon. Suojaava kuori- tai lehtikerros voi estää lämpöä saavuttamasta kasvin elintärkeitä osia, mitä käytetään hyväksi valikoivassa liekityksessä. ASCARD (1988) viittaa tutkimuksiin, joissa on tutkittu lämmön tunkeutumista puuvil-lakasvin varteen liekitettäessä 4,8 km/h:n nopeudella. Kolmen

millimetrin etäisyydellä kuorikerroksesta mitattiin 1154 °C:n liekkilämpötila. Itse kuoren pinnassa lämpötila oli 434 °C ja sisällöltään koaguloituneita soluja oli vain neljän solukeroksen syvyydeltä. Kambiumkerroksessa kuoren alla mitattiin 56 °C. Kuolettavan lämpötilan raja-arvon puuvillan kambiumkerroksessa arvellaan olevan 77 °C:n vaiheilla.

Myös solun sisällön koostumus vaikuttaa lämmönsietokykyyn. Mitä pienempi on vesipitoisuus ja mitä suurempi eri aineiden konsentraatio, sitä parempi on lämmönsietokyky. Siksi voivat jopa kasvuolosuhteet ja ravinnetila vaikuttaa käsittelyn onnistumiseen.

Liekityksen vaikutuksen arvellaan olevan lämpötilan, altistusajan ja samaenergian funktio, kenties parhaiten ilmaistu energiamääränä tai lämpötilasummana. Alempi lämpötila voidaan tietyssä määrin korvata pitemmällä vaikutusajalla ja päinvastoin (ASCARD 1988).

Liekkilämpötila voi käytännössä vaihdella 800 ja 1000 °C:n välillä. 0,065-0,130 sekunnin vaikutusajan ilmoitetaan riittävän useimmille pienille rikkakasvintaimille. 10 cm:n pituisella liekinytimellä tämä merkitsee 2,8-5,5 km/h ajonopeutta. Laskelmat täsmäävät hyvin sirkkalehtiasteisten rikkakasvien liekityksessä suojaamattomalla avoliekillä tavallisesti käytettyihin nopeuksiin (ASCARD 1988).

Suuremmat rikkakasvit ja tiheät kasvustot voivat kuitenkin tarvita huomattavasti voimakkaampaa käsittelyä, jotta lämpö ehtisi tunkeutua kasvin sisään ja varmuudella tehot täysin kaikissa kasvuston osissa. Hollantilaisissa tutkimuksissa, joihin ASCARD (1988) viittaa, koteloituilla polttimilla on maanpinnan tasalla tarvinnut saavuttaa 800-1000 °C noin 1 sekunnin ajaksi hyvän torjuntatehon (90-95 %) varmistamiseksi. Kokeessa käytettiin testikasveja pienistä rikkakasvintaimista 10-15 cm kaalintaimiin saakka. Torjuntateho väheni alempien lämpötilojen ja lyhyemmän vaikutusajan myötä ja oli esimerkiksi vain 34 %, kun 700 °C:n lämpö vaikutti 0,4 sekuntia.

Yli sekunnin vaikutusajat voivat olla tarpeen, jotta solukossa varmuudella saavutettaisiin yli 100 °C:n lämpötila. Käytännössä työskennellään korkein lämpötiloin (800-1000 °C) altistusajan lyhentämiseksi ja suuremman ajonopeuden mahdollistamiseksi. Tehokasta lämpöaluetta voidaan myös pidentää asettamalla kaksi poltinta peräkkäin ja/tai koteloimalla polttimet (ASCARD 1988).

Tavallisin tapa ilmoittaa nestekaasukäyttöisten laitteiden lämpöannos on "kg nestekaasua/ha". Yleispätevämpi yksikkö voi olla MJ/ha tai kWh/ha. Tavalliset käytännössä saavutetut annosvälit ovat 25-80 kg/ha. Käsiteltäessä helposti torjuttavia rikkakasveja nykyaikaisilla varusteilla, joissa on lämmönheijastin liekin yllä, voidaan nestekaasun käyttö supistaa 25-40 kg:aan/ha. Koteloimattomin liekein kaasunkulutus on usein 60-80 kg/ha. Käytännössä voidaan liekityksen voimakkuutta säädellä muuttamalla ajonopeutta, mutta myös tietyissä määrin

kaasunpaineella. Tietyillä varusteella ja tietyissä käsittelytilanteissa on olemassa pienin kaasunkulutus maksimitehon aikaansaamiseksi (ASCARD 1988).

### 3. Liekityslaitteet

Rikkakasvien liekityslaitteita on olemassa eri kokoisia pienistä käsikäyttöisistä traktorin nostolaitesovitteisiin. Energian lähteenä on nestekaasu, joka voidaan ottaa pullosta joko nesteenä tai kaasuna. Joissakin laitteissa on avonaiset polttimet, toisissa taas polttimet on koteloitu. Avonaiset polttimet voidaan valikoivassa liekityksessä suunnata sivulta viljelykasviriviin.

HOFFMANN (1989) mainitsee nestekaasun etuina polttoaineena mm., että suuria kaasumääriä on kuljetusteknisesti sopivassa säilytyskoossa ja kuljetuspainossa, astiassa säilyy vakio-paine "tyhjenemiseen" saakka, käyttökiinnitys on yksinkertainen, puhtaan hapen lisäyksellä voidaan liekin lämpötilaa nostaa merkittävästi ja nestekaasu on "myrkytön" palaessaan tähteettömästi. Nestekaasun puutteita ovat puolestaan kaasun mahdollisen ottomäärän riippuvuus käytössä olevasta höyrystyslämmöstä ja palamisen huomattava ilman tai hapen tarve (1:16 tai 1:4). Lisäksi nestekaasun käyttöön liittyy työsuojellisia riskejä: nestekaasupisararat aiheuttavat paleltumia, liekki palovammoja.

Nestekaasu voidaan ottaa pullosta joko nesteenä tai kaasuna. Otettaessa kaasu nesteenä tarvitaan erillinen höyrystin, joka voi olla polttimen yhteydessä (HOFFMANN 1989).

VESTER (1987) vertasi erilaisia polttimia ja havaitsi suuria eroja niiden kaasunkulutuksessa työleveys-senttimetriä kohti tunnissa. Runsaasti kaasua kuluttavien poltinten rikkakasvi-teho oli kuitenkin paras, mikä mahdollisti suuremman ajonopeuden ja tätä kautta jopa pienemmän kaasunkulutuksen hehtaarilla kuin vähemmän kaasua tunnissa kuluttavat polttimet.

Oikea poltinten asento on tärkeä hyvän liekitystuloksen saavuttamiseksi. Kuuman alueen tulee viipyä käsiteltävillä kasveilla mahdollisimman kauan. Poltinten edullisimmasta asennosta ei ole yhtenäisiä suosituksia. HOFFMANN (1989) suositaa yleensä 40-45 ° kulmaa maahan nähden ja polttimen suuaukon korkeudeksi maasta 12-15 cm. Kivien, kokkareiden yms. taakse ei saisi jäädä suoja-alueita. Poltinten lukumäärä, kaasunpaine, poltinten asento ja liekin pituus tulee sovittaa olosuhteiden mukaan (HOFFMANN 1989). Kuumaa vyöhykettä on eräissä laitteissa pidennetty koteloimalla polttimet (ASCARD 1988).

Jollei polttimia ole koteloitu tai muuten suojattu, voi tuuli puhaltaa liekin sivuun kohteestaan (GEIER 1987, VÄISÄNEN 1990). Liekitys voidaan suorittaa joko koko maanpinnan tasokäsittelynä tai rivivälilien tai viljelykasvirivien nauhakäsittelynä. Viljelykasviriveissä voidaan liekittää joko juuri

ennen viljelykasvin taimettumista tai kun viljelykasvi on kuumuutta kestävässä kasvuvaiheessa (HOFFMANN 1989). Tavallisin polttimet asennetaan valikoimattomassa liekityksessä kulkusuuntaan nähden eteen- tai taaksepäin ja valikoivassa liekityksessä kulkusuuntaan nähden kohtisuoraan (HOFFMANN 1989). Rivien liekitykseen voidaan yhdistää rivivälien haraus samalla ajokerralla.

#### Liekitys ennen viljelykasvin taimettumista

Monet viljelijät liekittävät rikkakasvit 10 cm leveänä nauhana rivistä ennen viljelykasvin taimettumista ja torjuvat rikkakasvit riviväleistä mekaanisesti. Kaasunkulutus on tällöin 10-20 kg kaasua/ha (VESTER 1987). Koko pinta-alan liekityksessä kaasunkulutus on noin 50-60 kg/ha. Liekitys ennen viljelykasvin taimettumista edellyttää, että viljelykasvi itää hitaasti, niin että valtaosa rikkakasveista taimettuu ennen viljelykasvia. Liekitys ajoitetaan mahdollisimman lähelle viljelykasvin taimettumista.

#### Valikoiva liekitys

Valikoivaa liekitystä viljelykasvirivissä on aiemmin käytetty yleisesti Yhdysvalloissa rikkakasvien torjuntaan puuvillassa, maississa ja soijapavuiissa. Ne voidaan siis taimettumisen tai istutuksen jälkeen liekittää riveissä. Viljelykasvin on silloin ollut saavutettava tietty koko tai kehitysvaihe, niin että se sietää liekitystä sadon kärsimättä. Liekki ei saa osua lehtiin, ainoastaan viljelykasvin varteen. Viljelykasvin

lehdet voidaan suojata suojalevyllä (VESTER 1987). Esim. sipuli, maissi, perunat, juurikkaat, kaali ja punajuuri voidaan liekittää valikoivasti. Menetelmään sisältyy kuitenkin viljelykasvin vahingoittumisen riski.

#### 4. Liekityksen teho rikkakasveihin

##### Rikkakasvit

Sama liekkikäsittely vaikuttaa rikkakasveihin eri lailla lajista, iästä ja koosta riippuen. Yleisesti pätee (ASCARD 1988, HOFFMANN 1989), että:

- pienet rikkakasvintaimet ovat arempia kuin suuret
- kaksisirkkaiset rikkakasvit ovat huonomman jälleenkasvukyvyn vuoksi arempia kuin yksisirkkaiset
- lajit, joilla on suojatut kasvupisteet ja/tai voimakas juuristo kasvattavat uusia lehtiä käsittelyn jälkeen.

Rikkakasvit ovat yleensä sitä liekityksenarempia, mitä pienempiä ne ovat. Useat lajit on helppo torjua sirkkalehtias- teella tai jopa 2-lehtiasteella. Rikkakasvien ei käsiteltäessä tulisi koskaan olla yli 5-10 cm korkeita. Suuret rik- kasvit vaativat pidemmän vaikutusajan ja kasvavat helpommin uudelleen kuin pienet (ASCARD 1988).

Monet siemenrikkakasvit voidaan pientaimiasteella torjua täydellisesti yhdellä käsittelyllä. Useat lajit, esim. rautanokkonen ja jauhosavikka kuolevat täydellisesti yhdellä käsittelyllä, jopa 10-20 cm:n pituisina, mutta vaikutusaikaa täytyy nostaa radikaalisti. Ruusukkeisen kasvutavan omaavat rikkakasvit ja heinälajit voivat kuitenkin matalalla sijaitsevan kasvupisteensä ansiosta kasvattaa uusia versoja, vaikka ne käsiteltäisiin sirkkalehtiasteella. (ASCARD 1988).

Yksisirkkaisten lajien, pääasiassa heinien, lehdet ovat yleisesti lämmönarempia kuin kaksisirkkaisten lajien. Vastapainoksi heinälajien kasvupisteet ovat lehtitupprien suojassa ja selviävät hengissä käsittelyistä paremmin kuin monet kaksisirkkaiset kasvit (ASCARD 1988).

Liekitys vahingoittaa vain välittömästi saavuttamiaan kasvinosia, joten sitkeiden juuririkkakasvien, kuten esim. ohdakkeen liekitys on toistettava useita kertoja (HOFFMANN 1989).

Mitä pienempi solujen vesipitoisuus ja mitä korkeampi solujen ionikonsentraatio on, sitä paremmin ne sietävät lämpöä (HOFFMANN 1989).

VESTER (1987) ja ASCARD (1988) ovat luokitelleet rikkakasveja liekitysarkuuden perusteella seuraavasti:



Arkoja. Käsittely tehoaa hyvin 2-lehtiasteelle saakka. Monet lajit voidaan torjua myöhemmässäkin vaiheessa yhdellä käsittelyllä, mutta suuret kasvit vaativat voimakkaamman käsittelyn kuin pienet.

Hanhentatar (Polygonum persicaria)

Jauhosavikka (Chenopodium album)

Kiertotatar (Fallopia convolvulus)

Kierumatara (Galium aparine)

Peltovillakko (Senecio vulgaris)

Pihatähtimö (Stellaria media)

Punapeippi (Lamium purpureum)

Rautanokkonen (Urtica urens)

Keskiarkoja. Käsiteltävä sirkkalehtiasteella.

Mustakoiso (Solanum nigrum)

Pelto-orvokki (Viola arvensis)

Rikkasinappi (Sinapis arvensis)

Kestäviä. Ruusukkeiset lajit ja heinät. Käsittely lakastuttaa maanpäälliset osat, mutta monien taimien kasvupisteet säilyvät mahdollistaen uudelleenkasvun. Liekitys on tarpeen toista.

Keltapäivänkakkara (Chrysanthemum segetum)

Kylänurmikka (Poa annua)

Lutukka (Capsella bursa-pastoris)

Peltosaunio (Tripleurospermum inodorum)

Hyvin kestäviä. Vakiintuneet monivuotiset rikkakasvit. Toistuvat liekitykset lakastuttavat maanpäälliset osat, mutta uusia versoja nousee jälleen pian.

Juolavehnä (Elymus repens)

Peltokorte (Equisetum arvense)

Pelto-ohdake (Cirsium arvense)

Voikukka (Taraxacum vulgare)

#### **Rikkakasvinsiemenet**

Lämpökäsittely voi vaikuttaa rikkakasvinsiemeniin positiivisesti, negatiivisesti tai ei lainkaan, riippuen lajista, iästä ja lämmitysasteesta. Liekitys ei vaikuta maassa oleviin rikkakasvinsiemeniin. Liekit eivät tunkeudu maahan, ja lämmitys on merkityksetön ja pinnallinen. Vanhempien tutkimusten mukaan ei liekitys vahingoita lainkaan maassa olevia siemeniä. Maanpinnalla olevat siemenet tuhoutuvat vain osittain, kun taas yhä kasvissa olevat siemenet usein tuhoutuvat. Tutkimukset ovat osoittaneet liekityksen tai polton ehkäisevän eniten kypsymättömien siementen itämistä (ASCARD 1988).

Erilaiset siemenet voivat reagoida eri tavalla samaan lämpökäsittelyyn, mikä on myös osoitettu kokeissa (taulukko 1). Enimmäkseen liekitys kuitenkin laskee siementen itävyyttä.

Taulukko 1. Termistä rikkakasvintorjuntaa vastaavan lämmön vaikutus vastakorjattujen ja syksystä kevääseen kuivassa, ulkolämpötilassa varastoitujen siementen itämiseen (FYKSE 1985).

Rikkakasvilajit	Itäneet siemenet		%	
	Syksyllä	Keväällä	Ei kuu-Kuumenmenn.	Ei kuu-Kuumennettu
Peltosaunio ( <u>Tripleur. inodorum</u> )	5	8	64	42
Pihasaunio ( <u>Matr. matricarioides</u> )	2	1	7	25**
Lutukka ( <u>Capsella bursa-pastoris</u> )	4	12**	62	56
Hanhentatar ( <u>Polygonum persicaria</u> )	8	8	76	58
Peltoemäkki ( <u>Fumaria officinalis</u> )	4	3	1	1
Jauhosavikka ( <u>Chenopodium album</u> )	21	7*	28	26
Peltotaskuruoho ( <u>Thlaspi arvense</u> )	15	18	75	57
Punapeippi ( <u>Lamium purpureum</u> )	70	24*	77	38*
Peltolemmikki ( <u>Myosotis arvensis</u> )	5	9	28	32
Pelto-orvokki ( <u>Viola arvensis</u> )	56	37*	80	46*
Pelto villakko ( <u>Senecio vulgaris</u> )	79	12*	66	43*
Keskimäärin	24	13	51	39

\* Kuumennus vähentänyt itävyyttä merkitsevästi

\*\* Kuumennus lisännyt itävyyttä merkitsevästi

## Sään vaikutus

Rikkakasvit (ja viljelykasvit) ovat liekitykselle herkimpiä, kun taimet ovat kuivia ja kärsivät vesistressistä. Jos lehdet ovat kasteesta tai sateesta kosteita, tarvitaan lisää lämpöä veden höyrystämiseksi pois lehtipinnalta. Monet kenttähavainnot ovat osoittaneet, että kastekosteiden taimien käsittelyssä vaikutusaika ja sen myötä myös energiankulutus voi enemmän kuin kaksinkertaistua aurinkokuiviin verrattuna (ASCARD 1988). Siksi on edullista liekittää aurinkoisina iltapäivinä.

Tuuli huonontaa tuloksia, jollei poltinten suojaus ole riittävä. Koteloimaton liekki muuttuu tuulessa epävakaaksi ja voi sammua. Vaikka liekki palaisikin, huononee tulos lämmön puhaltuessa pois ja vaikutusajan siten lyhentyessä. Ongelma voidaan kuitenkin korjata tehokkaalla suojauksella. Koteloimattomia polttimia voi olla pakko käyttää tuulisilla paikoilla aamulla tai illalla kasteesta huolimatta, jotta ylipäättään voitaisiin liekittää. Koteloituja polttimia käytettäessä tuulesta voi olla jopa etua, koska haihdunta käsitellyistä kasveista lisääntyy silloin (ASCARD 1988).

Sade välittömästi liekityksen jälkeen voi hieman heikentää vaikutusta, koska se vähentää haihduntaa lehdistä. Liekityksen jälkeinen sade ei kuitenkaan vaikuttane ratkaisevasti lakastumiseen. Jos maa on käsittelyn jälkeen kostea, kasvavat sellaiset rikkakasvit, joilla on henkiinjääneitä kasvupisteitä, nopeammin uudelleen (ASCARD 1988).

## 5. Liekityksen vaikutus viljelykasveihin

Rikkakasvien herkkyyttä koskevat periaatteet pätevät myös viljelykasveihin. Oletettavasti eri kasvilajien lisäksi myös eri lajikkeet reagoivat eri tavalla liekitykseen.

Viljely- ja rikkakasvien lämmönsietokyvyn eroja käytetään hyväksi valikoivassa liekityksessä. Varsien lämmönsietokyky on parempi kuin lehtien. Puumaiset kasvit, joiden kuorikerros on paksu, sietävät liekitystä huomattavasti paremmin kuin hennot rikkakasvit. Useat peltokasvit, kuten maissi, sipuli ja soi-japapu kasvattavat nopeasti korkean ja paksun varsi-osan. Maissi ei kasvata paksua kuorta, mutta ulommat lehdet suojaavat nuorempia lehtiä (ASCARD 1988).

Kuten rikkakasvit, myös viljelykasvit ovat pääsääntöisesti arimpia liekitykselle varhaisessa vaiheessa. On kuitenkin poikkeuksia, joita hyödynnetään valikoivassa tarkoituksessa. Varhaisessa kehitysvaiheessa yksisirkkaiset kasvit, kuten maissi, korsiviljat ja sipuli, sietävät suhteellisen hyvin liekitystä, koska niiden kasvupisteet ovat suojassa maanpinnan alla tai kokoonkääriytyneiden lehtien sisällä. Maanpäälliset osat voivat kuihtua, mutta kasvi tekee uusia versoja alhaaltapäin (ASCARD 1988).

Soi-japavuilla on paksut sirkkalehdet, jotka kestävät lämpöä paremmin kuin useimmat pienet rikkakasvintaimet. Soi-japapua on lähes mahdotonta vaurioittaa vain lievästi, ne eivät joko vaurioidu lainkaan tai saavat ankaria vaurioita. Maissi sitä-

vastoin tarvitsee hyvin voimakkaan lämpöannoksen, jotta sen lehdet vaurioituisivat vakavasti. Tämä selittyy sillä, että maissinlehdet ovat enemmän yhteenkiertyneinä, eivätkä niin lämmölle alttiina kuin soijapavun lehdet (ASCARD 1988).

## 6. Liekitys viljelykasveittain

### Sipuli

VESTER (1987) liekitti tasokäsittelyllä istukassipulin noin 5 cm korkuisena ja valikoivasti 15-20 cm korkeudesta alkaen. Tasokäsittelyssä liekit suunnattiin yhtäläillä sipuleihin kuin niiden välissä oleviin rikkakasveihin. Valikoivassa liekityksessä sipulin naatit suojattiin liekeiltä naatinnostajilla ja eristyslevyillä. Liekki suunnataan noin 45 ° kulmassa sivulta sipuliriviin siten että liekki osuu vain sipulin maanpäällisen osan alimpaan 5 cm:iin.

Sekä VESTERin (1987) että ASCARDin (1989) kokeissa 2-3 liekityskertaa torjuivat yleensä alkukesästä rikkakasvit hyvin. Jotkin vaikeasti torjuttavat lajit, kuten ruusukkeiset kasvit ja heinät täytyy kuitenkin torjua muilla keinoin. ASCARDin (1989) kokeessa kitkentätyön tarve oli termisessä torjunnassa merkittävästi pienempi kuin kemiallisessa torjunnassa.

Valikoivan liekityksen toteutus ei kuitenkaan ole käytännössä yksinkertaista. Maanpinnan tulee olla tasainen, jotta liekki ei nousisi maasta eivätkä rikkakasvit olisi suojassa epätasaisissa paikoissa. Kylvö- ja istutuskoneiden jäljet tulee

tasoittaa ennen liekitystä. Liekitinten tulee seurata maan pinnanmuotoja. Viereiset rivit on suojattava liekiltä varsinkin, jos riviväli on alle 50 cm (VESTER 1987). Jos sipulin lehdet roikkuvat, on tarpeen käyttää lehdennostajia ja -suoja (ASCARD 1989).

Koneella istutettu sipuli vaurioituu käsin istutettua herkemmin epätasaisemman kehityksensä vuoksi (VESTER 1987). Sadon menetys on keskimäärin 10-15 %, mikä johtuu pääasiassa sipulin pienemmästä koosta.

Istukassipuli voidaan liekittää tasokäsittelynä 5 cm:n korkeuteen saakka intensiteetillä 90-100 kg kaasua/ha (tarvittaessa kahdesti), ja 15-20 cm korkeudesta alkaen valikoivasti intensiteetillä 40 kg kaasua/ha (VESTER 1987).

Kylvösipuli voidaan liekittää tasokäsittelynä, kun sirkkalehti on noin 1 cm:n korkuinen, mutta kasvulehtiä ei vielä ole (VESTER 1987). Intensiteetti saa olla 15-18 cm:n korkeudessa enintään 40 kg kaasua/ha, eikä sitä saa nostaa ennen kuin sipuli on 20-25 cm korkuista.

ASCARDin (1989) kokeessa kylvösipuliviljelysten työn tarve oli liekitystä käytettäessä yli kaksinkertainen verrattuna vastaavaan kemiallisesti käsiteltyyn. Sipulit liekitettiin ennen taimettumista sekä kerran, kun ne olivat yli 15 cm korkeita. Ennen toista liekitystä kitkettiin käsin. Liekitys ennen sipuleiden taimettumista puolitti työn tarpeen pelkkään

riviväliharaukseen verrattuna. Kasvavan kasvuston liekitys vähensi työn tarvetta siitäkkin. Liekitys ei vähentänyt satoa (ASCARD 1989).

#### Porkkana

Porkkananviljelyssä on liekitys ennen taimettumista pinta-alaltaan tällä hetkellä merkittävin menetelmän käyttötapa. Porkkanassa voidaan suositella vain liekitystä ennen taimettumista. Ennen taimettumistakin liekittäjä joutuu usein ottamaan riskin, että hän samalla tuhoaa osan porkkanantaimista (ASCARD 1988).

Porkkananviljelyssä voidaan liekityksellä vähentää käsinkitkennän tarvetta noin puoleen siitä, mikä se olisi esimerkiksi pelkässä mekaanisessa torjunnassa. GEIERin (1987) kokeessa liekitys vähensi käsinkitkennän tarpeen noin 500:sta tunnista 210 tuntiin/ha. ASCARDin (1988) arvion mukaan käsinkitkentäaika vähenee yleensä 200-300 tunnista/ha 100-150 tuntiin/ha.

#### Peruna

Koko ala voidaan käsitellä perunan taimien ollessa 2-4 cm korkeita ilman että kasvu estyy. Seuraavan kerran voidaan liekittää, kun liekit pääsevät lehtien alle 15-20 cm taimi-



korkeudessa. Perunan mekaaninen rikkakasvintorjunta on useimmiten parempi vaihtoehto kuin kalliimpi liekitys (VESTER 1987).

#### Kaali

Kaali voidaan liekittää 10 cm korkuisena pienellä teholla (40 kg kaasua/ha) ja 15-20 cm korkeudesta alkaen normaalilla teholla (VESTER 1987).

#### Sokerijuurikas

Joissakin tapauksissa liekitys voidaan tehdä ennen juurikkaan taimettumista. Taimettuneet juurikkaat eivät siedä liekitystä. Ne voidaan varovasti liekittää valikoivasti 15-20 cm korkuisina. Intensiteetti ei ensimmäisellä kerralla saa ylittää 40 kg/ha. Uudelleenkasvu korjaa vauriot suurelta osin (VESTER 1987).

## 7. Liekityksen taloudellinen kannattavuus

Liekityksen taloudellisuus riippuu vertailukohteesta. Liekitys on tavallisesti kalliimpaa ja vaatii enemmän työtä kuin kemiallinen torjunta, mutta huomattavasti halvempaa kuin käsinkitkentä. Mekaaniset vaihtoehdot ovat yleensä edullisempia kuin liekitys, jos niitä voidaan käyttää. Liekitys on kannattavaa lähinnä tilanteissa, joissa mekaanisia menetelmiä ei voida käyttää (ASCARD 1988).

Jollei tehokkaita, hyväksytyjä rikkakasvintorjunta-aineita ole käytettävissä, on liekitys kilpailukykyinen vaihtoehto myös tavanomaisessa viljelyssä. Tämän totesi ASCARD (1989) istukassipulin liekitystutkimuksessaan.

Liekityksen kustannukset vaihtelevat voimakkaasti tapauksesta toiseen, riippuen paljolti laitteen hinnasta, kapasiteetista ja käyttöasteesta, tarvittavien käsittelyjen määrästä sekä täydentävän käsinkitkennän tarpeesta. Nestekaasu ei tavallisesti ole suurin kustannus, vaan kone- ja työkustannukset ovat usein suurempia (ASCARD 1988).

Liekityslaitteen kapasiteetti on yleensä pienempi kuin torjunta-aineruiskun, mutta usein mekaanisten laitteiden tasoa. Liekityslaitteiden leveys on tavallisesti alle 3 metriä ja ajonopeus 2-6 km/h.

Useimpien vihanneskasvien viljelyssä tarvitaan vielä onnistuneen liekityksen jälkeenkin runsaasti käsinkitkettä. Lähinnä maissin ja istukassipulin rikkakasvintorjunnassa on mahdollista selvitä pelkästään liekityksellä ja harauksilla. Käsinkitkentä on moninverroin kalliimpaa kuin liekitys, ja siksi se on otettava huomioon kokonaislaskelmissa. Kokemusten mukaan onnistunut liekitys korvaa ensimmäisen työlään käsinkitkennän, jolloin kasvukauden kitkentätarve puolittuu noin 100 tuntiin/ha (ASCARD 1988).

## 8. Mikroaallot

Mikroaallot ovat sähkömagneettista säteilyä aaltoalueella  $10^{-1}$ :stä  $10^{-3}$ :een metriin ja taajuudella  $10^9$ - $10^{11}$  Hz, ja ne ovat radioaaltojen ja infrapunasäteilyn välissä. Mikroaallot heijastuvat käytännössä metalleista, läpäisevät eristeet lähes ilman hukkaa, ja luovuttavat puolijohteisiin tunkeutessaan energiaa, niin että nämä lämpenevät; mikroaaltojen vaikutus eri aineita käsiteltäessä johtuu siis tästä sisäisestä lämpenemisestä (WIENEKE 1988).

Useissa teollisuudenhaaroissa on mikroaaltoja käytetty jo vuosia, esim. kumin vulkanointiin, muovien hitsaamiseen, puun, tekstiilien ja paperin kuivattamiseen, elintarvikkeiden sulattamiseen ja kypsyttämiseen, ja eri aineiden ja jätteiden käsittelyyn bakteerien tappamiseksi (WIENEKE 1988).

Mikroaaltolaitteiden hankinta kotitalouksiin lisääntyi menneinä vuosina voimakkaasti. Maataloudessa on viime aikoina useilla aloilla ryhdytty voimallisesti yrittämään mikroaaltojen käyttöä. Kehitys ei ole kuitenkaan johtanut toimiviin ja taloudellisiin laitteisiin (WIENEKE 1988).

Vesimolekyylit absorboivat valikoivasti 2450 MHz säteilyä, mikä lisää molekyylien liikettä ja tätä kautta lämpötilaa (BARANSKI ja CZERSKI 1976). Lämpötilan nousun katsotaan olevan tärkein rikkakasvien kuoleman aiheuttava mikroaaltojen vaikuttama tekijä (VELA-MUZQUIZ 1983).

Siementen tappaminen maasta mikroaalloilla kuluttaa suhteellisen paljon energiaa. Sitä vastoin itävien rikkakasvien solurakenteen tuhoaminen  $\gamma$  -säteilyllä mikroaaltoimpulssilla näyttää lupaavalta. Liikkuvan laitteen käyttämiseksi täytyy iskunarka mikroaaltogeneraattori ripustaa tärinäsuojatusti. Mikroaaltoja käytettäessä ei myöskään epätasaisella maalla saa karata hajasäteilyä yli  $5 \text{ mW/cm}^2$  5 cm:n etäisyydellä laitteesta (WIENEKE 1988).

## 9. Sähkö

Sähkön käytöstä rikkakasvintorjuntaan ovat DIPROSE ja BENSON (1984) tehneet kattavan kirjallisuustutkimuksen, johon myös tässä esitetty pääosin perustuu.

Kasvien sähkökäsittelyyn käytetyt menetelmät ovat kahta päätyyppiä - kipinäpurkaukset ja jatkuva kosketus. Kipinäpurkausmenetelmä käyttää korkeajännitteisiä, lyhytkestoisia pulsseja, esim. 25-60 kV, 1-3  $\mu$ s, rikkakasvintorjuntaan, kasvien harvennukseen ja tuleentumisen nopeuttamiseen. Jatkuva kosketus -menetelmä käyttää elektrodia, joka on kytketty korkeajännitelähteeseen (esim. 15 kV, 5 kW), ja sen koskettaessa kasveja virta kulkee kosketusajan. Sitä käytetään juurikasvien lehtien karsintaan ja kuivamiseen sekä rikkakasvien torjuntaan ja riviviljelykasvien harvennukseen (DIPROSE ja BENSON 1984).

Kipinäpurkauslaitteita on tutkittu lähinnä Neuvostoliitossa, jatkuvan kosketuksen laitteita taas Yhdysvalloissa ja Euroopassa. Kaupallista jatkuvan kosketuksen laitetta on tuotettu Yhdysvalloissa maatalojen rikkakasvintorjuntaan, metsän aluskasvillisuuden raivaamiseen ja junanratojen rikkakasvien torjuntaan (DIPROSE ja BENSON 1984). Rikkakasvien torjunta sähköllä on kustannuksiltaan kemikaalien käytön kanssa kilpailukykyistä, jos sitä käytetään yli 900 ha:lla/vuosi.

## Kipinäpurkausmenetelmä

Yksinkertaisimmassa virtapiirissä korkeajännitteen tuottamiseksi käytetään ylösmuuntajaa, joka lataa kondensaattoria. Hyvin korkeilla antojännitteillä, esim 80 kV, käytetään jännitettä moninkertaistavaa tasasuuntaajaa. Traktorikäyttöistä generaattoria tarvitaan tuottamaan virtaa virtapiireille suurten taajuuksien tuottamiseksi.

Elektrodit kytketään kondensaattoriin vastakkaisille puolille ja ne muodostavat kipinävälin. Koska antojännite on kymmeniä kilovoltteja, on kondensaattoriin varastoitu energia korkea, esim 0,1  $\mu\text{F}$ :lle 50 kV:ssa energia on 125 J. Pulssin toistotiheys riippuu siitä, millä nopeudella kondensaattori voidaan ladata uudelleen. Suurten jännitteiden kytkeminen ja katkaisu on vaikeaa, niinpä kipinä muodostuu joko sähköön tuoton ylitäessä elektrodien purkausjännitteen tai kasvin kulkiessa niiden välitse aiheuttaen purkauksen (DIPROSE ja BENSON 1984).

Toisenlaista virtapiiriä käytetään kun tarvitaan täsmällistä laukaisua, esim. harvennuksessa. Voimanlähde lataa kondensaattorin muutamaa kilovolttiin ja katkaisija (tyratroni tai tyristori) purkaa sen sykäysmuuntajan ensiön kautta. Toisiojännite johdetaan elektrodeihin kipinän tuottamiseksi. Tyypillisesti kondensaattori voisi olla 1  $\mu\text{F}$  ladattuna 3 kV:iin 10:1 muuntosuhteella, antaen 30 kV:n tuotoksen 4,5 J:ssä. Yhdelle kasville voidaan tarvittaessa antaa useita pulsseja. Koska katkaisijat toimivat ensiövirtapiirissä suhteellisen

alhaisella jännitteellä (1-5 kV), ne voidaan konstruoida luotettavasti. Laukaisusyökäykset saadaan muista virtapiireistä, jotka havaitsevat kasvit ja päättävät, mitkä on tarpeen poistaa (DIPROSE ja BENSON 1984).

Kipinäpurkausmenetelmän vaikutusmekanismista on erilaisia näkemyksiä. Joidenkin tutkijoiden mukaan kasvien vauriot johtuvat pääasiassa kasvisolukon läpi virtaavasta kipinävirran osasta. Toisten mukaan taas kasvisolukoissa indusoituu ennen kipinää virtoja, jotka tuhoavat solurakennetta, mutta purkauksen jälkeisen šokkiaallon aiheuttama paine olisi suurin tuhon aiheuttaja. Tiettyä kynnyсарvoa voimakkaammat sähköšokit tuhoavat solukalvon puoliläpäisevyyden, jolloin solun sisältö vuotaa soluväleihin.

#### **Jatkuvan kosketuksen menetelmä**

Jatkuvan kosketuksen menetelmä tarvitsee paljon enemmän virtaa kuin kipinäpurkaukset, vaikkakin jännite on yleensä alhaisempi. Tuotostehot vaihtelevat 6 kV:sta 25 kV:iin r.m.s. energiatasoilla, jotka ovat 50 kW:n luokkaa rikkakasvintorjunnassa. Juurikasvien naattien lakastuttaminen vaatii 30-50 kW naatiston leveysmetriä kohti 12 kV r.m.s.:llä, mutta mustikkapensaiden karsimiseen riittää 6-10 kW/leveys-m 19-20 kV:ssa (DIPROSE ja BENSON 1984).

Muuntajan korkea antojännite syötetään elektrodeihin eristettyä kaapelia pitkin taipuisassa putkessa sen suojaamiseksi pölyltä, kiviltä ja kosteudelta. Elektrodit voivat olla koneen takana tai edessä. Rikkajuurikkaan torjunta edellyttää eteen asennettuja elektrodeja, niin ettei traktori kaada pitkiä kukkavarsia ennen käsittelyä. Sähkövirran paluureitin täydentävät maadoituspyörät - tavallisesti generaattorilaatikon alla. On tärkeää, että näillä on jatkuva kosketus maahan laitteen toimiessa, muuten virta etsii toisia paluuteita, ts. traktorin renkaiden kautta (DIPROSE ja BENSON 1984).

Kun elektrodit on asennettu traktorin eteen, maadoitusreitti takana olevaan generaattorilaatikkoon voi olla useita metrejä pitkä ja jännitteen pudotus tuntuva (DIPROSE ja BENSON 1984).

Laitteet ovat yleensä suuria ja raskaita, yksiköt painavat usein 1000 kg tai enemmän. Systemit voitaisiin tehdä pienemmiksi käyttämällä 1000 r/min voimanulosottoa ja korkeataajuisia generaattoreita, ts. 400-660 Hz standardin 50-60 Hz sijaan. Korkeammat taajuudet mahdollistavat pienempien generaattorien ja muuntajien tekemisen, joskin 50-60 Hz yksiköitä voidaan käyttää koti- tai maatalouden varageneraattoreina. Uudet kestopagneettigeneraattorit voisivat tarjota huomattavaa painonsäästöä (DIPROSE ja BENSON 1984).

Elektrodit voidaan järjestää kahdella eri tavalla. Joko toinen puoli sähkönsyötöstä on yhdistetty maahan ja toinen menee yhteen ainoaan elektrodiin, tai elektrodit on kytketty



ulosyötön molempiin puoliin kummankin leijuessa irti maasta. Ensin mainitussa menetelmässä virta kulkee elektrodista kasvin, maan ja maadoituspyörien kautta palataksensa generaattoriin. Jälkimmäisessä menetelmässä sähkövirta kulkee yhdestä elektrodista kasvin kautta maahan ja sitten takaisin generaattoriin toisen kasvin ja elektrodin kautta. Yhden elektrodin ja maadoituksen menetelmään verrattuna kahden elektrodin systeemi tarvitsee kaksinkertaisen jännitteen ja puolet virrasta saman tuhoavan vaikutuksen saavuttamiseksi kahdessa kasvissa. Kahden elektrodin systeemi edellyttää toimiakseen, että rikkakasveja on riittävän tiheässä hangatakseen molempia elektrodeja vasten (DIPROSE ja BENSON 1984).

Kasvihuoneessa astiassa kasvatettujen kasvien tuhoamiseksi riittävät pienemmät energiatasot kuin mitä samat kasvilajit tarvitsevat pellolla. Ero on kokeissa ollut 4-10-kertainen. Ero johtunee pääasiassa kasvien kokoeroista seuraavista erisuuruuksista vastuksista.

Joissakin tapauksissa, kun kasvit ovat puisia ja vahvoja, esimerkiksi sykomorin taimet, elektrodit voidaan harjata sekä viljely- että rikkakasvin läpi. Koska viljelykasvin sähköinen vastus on paljon suurempi kuin rikkakasvien, virta kulkee enimmäkseen ei-toivottuihin kasveihin. On myös suunniteltu mekaaninen systeemi, jossa jäykkä viljelykasvi (maissi) saa suojan siirtymään elektrodin eteen, mutta pehmeämmät rikkakasvit hankautuvat elektrodia vasten ja kuolevat.

Sähköšokin saaneen kasvin ulkoisessa olemuksessa on neljä vaihetta. Šokin aikana ja joitakin sekunteja sen jälkeen kasvi huokuu suuret määrät höyryä, mitä seuraa turgorin menetyks ja kasvin hidas luhistuminen oman painonsa alla. Kahden päivän kuluttua pääverso on jo kuivunut, ja lehdet ja pienet haarat, jotka ovat selvinneet siihen asti nestevarojensa turvin, alkavat kuolla. Noin viikon kuluttua kasvi on täysin kuihtunut.

Virran kulkiessa kasvin lävitse tämän lämpötila nousee nopeasti. Sähkövirran tärkeimpänä vaikutuksena solukoihin pidetään solunesteiden kuumennusta ja niiden laajenemista kaasumuotoon sitä seuraavin tuhoin ja soluseinien repeämisin. Kasvien kestävyys vaihtelee: mitä enemmän selluloosaa ja ligniiniä ne sisältävät, sitä parempi on sähkönkesto.

Juurten tuhoutumisen laajuus riippuu juurten koosta ja muodosta, maalajista ja kosteusoloista. Virran saapuessa maanpinnan tasoon se jättää kasvin, ja mitä paremmin sähköä johtavaa maa on, sitä helpommin virta vuotaa juurista. Sipulimaiset ja mukulamaiset juuret - kuten rikkajuurikkaan juuret - yleensä tuhoutuvat virran virratessa läpi suurimmasta osasta solukkoa ennen juuresta poistumista. Mitä kuivempi maa, sitä suurempi ja sitä syvemmällä on juuren vaurio. Juolavehnan (Elymus repens) kaltaiset kasvit, joilla on laaja maanalainen juurakko, eivät yleensä kuole (DIPROSE ja BENSON 1984).

DIPROSE ym. (1985) vertasivat sähkön, mekaanisen katkaisun ja kemiallisen menetelmän tehoa siementä tuottaviin sokerijuuri-kasyksilöihin ja totesivat sähkön teholtaan kilpailukykyiseksi menetelmäksi viljelykasvin kasvustoa korkeampien versojen torjunnassa. Kompastuskiveksi muodostuu laitteiden raskaus sekä muita vaihtoehtoja korkeampi hinta.

Laite tuotti sähköä 10, 13 tai 17 kV 54 kW:n teholla, ja se yhdistettiin kahdentoista rivin levyiseen suojattujen elektrodien sarjaan, joka ripustettiin 5-15 cm sokerijuurikaskasvuston yläpuolelle. 13 kV:n jännitteellä 5 km/h nopeudella liikkuva järjestelmä kykeni käsittelemään pienestä kohtalaiseen ulottuvan kukkavarsiesiintymän 2,4 ha/h nopeudella traktorin kuluttaessa dieselpolttoainetta 3,5 l/ha.

Elektroterminen laite on useissa suhteissa kemikaalinlevittimiä parempi. Vaikutus on nopea, lakastuminen tapahtuu sekunneissa ja värin menetys minuuteissa. Sähköistä menetelmää voidaan käyttää ohuessa tihkusateessa sekä kosteisiinkin kasveihin siihen kosteuteen saakka, missä sähkövirta kulkisi kasvin ulkopinnalla. Toisin kuin kemikaalikäsittelyssä, käsittelyn jälkeinen sade ei vaikuta sähkökäsittelyn tehoon. Tuuli ei haittaa elektrotermisten laitteiden käyttöä, niin kauan kuin kukkavarret eivät taivu elektrodin alitse. Ei ole vaaraa, että käsitellyt kasvit huojuessaan ja hangatessaan muita kasveja siirtäisivät herbisidiä. Käyttökustannukset olivat pienet sisältäen ainoastaan traktorin polttoainekustannukset (DIPROSE ym. 1985).

Laitteella pystytään käsittelemään hyvin esiintymät lievistä kohtalaisiin. Tässä se on yhtä hyvä kuin muutkin torjuntamenetelmät. Suuri prosentti kasveista kuolee kuten herbisidikäsitteilyssäkin. Mekaaninen katkaisu ei tapa kasveja, joskin se vähentää itämiskykyisten siementen tuotosta yhtä tehokkaasti kuin kemiallinen ja sähköinen menetelmä (DIPROSE ym. 1985).

Kukkavarsien tai korkeiden rikkakasvien esiintyessä rykelmässä elektrotermisen laitteen torjuntateho vähenee. Muutama ensimmäinen kasvi saa suurimman osan virrasta ja alentaa jännitettä, niin ettei rykelmän loppuosa saa riittävää käsitteilyä. Tämän vuoksi rykelmiä ja yli 5000-6000 varren/ha esiintymiä ei voida tehokkaasti torjua yhdellä ajolla, vaan ne täytyy käsitellä kahdesti (DIPROSE ym. 1985).

## II MEKAANISET TORJUNTAMENETELMÄT

Rikkakasvien torjumiseksi kasvukauden aikana on olemassa lukuisia joukko sekä vanhoja että uusia mekaanisia menetelmiä. Osa näistä on lunastanut pysyvän aseman myös ns. tavanomaisessa viljelyssä. Osa taas omaa potentiaalia, jota ei vielä osata hyödyntää.

Viljakasvustoista rikkakasveja voidaan torjua erilaisilla rikkakasviäkeillä tai haraamalla rivivälit. Perunasta rikkakasveja voidaan multauksen lisäksi torjua harauksella ja rikkakasviäestyksellä, jopa traktorin perään ripustetulla lumiketjulla.

Avomaan vihanneksilla ja vastaavilla, esim. juurikkaat, voidaan rivivälien rikkakasvit torjua esimerkiksi haraamalla, jyrsimällä ja harjaamalla sekä viljelykasvien multauksen yhteydessä.

### 1. Haraus

Rikkakasviharoja käytetään rikkakasvien torjuntaan viljelykasvirivien välistä. Haraa voidaan käyttää kaikilla riviviljelykasveilla sekä viljoilla. Tavallisesti haroissa on hanchenjalkaterät joustavien S-piikkien päässä. Joustava varsi aiheuttaa ajon aikana värisevän liikkeen, jonka ansiosta ne irrottavat mullan poikkiharatuista rikkakasveista paremmin kuin jäykät haranterät. Tämän takia S-piikkiharat ovat suo-

sittuja etenkin kevyillä mailla, joilla toisinaan on vaikeuksia tuhota rikkakasvit haraamalla. Viljoilla käytettyjen harojen varsi on jäykkä, jotta niillä voitaisiin työskennellä hyvin tarkasti (METTALA 1982, MATTSSON ym. 1990, PEDERSEN 1990 a).

Nykyään markkinoilla olevien harojen yksiköt ovat nelinivelrakenteisia ja omalla syvyydensäätöpyörällä varustettuja. Tällaisen rakenteen ansiosta työsyvyys pysyy samana koko haran työleveydeltä, vaikka maan pinnassa olisikin epätasaisuuksia. Traktorin nostolaitteisiin kytkettävät, itseohjautuvat takaharat, ovat ns. yhden miehen koneita samoin kuin etuharatkin (METTALA 1982).

Haran hanhenjalkaterät leikkaavat tai nostavat juuria. Leikkuuvälineiden muotoilu määrää, missä määrin rikkakasvit sekoittuvat maahan tai joutuvat maan pinnalle. Kokkareisessa maassa on vaara, että rikkakasvit jatkavat kasvuaan, jos sää on kostea. Terien muotoilu, säätö ja sijoitus, samoin kuin ajonopeus, määräävät viljelykasviriviin työntyvän maan määrän (MATTSSON ym. 1990).

Harauksilla pyritään pitämään pellon pinta kuohkeana ja vapaana rikkakasveista. Esimerkiksi juurikaslohkot harataan tavallisesti 2-3 kertaa, mutta liettävät sateet ja runsas rikkaruohottuminen voivat lisätä haraustarvetta (METTALA 1982).

Viljojen rivivälit voidaan harata ilman mainittavaa viljelykasvien vaurioitumisriskiä, ja torjuntajakso voidaan ulottaa useille kuukausille. Huonon sään jaksoilla on siksi paljon vähemmän merkitystä haraukselle kuin rikkakasviäestykselle (RASMUSSEN 1989). Rikkakasviäestykseen nähden riviväliharauksen puutteena on, että riviväli on levennettävä vähintään 16-20 cm:iin, jotta riviväliharaus voidaan suorittaa. Tällä vähennetään viljelykasvin luontaisia kilpailuominaisuuksia, ja se asettaa siksi suurempia vaatimuksia rikkakasvintorjunnalle (RASMUSSEN 1989).

Jos rikkakasvien torjunta onnistuu, rivivälin levittäminen 12:sta 20 cm:iin laskee yleensä viljojen satoa 0-5 %. Hyvän rikkakasvitorjunnan saamiseksi haraamalla rivivälin leveys on hyvin tärkeä. Rivivälin levennys vähentää viljelykasvin kilpailukykyä, ja vaikeuttaa riveihin juurtuneiden rikkakasvien torjuntaa. Näiden rikkakasvien torjumiseksi on tärkeää, ettei siemenmäärää pienennetä (RASMUSSEN ja PEDERSEN 1990).

Käsittelyjen ajoitus ja määrä riippuvat viljelykasvin ja rikkakasvien kehitysvaiheesta, rikkakasvien määrästä ja säästä. Nopeuden ja työsyvyyden lisääminen lisää maan liikkumista ja täten rikkakasvitehoa, mutta myös viljelykasvin vaurioita. Nämä tekijät tulisi sovittaa viljelykasvin kehitystasoon, tai viljelykasvi tulisi jollakin tavoin suojata. Hyvän tehon saaminen edellyttää kuivaa ja lämmintä säätä, ja maalaji vaikuttaa nopeuteen ja työsyvyyteen. Uutta teknologiaa, esim. ohjausjärjestelmää, tarvitaan (PEDERSEN 1990 a).

Rikkakasvien vanhetessa haran kaatovaikutus vähenee, leikkausvaikutus lisääntyy. Siksi rikkakasvien kehitysaste ei vaikuta paljoa haran torjuntatehoon (KOCH 1959).

Matalan harauksen hyvän leikkuuvaikutuksen vuoksi täytyy myöhäinen haraus tehdä niin matalaan kuin mahdollista (2-4 cm syvään), koska myöhäisen harauksen aikaan jo suuret rikkakasvit tuhoutuvat paljon paremmin leikkaamalla kuin peittämällä. Sitä vastoin aikainen haraus voidaan suorittaa hieman syvempään, koska varhaisessa harauksessa vielä pienet rikkakasvit tuhoutuvat ensisijaisesti peittymällä (KOCH 1959).

Sokerijuurikkaan viljelyssä METTALA (1982) suosittaa ensimmäisellä haraukerralla syvyydeksi noin 3-4 cm ja viimeisellä noin 5 cm:n syvyyttä. Ajonopeus saisi olla mahdollisimman suuri, jotta rikkakasvit paremmin irtoaisivat maasta.

Pihatähtimöä (Stellaria media) voi olla vaikea torjua viljasta pelkällä riviväliharauksella. Jos kasvit ovat juurtuneet viljariveihin, ne voivat ryömivillä varsillaan kasvaa ulos riviväleihin, missä ne voivat täysin peittää maanpinnan, ilman että hara torjuisi niitä tehokkaasti. Jos haranterää seuraavat välittömästi äkeenpiikit, jotka repivät varret kappaleiksi, paranee torjuntatulokset huomattavasti. Jauhosavikka (Chenopodium album) on pystyn kasvutapansa vuoksi paljon arempi haraukselle kuin pihatähtimö (RASMUSSEN 1989).



## 2. Rikkakasviäestys

Rikkakasviäestystä käytetään lähinnä perunan ja viljojen rikkakasvien torjuntaan. Tavallisimmat rikkakasviäkeet ovat perinteinen rikkakasviäes, verkkoäes ja pitkäpiikkiäes. Perinteisessä rikkakasviäkeessä on talttamaiset, poikkileikkaukseltaan puolikuun tai kulman muotoiset piikit. Verkkoäestä, joka myötäilee maanpintaa, käytetään ennen muuta perunanviljelyssä. Pyöreät piikit ovat toisella puolen äestä pitkät, toisella lyhyet. Pitkäpiikkiäkeessä on joustavat piikit, jotka pysyvät värisevän liikkeensä ansiosta puhtaina rikkakasveista ja kasvinjätteistä paremmin kuin jäykkäpiikkiset äkeet (RYDBERG 1985).

RYDBERG (1985) mainitsee rikkakasviäestystä tutkitun korsiviljojen ja perunan lisäksi myös palkokasvien, rypsin ja rapsin, sokerijuurikkaan ja maissin viljelyssä.

### Peruna

Perunalla käytetään verkkoäestä tai traktorin perässä olevaan puomiin kiinnitettyä lumiketjua (HAUKIOJA 1988). Käytettäessä verkkoäestä ennen perunan taimettumista äestetään lyhyillä (5 cm) piikeillä. Rikkakasvitilanteen vaatiessa on haraus tai verkkoäestys tehtävä kahdesti. Taimistumisvaiheessa on varotettava harausta tai äestystä, sillä taimettuva, huonosti juurtunut peruna on altis irtoamaan maasta (HONKALA 1982).

Taimettumisen jälkeen ei mekaanisia hoitotöitä saisi suorittaa kaavamaisesti, vaan aina tulisi pidättäytyä välttämättömmässä, koska harat ja äkeet helposti vahingoittavat kehittyviä versoja ja juuria. Taimettumisen jälkeen käytetään verkkoäkeen pidempiä (10-15 cm) piikkejä. Perunan tulee tällöin olla hyvin juurtunut ja taimettunut (noin 10 cm korkuis-ta). Verkkoäes ei sovellu käytettäväksi siemenviljelyksillä (HONKALA 1982).

### Viljat

Vanhoissa suosituksissa neuvotaan äestämään vilja ensimmäisen kerran ennen orastumista, mieluiten kuivalla ja aurinkoisella säällä (RYDBERG 1985). Ensimmäisessä äestyksessä rikkakasviäkeiden piikkien leveämpi puoli on eteenpäin, jotta äes kulkee mahdollisimman matalassa.

Toinen äestys suoritettiin, kun viljelykasvissa oli 2 tai 3 lehteä. Tällä kertaa äkeen piikit ovat kapea puoli eteenpäin. Maassa ei saisi olla kiviä, olkista lantaa eikä kokkareita, jotka voivat vahingoittaa viljelykasvia (RYDBERG 1985).

Pitkäpiikkiäes mahdollistaa valikoivan rikkakasviäestyksen. Laitteen pitkät joustavat piikit voivat äestettäessä väistyä sivuun viljarivistä, jolloin vain rivivälit tulevat käsitel-lyiksi. Eräs edellytys äestyksen valikoivuudelle on että äes-tys aloitetaan vasta myöhään viljan kehityksessä. Viljan tu-lee olla niin suurta, että se vastustaa äkeen piikkejä riit-

tävästi pakottaen ne riviväleihin. Perinteiseen rikkakasvi-  
äestykseen nähden ovat rikkakasvit kuitenkin paljon suurempia  
tänä myöhäisenä ajankohtana, joten tarvitaan voimakkaampi  
äestys saman torjuntatehon saavuttamiseksi kuin perinteisellä  
rikkakasviäkeellä (RASMUSSEN 1989).

Rikkakasviäestys voidaan tehdä joko viljelykasvirivien suun-  
taisesti, vinottain tai poikittain viljelykasviriviin näh-  
den. Äestettäessä kylvöriveihin nähden poikittain lisäänty-  
vät sekä vaikutus rikkakasveihin että viljelykasvien vauriot  
(RYDBERG 1985).

Perinteisellä tavalla toteutettu rikkakasviäestys ei yleensä  
ole herbisidien veroinen, mitä tulee torjuntatehoon ja sadon-  
lisään paikoissa, joissa rikkakasvipaine on suuri. Samaan  
aikaan on kuitenkin osoitettu, että merkittäviä torjuntatu-  
loksia (noin 80 %) ja merkittäviä sadonlisiä (noin 15 %) voi-  
daan saavuttaa, kun olosuhteet ovat suotuisat (RASMUSSEN ym.  
1989).

Rikkakasviäestys on usein vahingoittanut korsiviljoja. Äes-  
tyksen valikoivuus perustuu siihen, että viljelykasvit eivät  
voimakkaamman ja syvemmän juuristonsa ansiosta vahingoitu  
yhtä paljon kuin yksivuotiset rikkakasvit. Välttämällä äes-  
tystä viljan herkimmässä vaiheessa välittömästi ennen ja jäl-  
ken orastumisen, voidaan vaurioita vähentää (GILLBERG ym.  
1984, RYDBERG 1985). Kasvit ovat herkimmillään kompensatio-  
pisteen ohitusvaiheen tienoilla, mikä osuu lähelle myöhäistä  
1-lehtiastetta.

Viljelykasvi korvaa usein poisäestetyt taimet jäljelläolevien taimien lisääntyneellä pensomisella ja kasvulla. Lisääntynyt pensominen voi hiukan myöhästyttää ja pitkittää tuleentumista (RYDBERG 1985).

Äestys vähentää viljan oraita. RASMUSSENin ym. (1989) kokeissa vähensi äestys ennen viljan orastumista tai 1-lehtiasteella viljelykasveja noin 20 %. Verkkoäes vahingoitti viljaa eniten. Suuremmat siemenmäärät voivat kompensoida osan vaurioista, jotka rikkakasviäestys voi aiheuttaa (RASMUSSEN ym. 1989).

Varhaisen vaiheen näkyvän vaurion ja sadon välillä ei RASMUSSENin ym. (1989) kokeissa kuitenkaan ollut korrelaatiota. Syy voi olla, että kokeissa satotaso oli yleisesti hyvin alhainen, ja viljelykasvit ovat siksi voineet suurelta osin kompensoida vauriot (RASMUSSEN ym. 1989).

Hyvien tulosten saavuttaminen rikkakasviäestyksellä edellyttää, että äestetään riittävän monta kertaa oikeina ajankohtina (RASMUSSEN ym. 1989).

HABEL (1954) totesi laboratorionkokeissaan, että yhdellä ainoalla äestyksellä saadaan vain osittainen torjuntatuloks. Kaksi perättäistä rikkakasviäestystä torjui hyvin tai tyydyttävästi rikkakasvien sirkkataimet ja pienet rikkakasvit.

RASMUSSENin ym. (1989) kokeissa oli 3-4 käsittelyä (3-8 päivän välein) tarpeen optimaalisen rikkakasvitehon saavuttamiseksi. Optimaalinen torjunta voidaan kuitenkin saavuttaa vähemmällä äestyskerroilla, jos ne suoritetaan otollisimpina aikoina. Eräässä kokeessa torjuntatulokset vaihtelivat noin 0:sta noin 70 %:iin äestysajankohdan vaihdellessa.

Ruotsissa 1930-luvulla suoritetuissa rikkakasviäestyskokeissa todettiin eri maalajien sopivan eri tavoin rikkakasviäestykseen. Kevyemmillä mailla saatiin 15 % sadonlisä yhdellä äestyksellä, 19 % kahdella äestyksellä. Savimailla ei saatu keskimäärin lainkaan sadonlisää, mikä johtuneen maan rakenneongelmista (RYDBERG 1985). Hiesumaat kuorettuvat helposti, jolloin rikkakasviäestyksen maata kuohkeuttava vaikutus lisää satoa (MEHTO 1986).

HABEL (1954) sai rikkakasviäestyksellä tyydyttävän torjuntatuloksen vain rikkakasvien ollessa pieniä: sirkkataimia ja yksittäisissä tapauksissa kasveja, joissa on muutama kasvu-lehti. Suuret rikkakasvit kestivät suhteellisen hyvin äestystä, eikä niitä pystytty hävittämään tyydyttävästi. Verkkoäes osoittautui hieman perinteistä rikkakasviäestä paremmaksi.

Äestysten päävaikutus ei HABELin (1954) mukaan perustu rikkakasvien irtirepimiseen, vaan rikkakasvintaimien peittämiseen hienolla murukerroksella, joka ei ole kahta senttimetriä pak-

sumpi. Tämä ehkäisee tehokkaasti rikkakasvien kasvua, ja niiden jatkokehitys taantuu silloinkin, kun ne onnistuvat tunkeutumaan maapeitteen läpi.

Suurista siemenistä lähtevät rikkakasvit, kuten esim. peltoleinikki (Ranunculus arvensis), ruusuleinikki (Adonis aestivalis), kierumatara (Galium aparine), murattitädäyke (Veronica hederaefolia) ja peltorusojuuri (Lithospermum arvense), osoittautuivat HABELin (1954) kokeissa sangen äestyksenkestäviksi jo sirkkalehtiasteesta alkaen.

Pienisiemeniset rikkakasvintaimet, kuten silkkiunikko (Papaver Rhoëas), otavalvatti (Sonchus asper), pikkutyräkki (Euphorbia exigua), puna-alpi (Anagallis arvensis) ja ketorvokki (Viola tricolor), olivat helpompia torjua yhdellä äestyksellä.

Rikkakasviäestys vaikuttaa maan pintakerrokseen ja voi lisätä rikkakasvien itämistä parantamalla taimettumisolosuhteita, tai vähentää itämistä kuivattamalla maanpintaa, arvelevat RASMUSSEN ym. (1989).

Ajonopeus vaikuttaa ratkaisevasti rikkakasviäestyksen tulokseen. Ajonopeuden lisääntyessä lisääntyy tavallisesti myös teho rikkakasveihin. Viljelykasvinkin vauriot lisääntyvät, mutta eivät yhtä paljon. Edullisin perinteisen rikkakasviäkeen ja verkkoäkeen ajonopeus viljassa on KRAUSin (1948) mukaan 6 km/h. NEURURER (1977) suosittelee 7 km/h ajonopeutta

pitkäpiikkiäkeelle viljelykasvin 2-4-lehtiasteella. Nopeuden nosto 5:stä 9:ään km/h:iin lähes kaksinkertaistaa rikkakasvi-tehon. Korsiviljojen vauriot suuremmalla ajonopeudella lisääntyvät vain marginaalisesti käytettäessä pitkäpiikkiästä, mutta merkittävästi verkkoäkeellä.

Tarpeenmukaisen torjuntastrategian perusperiaate tulee olla, että rikkakasviäestys suoritetaan vain kun teho rikkakasveihin on suuri ja viljelykasvin vauriot samanaikaisesti pienet. Tarpeenmukaiset käsittelystrategiat edellyttävät kuitenkin, että nykyistä paremmin tunnetaan äestyksen vaikutukset niin rikkakasveihin kuin viljelykasviin vaihtelevissa ympäristöoloissa (RASMUSSEN ym. 1989).

RASMUSSEN (1990, 1991 a,b) on viime aikoina kehittänyt malleja, jonka avulla voitaisiin ennustaa rikkakasviäestyksen myönteiset rikkakasvien tuhoamisvaikutukset ja kielteiset viljelykasvia peittävät vaikutukset. Koeaineistoon perustuvat simulaatiot ovat osoittaneet, että äestyksen vaikuttaman rikkakasvitorjunnan ja viljelykasvien peittymisen välinen suhde on hyvin tärkeä tekijä. Tämä suhde on määritelty termillä käsittelyn valikoivuus. Kun valikoivuusehdot ovat suotuisat, äestys osoittautui tehokkaaksi rikkakasvintorjuntamenetelmäksi. Päinvastaisessa tapauksessa, kun valikoivuus oli pieni, äestys ei soveltunut rikkakasvintorjuntamenetelmäksi mitä satovaikutukseen tulee.

### 3. Harjaus (riviväliharja eli harjahara)

Uusinta kehitystä edustaa pyörivällä nailonharjalla varustettu traktorikäyttöinen riviväliharja. Tällainen riviväliharja on Suomessakin ollut koeluontoisesti käytössä riviviljelysten rikkakasvintorjunnassa. Kokemukset harjan käytöstä ovat HAU-KIOJAN (1988) mukaan olleet hyviä.

KRESS (1987) kuvailee traktorin voimanulosotolla toimivan riviväliharjan toimintaperiaatetta. Viljelykasveja suojaavat 60-80 cm pitkät tunnelit; viljelyrivien välissä pyörivät pystysuunnassa joustavat harjarullat, jotka työstävät maata 5 cm syvyyteen saakka. (Normaali työsyvyys on VESTERIN ja RASMUSSENIN (1990) mukaan 3-4 cm). Kierrosluvusta ja ajonopeudesta riippuen harjojen kärjet liikkuvat keskimäärin 3-4 m/s nopeudella. Ajonopeus on viljelykasvista ja tarkkuudesta riippuen noin 3 km/h. KRESS (1987) ilmoittaa käyttävänsä porkkanan rivivälejä harjatessaan 4-5 cm leveitä tunneleita.

Harjarenkaat koostuvat 2-3 mm vahvuisista polypropyleeniharjaksista, jotka kestävät hyvin kulutusta ja ovat jäykän kimmoisia (KRESS 1987). Harjoja on eri levyisiä, ja ne voidaan vaihtaa rivivälin mukaan. Harjarenkaiden normaali halkaisija on 50 cm, mutta taimitarhoihin ym. on saatavissa halkaisijaltaan suurempia harjoja ja suurempia suojatunneleita.



Voimakkaat nailonharjat harjaavat rikkakasvit ylös jättäen ne maanpinnalle. Pyörivä riviväliharja sopii vihanneksille, maissille ja juurikkaille. Erityismuotoiltuna suuremmalla maavaralla se sopii myös taimitarhoihin (MATTSSON ja NYLANDER 1989).

Laitetta valmistetaan 1,5-3,5 m levyisenä (KRESS 1987), mutta kapeimmat versiot ovat suositeltavampia, koska koko laitteen levyisen kiinteän akselin vuoksi tasainen työsyvyys on mahdollista vain äärimmäisen tasaisella maalla (MATTSSON ym. 1990).

Riviväliharjasta on olemassa sekä traktorin taakse, alle että eteen kytkettävät versiot. Työn tarkkuuden vuoksi taaksekytkettävä laite edellyttää lisähenkilöä ohjaamaan laitetta tarkasti rivien välissä (KRESS 1987). Jos maa on hyvin kuivaa, on laitteen ohjaajan työympäristö pölyinen (MATTSSON ym. 1990).

Käsinkitkennän välttämiseksi on tärkeää työskennellä niin lähellä riviä kuin mahdollista. ASCARD ja MATTSSON (1991) vertasivat rikkakasvittomissa oloissa 10 ja 6 cm leveiden harjaamattomien kaistojen vaikutusta porkkanan satoon. Riviväliharjaus vähensi hieman porkkanoiden lukumäärää ja lisäsi hieman haaroittuneiden porkkanoiden osuutta. Sen sijaan suojakaistan leveys vaikutti tulokseen hyvin vähän.

Kivisillä mailla on varottava, etteivät kivet juutu suojatun-  
neliin (KRESS 1987).

Viljelykasvien lehtien tulee harjattaessa olla kuivat, jottei  
niihin tarttuisi harjauksen aikana maata (MATTSSON ym. 1990).

PEDERSEN (1990 b) määritteli tekijän nimeltä työn intensi-  
teetti tarkoittamaan harjojen kehänopeuden ja ajonopeuden vä-  
listä suhdetta. Kun työn intensiteetti pysyi vakiona, pyöri-  
misnopeuden muutos ei vaikuttanut rikkakasvitehoon. Tämän  
perusteella kehänopeuden ja ajonopeuden suhde määrää rikka-  
kasvien vähenemisen, johon myös työsyvyys vaikuttaa.

Suurten rikkakasvien torjumiseksi tarvitaan suurempaa työn  
intensiteettiä kuin pienten rikkakasvien torjumiseksi (PEDER-  
SEN 1990 b).

Riviväliharjan vaikutustavat näyttävät olevan juurineen irti-  
kiskominen ja rikkirepiminen (PEDERSEN 1990 b). Työn intensi-  
teettiä lisättäessä lisääntyvät harjan iskut jokaista rikka-  
kasvia kohti, ja repiminen lisääntyy. Työn intensiteetin li-  
sääntyessä lisääntyy myös työsyvyys. Työsyvyyden lisääntymi-  
nen edistää rikkakasvien irtikiskomista.

Riviväliharja on perinteistä haraa tehokkaampi (VESTER ja  
RASMUSSEN 1990), koska sillä näyttää olevan mahdollista työs-  
kennellä hyvin lähellä riviä. Toisaalta riviväliharja tehoaa  
juolavehnään (Elymus repens) huonommin kuin hara (noin 20 %

ero). PEDERSENin (1990 b) mukaan hyvin kuivissa sääoloissa perinteinen hara tehoaa rikkakasveihin suhteessa paremmin kuin riviväliharja.

#### 4. Muita menetelmiä

##### Jyrsintä

Jyrsin toimii voimanulosotolla ja se on varustettu pyörivillä L-mallisilla terillä. Jyrsin muokkaa rikkakasveja ja maata voimakkaammin ja sen vuoksi tehoaa suurempiin ja vahvempiin rikkakasveihin kuin hara. Jyrsintä käytetään pääasiassa perunan- ja mansikanviljelyssä, mutta myös vihannesviljelyssä. Se toimii hyvin keveillä, kivettömällä mailla, mutta ei sovi huonorakenteisille maille, koska liian hienoksi hajonnut maa voi liettyä. Jyrsin vaatii suhteellisen paljon ylläpityötä, ja korjauskustannukset voivat kivisillä mailla olla korkeat (MATTSSON ym. 1990).

Jos kasvit ovat kosteita, on vaarana, että jyrsimen heittäämä maa jää kiinni viljelykasvin lehtiin (MATTSSON ym. 1990).

##### Multaus

Multauksen päätarkoitus ei ole rikkakasvien torjuminen. Multausta käytetään mm. perunan ja porkkanan vihertymisen ehkäi-

semiseksi (HONKALA 1982, VÄISÄNEN 1990). Perunan multaus tehdään ennen varsiston sulkeutumista. Toimenpide torjuu samalla rikkakasveja.

### Rullaharaus

Rullahara on haran ja jyrsimen välimuoto. Se on tarkoitettu suuriin riviväleihin, aina 1,1 m:iin saakka. Laite ottaa voimansa maasta ja muokkaa maan tehokkaammin kuin hara. Maan rakenne jää hienommaksi kuin harauksen jälkeen, mutta karkeammaksi kuin jyrsimen jäljiltä. Muokkauspyörän kulma ajosuuntaan nähden yhdessä ajonopeuden kanssa määrää muokkauksen voimakkuuden ja sivuttain siirtyvän maan määrän. Parittain ryhmitellyt muokkauspyörät voidaan asentaa siirtämään maata joko rivivälin keskustaa tai viljelykasvia kohti. Laitetta käytetään perunan, mansikan ja maissin viljelyssä. Työnopeus täytyy pitää melko korkeana, noin 10 km/h, parhaan työtuloksen saavuttamiseksi (MATTSSON ym. 1990).

### 5. Yleistä

MATTSSON ym. (1990) vertasivat seitsemää rivivälien rikkakasvien torjuntalaitetta: 2 haraa, rullaharaa, 2 jyrsintä, riviväliharjaa ja liekitintä. Heidän mukaansa laitteen oikea säätö on tärkeämpi kuin laitteen valinta. Kaikkien laitteiden torjuntatulokset oli useimmissa tapauksissa hyvä.

Rikkakasvit tulee torjua oikeaan aikaan, sillä suuriin rikkakasveihin tehoavat kunnolla vain voimanulosotolla toimivat laitteet. Voimakas muokkaus voi kuitenkin vaurioittaa maan rakennetta (MATTSSON ym. 1990).

Ilman voimanulosottoa toimivien rikkakasvien torjuntalaitteiden käyttöala on laaja, ja ne toimivat eri maalajeilla hyvin. Ne ovat suhteellisen vähän herkkiä kiville, ja niiden kapasiteetti on suuri suhteellisen suuren ajonopeuden ja työlevyyden ansiosta (MATTSSON ym. 1990). Hyvin eloperäisillä mailla laitteisiin tarttuvat kasvinjäänteet voivat olla ongelma.

Mekaanisen torjunnan jälkeinen sää vaikuttaa suuresti rikkakasvitehoon. Sade välittömästi käsittelyn jälkeen mahdollistaa rikkakasvien uudelleenjuurtumisen ja kasvun jatkamisen (MATTSSON ym. 1990).

#### Viljelykasvien suojaus

Maanpäällisten kasvinosien suojaamiseksi mekaanisilta vaurioilta sekä maapeitteeltä voidaan rivin molemmin puolin asettaa erilaisia suojaimia. Nämä suojaimet voivat olla levyjä, sileitä tai hammastettuja kiekkoja, tai suojaavia huppuja (MATTSSON ym. 1990).

Suojalevyt suojaavat kasvirivejä tehokkaasti, mutta niiden etureunaan voi tarttua rikkakasveja, kasvintähteitä ja maata. Myös kivet voivat juuttua levyjen eteen tai väliin. Sileät,

pyörivät kiekot pitävät itsensä paremmin puhtaina, mutta ne saattavat leikata kasveja ja katkoa lehtiä, jollei käyttäjä ole tarkkana. Hammastetut kiekot aiheuttavat vähemmän vaurioita. Jyrsimissä on huput, jotka suojaavat teriä ja estävät kiviä lentämästä taaksepäin. Vaikka huput suojaavat kasveja myös maalta, voivat kevyet maahiukkaset kuitenkin laskeutua kasveille. Tämän vuoksi voimanulosotolla toimivia laitteita ei tulisi käyttää, kun kasvit ovat kosteita ja maa voi helposti kiinnittyä lehtiin (MATTSSON ym. 1990).

MATTSSON ym. (1990) mainitsevat rivivälien mekaanisen rikkakasvintorjunnan eduiksi herbisideihin verrattuna muun muassa, että mekaaninen torjunta hävittää herbisidiresistentitkin rikkakasvit, rikkoo kuorettuman ja ilmastaa maata sekä lisää kasvinravinteiden vapautumista. Mekaanisen torjunnan puutteita puolestaan ovat vähäinen vaikutus viljelykasvirivin rikkakasveihin, pienempi työsaavutus, riippuvuus kosteusoloista sekä viljelykasvien juurten vahingoittamisriski.

## 6. Mekaanisen torjunnan vaikutus rikkakasveihin

Mekaanisessa rikkakasvintorjunnassa ei selvitä yhdellä käsittelykerralla kasvukaudessa. Yhtälailla rivivälien harauksessa, viljan rikkakasviäestyksessä kuin perunan mekaanisessa rikkakasvintorjunnassa hyvään torjuntatulokseen päästään vasta 2-3:lla käsittelykerralla, joskus useampikin käsittely on tarpeen (JUNNILA 1984, UUSI-ESKOLA 1985, METTALA 1982, RASMUSSEN ym. 1989).

Maan liikuttaminen mekaanisessa rikkakasvintorjunnassa voi lisätä rikkakasvien itämistä (RYDBERG 1985, RASMUSSEN ym. 1989). Näillä myöhemmin itäneillä rikkakasveilla on kuitenkin jo huonompi kilpailuasema.

Jos mekaaninen torjunta ei tehoa rikkakasveihin riittävästi, on seurauksena rikkakasvien lisääntyminen. Näin kävi GUMMESSONin (1990) kokeissa rikkakasviäestyksellä. Koesarjassa äestettiin vain 1-2 kertaa kasvukaudessa (GUMMESSON 1986).

Perunan mekaaninen rikkakasvintorjunta tehoaa mm. jauhosavikkaan, linnunkaaliin ja pillikkeeseen (HONKALA 1982, UUSI-ESKOLA 1985). Mataraan, tatarlajeihin ja pähkämöön on mekaanisen torjunnan teho ollut jonkin verran kemiallisia vaihtoehtoja parempi (HONKALA 1982).

JUNNILA (1984) suosittaa kestorikkakasvien torjuntaa ennen perunan viljelyn aloittamista, joskin LANDSTRÖM (1983) toteaa juolavehnän vähenevän voimakkaasti viljeltäessä kasveja, joiden rikkakasvit torjutaan haraamalla.

## 7. Mekaanisen torjunnan taloudellinen kannattavuus

Ilman traktorin voimanulosottoa toimivien mekaanisten rikkakasvintorjuntalaitteiden hankinta- ja ylläpitokustannukset ovat suhteellisen alhaiset (MATTSSON ym. 1990).

Perunan rikkakasvien mekaaninen torjunta on sekä kustannuksiltaan että torjuntatulokseltaan kemiallisen torjunnan luokkaa (METTALA 1982, JUNNILA 1984, UUSI-ESKOLA 1985, ERLUND ja RUIIPPO 1991).

Leveärivivälisen kasvien viljelyssä on rivivälien haraus täysin kilpailukykyinen rikkakasvien torjuntamenetelmä. Tavanomaisessa viljelyssä voidaan säästää torjunta-ainekustannuksissa ruiskuttamalla vain rivit ja haraamalla rivivälit (IRLA 1988). Harauksella voidaan torjua myös herbisidiresistentit rikkakasvit.

Sen sijaan viljojen rikkakasviäestyksen taloudellinen kannattavuus vaihtelee suuresti. Toisinaan rikkakasviäestys on jopa alentanut satoa (GUMMESSON 1990). Parhaimmillaankaan rikkakasviäestys ei yleensä ole herbisidien veroinen. Rikkakasviäestyksellä voidaan kuitenkin suotuisissa olosuhteissa säästää merkittäviä torjuntatuloksia ja sadonlisiä (GILLBERG ym. 1984, RASMUSSEN ym. 1989). MEHTO (1986) sai hiesumaalla rikkakasviäestyksellä 900 markan suhteellisen ylijäämän hehtaarialta. Tulos on kolmen vuoden keskiarvo. Hyvä tulos johtui osin kuorettuman rikkomisesta.



## JOHTOPÄÄTÖKSET

Tähänastisista saavutuksista huolimatta on rikkakasvien kemikaalittomassa torjunnassa runsaasti kehittämistarvetta sekä itse laitteiden että niiden toiminnan ymmärtämisen osalta.

Tavanomaisessa viljelyssä kemikaaliton torjunta ei ole kemiallisen torjunnan korvaaja, vaan ne täydentävät toisiaan. Haluttaessa pidättyä kemiallisesta rikkakasvintorjunnasta esim. luonnonmukaisessa viljelyssä, on viljelykasvit valittava niin, että kemikaaliton torjunta on niissä mahdollista.

Rikkakasvien liekityslaitteiden kaasunkulutusta on onnistuttu laitekehittelyllä pienentämään, ja siinä voitaneen vielä edistyä esimerkiksi polttimia kehittämällä ja liekin lämpötilaa nostamalla. Maassamme viljeltyjen kasvien valikoivasta liekityksestä on vähän tutkimuksia. Tilanne on paras porkkanan ja sipulin osalta. Lisätutkimukset ovat tarpeen.

Sähköön perustuvat rikkakasvintorjuntalaitteet eivät ole suomalaisittain suurillakaan tiloilla taloudellisesti kannattavia, mutta edullisempien generaattoreiden kehittäminen toisi muutoksen tilanteeseen.

Rikkakasviharauksen ja riviväliharjauksen tulevaisuuden kysymyksiä ovat ohjaustekniikan kehittäminen ja viljelykasvien juurten sietokyvyn tutkiminen, jotta voitaisiin käsitellä mahdollisimman lähellä viljelykasviriviä kuitenkin viljelykasvia vahingoittamatta.

Rikkakasviäestyksen osalta on ilmennyt, että menetelmän iästä huolimatta sen valikoivuuden perusteita ei vielääkään täysin ymmärretä. Syvällisempi tieto auttanees myös laitteiden kehittämisessä.

Riviväliharja on osoittanut, että yhä voidaan keksiä aivan uudenlaisiakin rikkakasvien torjuntalaitteita, jotka ovat torjuntateholtaan vähintään entisten veroisia.

KIRJALLISUUS

- ASCARD, J. 1988. Termisk ogräsbekämpning. Flamning för ogräsbekämpning och blastdödning. Sveriges lantbruksuniv. Inst. lantbruksteknik. Rapport 130: 1-146. Uppsala.
- 1989. Termisk ogräsbekämpning med flamning i lök. 30:e svenska växtskyddskonf. Ogräs och ogräsbekämpning. 1: 37-49. Uppsala.
- 1991. Suullinen tiedonanto.
- & MATTSSON, B. 1991. Mekanisk ogräsbekämpning - radhackning och radborstning i morot. 32:a svenska växtskyddskonf. Ogräs och ogräsbekämpning. 1: 153-159. Uppsala.
- BARANSKI, S. & CZERSKI, P. 1976. Biological Effects of Microwaves. p. 63-70. Stroudsburg, Penn., USA. (Ref. VELA-MUZQUIZ, R. 1983.)
- DIPROSE, M.F. & BENSON, F.A. 1984. Electrical Methods of Killing Plants. J. agric. Engng Res. 30: 197-209.
- , FLETCHER, R., LONGDEN, P.C. & CHAMPION, M.J. 1985. Use of electricity to control bolters in sugar beet (Beta vulgaris L.): a comparison of the electrothermal with chemical and mechanical cutting methods. Weed Res. 25: 53-60.
- ELLWANGER, T.C., BINGHAM, S.W. & CHAPPELL, W.E. 1973 a. Physiological Effects of Ultra-High Temperatures on Corn. Weed Sci. 21: 296-299.
- , BINGHAM, S.W. & CHAPPELL, W.E. 1973 b. Cytological Effects of Ultra-High Temperatures on Corn. Weed Sci 21: 299-303.
- ERLUND, P. & RUIPPO, J. 1991. Bekämpning av ogräs i potatis i olika odlingssystem. Minimerad användning av kemiska produktionsmedel vid matpotatisodling. Helsingfors univ. Inst. växtodlingslära. Publ. 27. 14 p. Helsingfors.
- FYKSE, H. 1985. Termisk ugrastynning. Aktuellt fra statens fag-

- tjeneste for landbruget. Informasjonsmoete Plantevern 1985. 2: 79-87.
- GEIER, B. 1987. Systeme der Abflammtchnik und mögliche Arbeitersparnis. Beikrautregulierung statt Unkrautbekämpfung. Alternative Konzepte 58: 143-149. Karlsruhe.
- GILLBERG, B., GUNNARSSON, S. & HENRIKSSON, L. 1984. Försök med ogräsharvning i stråsåd. Ogräs och ogräsbekämpning. 25:e svenska ogräskonf. 1: 182-187. Uppsala.
- GUMMESSON, G. 1986. Kemisk och icke kemisk bekämpning - förändringar i ogräsbestånd vid olika bekämpningsåtgärder. Ogräs och ogräsbekämpning. 27:e svenska ogräskonf. 1: 200-220. Uppsala.
- 1990. Resultat från en långliggande försöksserie med kemisk och icke kemisk ogräsbekämpning. 31:a svenska växtskyddskonf. Ogräs och ogräsbekämpning. 1: 135-146. Uppsala.
- HABEL, W. 1954. Über die Wirkungsweise der Eggen gegen Samenunkräuter sowie die Empfindlichkeit der Unkrautarten und ihrer Altersstadien gegen den Eggvorgang. Diss. Hohenheim. 57 p.
- HAUKIOJA, M. 1988. Luonnonmukainen kasvinsuojelu. Ajankohtaisia kasvinsuojeluohjeita. Kasvinsuojeluseuran julkaisuja 79: 7-12. Vaasa.
- HOFFMANN, M. 1989. Abflammtchnik. KTBL-Schrift 331. 104 p. Reinheim.
- HOLMOEY, R. & HOFTUN, H. 1980. Metoder och utstyr ved hoesting av matloek til lagring. Landbruksteknisk institutt, Ås-NLH. Forsoegsmelding 30: 1-59. (Ref. ASCARD, J. 1988.)
- HONKALA, P. 1982. Mekaaninen torjunta perunalla. Kasvinsuojeluseuran 17. Rikkakasvipäivä. p. A10-A15.
- IRLA, E. 1988. Hack- und Bandspritzgeräte für Reihenkulturen. FAT-Berichte 335: 1-9.

- JOHNSON, D.W., KRALL, J.M., DELANEY, R.H. & POCHOP, L.O. 1989. Response of Monocot and Dicot Weed Species to Fresnel Lens Concentrated Solar Radiation. *Weed Sci.* 37: 797-801.
- , KRALL, J.M., DELANEY, R.H. & THIEL, D.S. 1990. Response of Seeds of 10 Weed Species to Fresnel Lens Concentrated Solar Radiation. *Weed Technol.* 4: 109-114.
- JUNNILA, S. 1984. Rikkakasvien torjunta perunaviljelyksillä. *Koetoim. ja Käyt.* 41: 17.
- KOCH, W. 1959. Untersuchungen zur Unkrautbekämpfung durch Saatpflege und Stoppelbearbeitungsmassnahmen. Diss. Hohenheim. 123 p.
- KRAUS, A. 1948. Feinegge und Netzegge bei der Bekämpfung von jungen Samenunkräutern im Getreide. Diss. Hohenheim. (Ref. RYDBERG, T. 1985.)
- KRESS, W. 1987. Die Reihenhackbürste - eine neue Entwicklung in der mechanischen Beikrautregulierung. Beikrautregulierung statt Unkrautbekämpfung. *Alternative Konzepte* 58: 83-88. Karlsruhe.
- LAITINEN, V. 1989. Rikkakasvien torjunta polttamalla. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliop. Kasvinviljelytieteen laitos. 112 p. Helsinki.
- LANDSTRÖM, S. 1983. Kvickrotsbekämpning i olika växtolingssystem. Ogräs och ogräsbekämpning. 24:e svenska ogräskonf. 1: 244-254. Uppsala.
- MATTSSON, B. & NYLANDER, C. 1989. Radrensning - mekanisk ogräsbekämpning i växande kultur. Undersökning av radrensningssystem 1988. Sveriges lantbruksuniv. Inst. lantbruks-teknik. Avd. markbyggnads- och trädgårdsteknik. 50 p.
- , NYLANDER, C. & ASCARD, J. 1990. Comparison of seven inter-row weeders. Veröff. Bundesanstalt für Agrarbiologie Linz/Donau 20: 91-107.

- MEHTO, U. 1985. Viljojen rikkakasvien torjunta ilman herbisidejä. Kirjallisuustutkimus. MTTK tiedote 26/85. 77 p. Jokioinen.
- 1986. Herbisidien vaihtoehdot ja niiden taloudellisuus viljanviljelyssä. Kasvinsuojeluseuran 21. Rikkakasvipäivä. p. 14-19.
- METTALA, J. 1982. Mekaaninen torjunta sokerijuurikkaalla. Kasvinsuojeluseuran 17. Rikkakasvipäivä. p. A16-A19.
- NEURURER, H. 1977. Mechanische Unkrautbekämpfung mit modernen Hackeggen. Proc. EWRS Symp. on the Different Methods of Weed Control and Their Integration. Uppsala. 1: 65-68.
- PEDERSEN, B.T. 1990 a. Hoeing in Cereals. Nordisk forskarutbildningskurs i växtodlingslära/plantekultur. Elfte kursen: Ogräs och ogräsbekämpning. 11 p.
- 1990 b. Test of the multiple row brush hoe. Veröff. Bundesanstalt für Agrarbiologie Linz/Donau 20: 109-125.
- RASMUSSEN, J. 1989. Forsoeg med ukrudtsharvning og radrensning i korn. Nordisk Plantevaernskonference, 1989. p. 345-354.
- 1990. Selectivity - an important parameter on establishing the optimum harrowing technique for weed control in growing cereals. Proc. EWRS Symposium 1990, Integrated Weed Management in Cereals. p. 197-204.
- 1991 a. Udbytteeffekter ved ukrudtsharvning - udvikling og anvendelse af en simuleringsmodel. 8. Danske Plantevaernskonference 1991. Ukrudt. p. 189-201.
- 1991 b. A model for prediction of yield response in weed harrowing. Weed Res. 31: 401-408.
- , NEMMING, A. & VESTER, J. 1989. Harvetyper og bekaempelsestrategier ved ukrudtsharvning i vårsaed. 6. Danske Plantevaernskonference. Ukrudt. p. 144-157.

- & PEDERSEN, B.T. 1990. Forsoeg med radrensning i korn - rækkeafstand og udsædsmaengde. 7. Danske Planteværnskonference. Ukrudt. p. 187-199.
- RYDBERG, T. 1985. Ogräsharvning - en litteraturstudie. Sveriges lantbruksuniv. Inst. växtodling. Rapp. 154: 1-25. Uppsala.
- SUTCLIFFE, J. 1977. Plants and Temperature. The Institute of Biology's Studies in Biology 86: 1-57. London. (Ref. ASCARD, J. 1988.)
- UUSI-ESKOLA, L. 1985. Teollisuusperunan rikkakasvintorjuntakokeet. Koetoim. ja Käyt. 42: 27.
- VELA-MUZQUIZ, R. 1983. Control of field weeds by microwave radiation. Second International Symposium on Soil Disinfestation. Leuven, Belgium 26-30 Sept. 1983. Acta Horticulturae 152: 201-208.
- VESTER, J. 1987. Flammebehandling til bekaempelse af ukrudt. Slutrapport for 1985-86. Inst. for Ukrudtsbekaempelse. 27 p. Flakkebjerg.
- & RASMUSSEN, J. 1990. Erfahrungen mit der Reihenhackbürste in verschiedenen Kulturen, Dänemark 1987 bis 1988. Veröff. Bundesanstalt für Agrarbiologie Linz/Donau 20: 127-134.
- VÄISÄNEN, J. 1990. Porkkanan mekaaninen ja terminen rikkakasvintorjunta. Maaseudun kehittämiskeskus Partala. 28 p. Juva.
- WIENEKE, F. 1988. Möglichkeiten des Mikrowelleneinsatzes in der Landwirtschaft. Landtechnik 43, 4:191-192.
- ÅKERMO, R. 1989. Mekanisk och termisk blastdödning i potatis. Alternativ till kemisk blastdödning. JTI-rapport 103: 1-112. Uppsala.

**JAKELU: MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS**  
Kirjasto  
31600 JOKIOINEN  
puh. (916) 1881, telefax (916) 188 339

**HINTA: 50 mk**