

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

KASVINVILJELYLAITOKSEN TIEDOTE N:O 15

JAAKKO MUKULA:

**RIKKAKASVIEN KEMIALLINEN TORJUNTA
HERBISIDIT**

TIKKURILA 1979

ISSN 0356-7575

SISÄLLYSLUETTELO

Sivu

1. Rikkakasvit

1.1. Luokittelu	1
1.2. Lajisto	1
1.3. Lisääntyminen	3
1.4. Torjuntakeinot	4

2. Herbisidit

2.1. Historia	11	
2.2. Vaikutustapa	19	} +5 sivua
2.3. Formulointi ^{x)}	36	
2.4. Käyttömenetelmät ^{x)}	38	

3. Herbisidejä koskevat määräykset

3.1. Ennakkotarkastus	21	} -5 sivua
3.2. Myrkyllisyys	23	
3.3. Jäämatoleranssi	27	
3.4. Varoaika	29	
3.5. Kaupan valvonta	31	
3.6. Käytön valvonta	32	
3.7. Ympäristöhaitat	34	

4. Herbisidien yleiset ominaisuudet ja käyttö

4.1. Epäorgaaniset herbisidit

- klooraatit	47
- booraksi	48
- ferrosulfaatti	49

^{x)} Huomautus: Nämä alaotsikot on tässä sisällysluettelossa siirretty alkuperäisen käsikirjoituksen 3. luvun lopusta 2. luvun loppuun. Myös alaotsikoiden numerointi on samalla muuttunut, mutta sivunumerot ovat alkuperäiset.

	Sivu
4.2. <u>Halogeenialkaanihapot</u>	
- TCA	50
- SMA	51
- dalaponi	53
- klorfenprop-metyyli	53
4.3. <u>Fenoksialkaanihapot</u>	54
- 4-GPA	59
- MCPA	59
- 2,4-D	64
- 2,4,5-T	65
- "klofibraatti"	66
- mekopropi	67
- diklorproppi	69
- fenopropi	69
- MCPB	70
- 2,4-DB	71
4.4. <u>Aromaattiset hapot</u>	
- 2,3,6-TBA	75
- dikamba	76
4.5. <u>Nitriilit</u>	
- diklobeniili	78
- klortiamidi	79
- ioksinili	80
- bromoksinili	81
4.6. <u>Anilidit</u>	83
- propaniili	84
- propaklori	85
- alaklori	86
- bentsoy ¹ prop-etyyli	86

	Sivu
4.7. <u>Nitrofenolit</u>	
- DNOC	87
- dinosebi	88
4.8. <u>Nitrofenyyliestterit</u>	
- nitrofeeni	90
- bromofenoksiini	91
4.9. <u>Nitroanilidit</u>	
- trifluraliini	93
4.10. <u>Karbamaatit</u>	
- profaami ja klorprofaami	95
- fenmedifaami	97
4.11. <u>Tiokarbamaatit</u>	
- EPTC	98
- triallaatti	99
- sykloaatti	100
4.12. <u>Ureayhdisteet</u>	100
- fenuroni, monuroni ja diuroni	102
- linuroni	103
- metoksuroni	106
- monoliuroni	107
- kloroksuroni	108

	Sivu
4.13. <u>Triatsiinit</u>	109
- simatsiini	112
- atratsiini	113
- trietatsiini	114
- terbutylatsiini	115
- syanatsiini	116
- prometryyni	116
- desmetryyni	117
- terbutryyni	118
4.14. <u>Pyridiinit</u>	119
- triklopyri	120
- pikloraami	120
- parakvatti	121
- dikvatti	125
4.15. <u>Pyridatsiinit</u>	127
- kloridatsoni (pyratsoni)	128
- maleiinihydratsidi	130
4.16. <u>Pyrimidiinit</u> (Uraasilit)	
- terbasiili	131
- bromasiili	132
- lenasiili	133
4.17. <u>Luokittelemattomat heterosykliset</u> <u>typpi yhdisteet</u>	
- difentsokvatti	134
- aminotriatsoli	135
- metributsiini	138
- metamitroni	139

Mukula/Herbisidit

Sivu

4.18. Muita heteroatomeja sisältävät sykliiset yhdisteet

- bentatsoni	140
- metatsoli	141
- datsometti	141

4.19. Luokittelemattomat orgaaniset herbisidit

- glyfosaatti	142
---------------------	-----

Mukula/Herbisidit

Lisäys sisällysluetteloon

5. Liitetaulukot5.1. Herbisidien käyttö

8 sivua

- peltoviljelyssä
- puutarhataloudessa
- metsätaloudessa
- viljelemättömissä paikoissa

5.2. Herbisidien teho rikkakasveihin

8 sivua

- kevätyksivuotiset kertarikkakasvit
- syysyksivuotiset kertarikkakasvit
- avoviljelysten kestorikkakasvit
- muut kestorikkakasvit

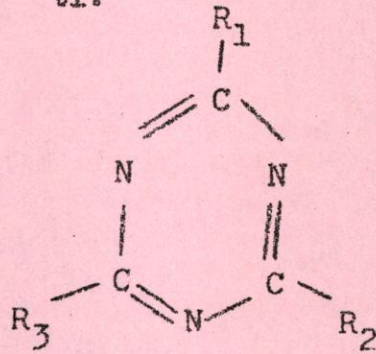
6. Hakemisto

8 sivua

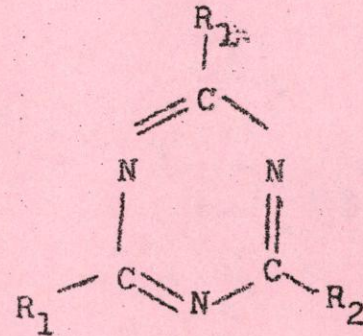
Yhteensä 163 sivua

=====

- Sivu 97: ei jäämätoleranssia lue jäämätoleranssi 0,1 mg/kg
Sivu 104: lisää linuronia kestävä laji peltoemäkki (K)
Sivu 104: korjaa fytotoksisten triatsiinien peruskaava seuraavas-
ti:



oikein

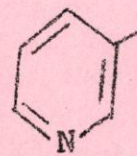


väärin

- Sivu 111: lisää Orgaanisissa yhdisteissä pyridiini-radikaali saa päätteen -yyli, siis pyridyyli. Vastaavasti pyridiinium saa radikaalina esiintyessään päätten -ylium, siis pyridyylium. Esim:



pyridiini



3-pyridyyli

- Sivu 120: 3,5,6-trikloori-2-pyridyylietikkahappo lue
3,5,6-trikloori-2-pyridyylioksietikkahappo

Sisällysluettelo

- 4.2. Haloalkyylihapot, lue Halogeenialkaanihapot
- 4.3. Fenoksialkyylihapot, lue Fenoksialkaanihapot
- 4.10. Karbamaatit, poista profaami, barbaani ja asylaami
- 4.11. Fiokarbamaatit, lisää sykloaatti
- 4.15. Pyridatsiinit, lisää maleiinihydratsidi
- 4.17. Muut orgaaniset herbisidit, lisää glyfosaatti

Myrkyllisyys (s. 23)

Myrkyllisten torjunta-aineiden ryhmään viedään periaatteessa ne torjunta-aineet, jotka sisältävät ensimmäisen luokan myrkyä, lievästi myrkyllisten ryhmään toisen luokan myrkyä sisältävät ja kolmanteen ryhmään sellaiset torjunta-aineet, jotka eivät sisällä myrkyä. Valmisteen myrkyllisyysryhmää ratkaistaessa otetaan kuitenkin huomioon paitsi sen sisältämän tehoaineen myrkkyluokka myös tehoaineen määrä eli pitoisuus. Jos valmisteen tehoainepitoisuus on hyvin pieni, valmiste viedään alempaan myrkyllisyysryhmään, kuin mitä sen sisältämän tehoaineen myrkkyluokka edellyttäisi.

Herbisidivalmisteiden tehoainepitoisuus on yleensä niin korkea, että valmisteen myrkkyluokaksi tulee sama kuin sen sisältämän tehoaineen myrkkyluokka. Poikkeukset ovat harvinaisia ja ne mainitaan tekstissä erikseen.

Joskus valmisteen myrkkyluokka saattaa olla korkeampi kuin sen sisältämän tehoaineen. Tämä johtuu siitä, että valmisteen lisäaineet, esim. liuotin, ovat myrkyllisempiä kuin tehoaine ja nostavat valmisteen LD₅₀-arvon korkeampaa myrkkyluokkaa vastaavaksi. Nämäkin tapaukset ovat hyvin harvinaisia ja mainitaan tekstissä erikseen.

Jäämätoleranssit (s. 27)

Torjunta-aineilla ei ole Suomessa säädetty "virallisia" jäämätoleransseja. Tässä oppikirjassa esitetyt jäämätoleranssit ovat Suomen Kasvinsuojelulaitoksen "ehdottamia" jäämätoleransseja.

Periaatteessa jäämätoleranssien tulisi olla elintarvikekohtaisia. Toisin sanoen määrättäessä tietyn torjunta-aineen korkein sallittu pitoisuus elintarvikkeissa, olisi samalla ilmoitettava, mitä elintarvikelajia tai -lajeja määräys koskee. Saman torjunta-aineen jäämätoleranssi voi olla eri elintarvikelajeissa eri suuruinen. Kasvinsuojelulaitoksen ehdottamat jäämätoleranssit eivät vielä ole elintarvikekohtaisia. Ehdotusta tehdessään Kasvinsuojelulaitos on lähtenyt yksinkertaisimmasta mahdollisesta mallista, mutta sitäkään ei Suomen monimutkaisessa hallintokoneistossa vielä ole saatu virallisesti hyväksytyksi. Vastuu tästä laiminlyönnistä lankeaa elintarvikeviranomaisille. Useimmissa muissa Euroopan maissa torjunta-aineilla on jo jäämätoleranssit ja Suomessakin Kasvinsuojelulaitos teki ensimmäisen, huolellisesti valmistellun ja yksilöidyn jäämätoleranssiehdotuksensa jo 12 vuotta sitten.

Varoaika (s. 29)

Torjunta-aineiden varoajat otettiin Pohjoismaissa käyttöön 1960-luvun alussa tarkoituksella ennakkoon ehkäistä terveydelle haitallisten torjunta-ainejäämien joutumista elintarvikkeisiin. Alunperin varoaikoja sovellettiin vain tuhoeläinten ja kasvitautien torjunta-aineisiin. Myöhemmin niitä ruvettiin Suomessa soveltamaan myös eräisiin viljelysmailla käytettäviin lehtiherbisideihin lähinnä siitä syystä, että voitaisiin estää käsitellyn kasvuston liian varhainen niittäminen ja korjaaminen vihanta- tai säilörehuksi. Herbisidien varoaikoja säädettyäessä on kuitenkin menetelty asiantunte mattomasti ja epäjohtonmukaisesti. Varoikakäsittelyn sovel-

taminen herbisideihin on yleensäkin epäloogista, sillä virallisesti hyväksytyssä käyttöohjeessa on herbisidien käyttöaika tarkoin määrätty. Herbisidien "varoaikat" voitaisiin korvata "kiellolla" esim. seuraavasti: "Käsitellyn kasvuston niittäminen ja korjaaminen vihanta- tai säilörehuksi on kielletty."

Ainoa herbisideille muissa maissa määrätty varoaika koskee käsitellyn alueen laiduntamista lypsykarjalla. Näin menetellen pyritään estämään herbisidijäämien siirtyminen lehmien syömästä laidunruohosta maitotaloustuotteisiin. Suomessa on lisäksi määrätty vesakontorjunta-aineilla käsitellyille alueille marjastus- ja sienestyskielto tai varoaika. . . Nämä vesakontorjuntaan liittyvät kiellot ja varoajat ovat tarkoin harkittuja ja asiallisesti perusteltuja.

Kauppanimet

Jos samaa tehoainetta sisältäviä valmisteita on saatavana useilla eri kauppanimillä, on kauppanimet jätetty tämän esityksen tekstissä mainitsematta

Käyttömäärät

Herbisidien käyttömäärät on tämän esityksen tekstissä ilmoitettu tehoavaksi aineeksi laskettuna (esim. kg/ha, l/ha, g/aari). Sen sijaan kauppavalmisteiden virallisesti hyväksytyssä myyntipäällyksessä ilmoitettu käyttömäärä tarkoittaa nimenomaan kyseisen valmisteen eikä sen sisältämän tehoaineen käyttömäärää. Kauppavalmisteen käyttömäärä riippuu sen pitoisuudesta, ja kun pitoisuudeltaan erilaisia valmisteita saattaa olla kaupan hyvinkin monia ja niiden pitoisuus saattaa vuosien kuluessa muuttua, on pysyvään käyttöön tarkoitettussa käsikirjassa tarkoituksenmukaisempaa ilmoittaa vain tehoavan aineen käyttömäärä.

Sivu 6 C

Lisää sivun yläosassa olevan piirroksen nuolen yläpuolelle NaOH ja suolan alapuolelle $> 160^{\circ}\text{C}$.

1. Rikkakasvit

=====

1.1. Luokittelu

Rikkakasveilla tarkoitetaan taloudellista vahinkoa aiheuttavia tai muutoin haitallisia kasveja. Torjuntaa ajatellen rikkakasvit luokitellaan kolmeen pääryhmään: (1) rikkaruohot eli ruohovartiset rikkakasvit, (2) puuvartiset rikkakasvit ja (3) muut rikkakasvit (taulukko 1).

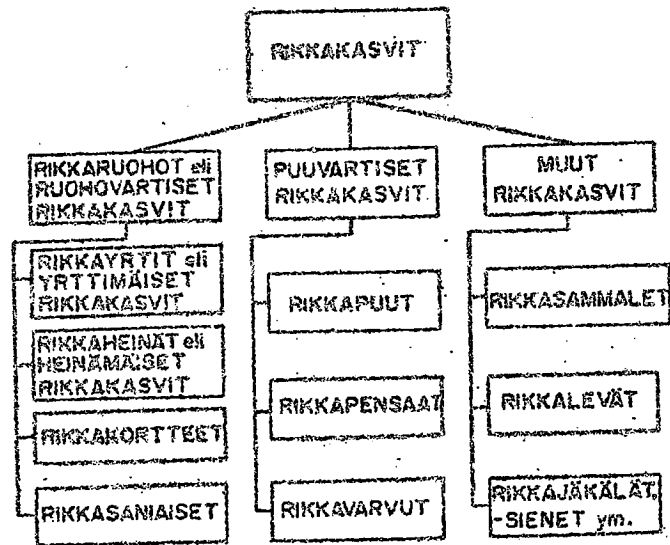
Ruohovartiset rikkakasvit jakaantuvat neljään alaryhmään: (a) rikkayrtit eli yrttimäiset rikkakasvit, (b) rikkaheinät eli heinämäiset rikkakasvit, (c) rikkakortteet ja (d) rikkasaniaiset. Yrttimäisiin rikkakasveihin luetaan kaksisirkkaiset ja yksisirkkaisista ei-heinämäiset lajit. Rikkaheiniin taas luetaan paitsi heinäkasvit myös sarat ja vihvilät. Puuvartisia rikkakasveja ovat rikkapuut, rikkapensaat ja rikkavarvut. Käytännössä näistä ovat tärkeimpiä vesovat puu- ja pensaslajit. Muiden rikkakasvien ryhmään kuuluvat rikkasammalet ja rikkalevät sekä satunnaisesti jäkäliä, sieniä ym.

Torjuntaa silmällä pitäen ruohovartiset rikkakasvit voidaan jakaa myös kertarikkakasveihin ja kestorikkakasveihin. Edellisiin kuuluvat yksi- ja kaksivuotiset, aikaisemmin siemenrikkaruohoiksi nimitetyt lajit, jälkimmäisiin monivuotiset, aikaisemmin juuririkkaruohoiksi nimitetyt lajit. Yksivuotiset kertarikkakasvit ovat joko keväällä itäviä tai syksyllä itäviä. Edellisiä nimitetään kevätyksivuotisiksi, jälkimmäisiä syysyksivuotisiksi.

1.2. Lajisto

Kasvilajien hyödyllisyys ja haitallisuus vaihtelevat. Hyödyllisimpiä lajeja viljellään, haitallisimpia - rikkakasveja - pyritään torjumaan tai hävittämään silloin, kun ne kasvavat sopimattomissa paikoissa.

Taulukko 1. Rikkakasvien luokittelu.



Hyödyllisyys ja haitallisuus ovat suhteellisia, joskus kasvilajista riippumattomia käsitteitä. Hyödyllinenkin laji saattaa väärässä paikassa kasvaessaan olla haitallinen, siis rikkakasviksi katsottava. Toisaalta tärkeimmät rikkakasvit muodostavat tyypillisen kasvilajiryhmän, jolle on ominaista paitsi haitallisuus myös voimakas lisääntymis- ja leviämiskyky sekä sitkeä elinvoima.

Maapallon 300 000 kasvilajista noin 8000 on rikkakasveiksi katsottavia, kun taas viljeltävien kasvilajien lukumäärä on vain 3000. Suomessa rikkakasvilajeja tunnetaan noin 300. Torjunnan kannalta varteenotettavia näistä on noin 70.

Yksivuotisilla viljelyksillä (a) peruna, juurikasvit ja vihannekset (=riviviljelykset) sekä (b) kevätiljat ja (c) syysviljat esiintyvät 33 tärkeintä rikkakasvilajia on lueteltu taulukossa 2. Niistä 11 kuuluu kevätyksivuotisiin kertarikkakasveihin ja 12 syysyksivuotisiin kertarikkakasveihin sekä 10 kestorikkakasveihin.

Ensiksi mainitut, siis kevätyksivuotiset kertarikkakasvit, ovat tyypillisiä keväällä kylvettäville tai istutettaville yksikesäisille viljelyksille, kuten kevätiljat, peruna, herne, juurikasvit ja vihannekset. Yksi kevätyksivuotisista lajeista, hukkakau-

ra, on heinämäinen, muut ovat yrttimäisiä. Olen merkinnyt hukakauran sulkeisiin syystä, että se tärkeydestään huolimatta on muita harvinaisempi. Yksi kevätyksivuotinen laji, pihasaunio, on niin valoa vaativa, että se viihtyy vain riviviljelyksillä eikä sen vuoksi esiinny haitallisena viljapelloissa.

Syysyksivuotiset kertarikkakasvit ovat tyypillisiä syksyllä kylvettäville viljelyksille, siis syysviljoille. Tähänkin ryhmään kuuluu yksi heinämäinen laji, kylänurmikka, mutta se ei suinkaan esiinny syysviljoissa, vaan riviviljelyksillä, joissa sille on riittävästi valoa. Toinen runsaasti valoa vaativa ja sen vuoksi vain riviviljelyksillä viihtyvä syysyksivuotinen kertarikkakasvi on peltovillakko.

Yksivuotisten viljelysten kestorikkakasvit ovat muokkausta sietäviä ja kasvullisesti hyvin voimakkaasti lisääntyviä. Ne säilyvät maassa elinvoimaisina, vaikka maa vuosittain kynnetään. Useimmilla tämän ryhmän lajeilla on vaakasuora maavarsi eli juurakko. Yksi tämän ryhmän lajeista, juolavehnä, on heinämäinen, muut ovat - kortteita lukuunottamatta - yrttimäisiä. Ne esiintyvät haitallisina paitsi yksivuotisilla viljelyksillä myös monivuotisilla.

Monivuotisten viljelysten muut 18 kestorikkakasvia on lueteltu taulukossa 3. Niistä 8 ensimmäistä on tyypillisiä nurmien tai nurmikoiden sekä hedelmä- ja marjatarhojen rikkakasveja. Tosin yksi laji, piharatamo, puuttuu niitto- ja laidunnurmilta ja yksi laji, nurmilauha puuttuu hedelmä- ja marjatarhoista. Monivuotisuudestaan huolimatta tämän ryhmän rikkakasvit eivät siedä kyntämistä, ja sen vuoksi ne yleensä puuttuvat vuosittain kynnettäviltä yksivuotisilta viljelyksiltä.

Taulukon seuraavat 5 kestorikkakasvia viihtyvät vanhoissa hedelmä- ja marjatarhoissa sekä pientareilla ja reuna-alueilla, joita hyvin harvoin muokataan. Viimeiset 5 lajia ovat tyypillisiä piennarkasveja eivätkä yleensä tunkeudu varsinaiselle viljelysmaalle. Reheväkasvuisina ne kuitenkin riistävät reuna-alueiden viljelykasveilta ravinteita, vettä, valoa ja kasvutilaa.

Muita hyvin haitallisia piennarkasveja ovat vesovat puut ja pensaat. Ne on lueteltu metsärikkakasveja koskevassa taulukossa 4.

Monivuotisilla viljelyksillä esiintyy joskus ruohovartisten rikkakasvien lisäksi myös r i k k a s a m m a l e i t a. Eri-tyisen haitallisia ne ovat vanhoilla nurmikentillä. Yleisimmät nurmikoiden rikkasammallajit kuuluvat sukuihin Ceratodon, Polium, Polytrichum ja Rhytidiadelphus.

P i h a m a i d e n rikkakasveista en ole laatinut erillistä taulukkoa. Varsinaisille pihamaille ja hiekkakäytävälle tyypillisiä rikkakasveja ovat polkemista sietävät lajit, piharatamo, pihatatar, pihasaunio ja kylänurmikka. Karjatarhoissa sekä lantaloiden ja käymälöiden ympäristössä esiintyy yleensä tyypeä suosivia (nitrofiilejä) rikkakasveja, joita ovat nokkoset ja takiaiset.

M e t s i e n tärkeimmät rikkakasvit on lueteltu taulukossa 4. Ne ovat kaikki monivuotisia ja esiintyvät haitallisina metsiä uudistettaessa. Puuvartisista lajeista koivu ja haapa ovat täysikasvuisina arvopuita, mutta juuri- ja kantovespina rikkakasveja. Peltoja metsitettäessä esiintyy samoja ruohovartisista rikkakasveja kuin peltoviljelyksillä (taulukot 2 ja 3).

V e s i e n tärkeimmät rikkakasvit on lueteltu taulukossa 5. Niistä ruohovartiset ovat monivuotisia, yrtit kelluvia tai upokaskasveja, heinät ja kortteet veden päällisiä.

1.3. Lisääntyminen

Rikkakasvit lisääntyvät ja leviävät joko suvullisesti tai suvuttomasti. Suvulliset lisääntymiselimet ovat tavallisesti siemeniä (poikkeuksena itiökasvit). Useimmille rikkasiemenille on tyypillistä lepokausi eli dormanssi. Esim tuleentuneet hukkakauran siemenet eivät idä syksyllä maahan varistuaan, vaan hautautuvat syyskynnössä multaan, jossa ne saattavat säilyä elinkykyisinä vuosikausia. Viljellyn kauran maahan varisseet siemenet sen sijaan itävät jo syksyllä, ja niistä kehittyneet oraat tuhoutu-

vat syyskynnössä tai viimeistään talvi tappaa ne. Viljellyn kauran siemenet eivät siis varastoidu itämättöminä peltomul- taan, kuten hukkakauran ja useimpien muiden rikkakasvien sie- menet.

Rikkasiementen lepotilan kesto aika ja siementen elinikä vai- televat. Muutamien lajien, kuten hukkakauran, saunakukan ja voikukan siemenet säilyvät mullassa elinkykyisinä vain 5-10 vuotta, pillikkeet, jauhosavikka, pelto-orvokki, ukontatar, suolaheinät ja hierakat yli 40 vuotta ja eräät palkokasvilajit 100-250 vuotta. Kiinalaisten pyhällä Lotus-kasvilla lienee ma- ilman sitkeähenkisimmät siemenet. Niiden on todettu säilyneen elinkykyisinä Indo-Kiinan soissa jopa 3000 vuotta.

Rikkasiemenet leviävät aktiivisesti joko varisemalla, sinkou- tumalla tai leijailemalla sekä passiivisesti joko kylvösieme- nessä, rehuissa ja karjanlannassa tai tarttuneina vaatteisiin, jalkineisiin, eläinten karvoihin ja työvälineisiin.

Suomessa rikkasiementen esiintymistä viljelykasvien kauppasie- mentavarassa valvoo Valtion siementarkastuslaitos. Sen esityk- sestä Maatilahallitus vahvistaa vuosittain rikkasiementen sal- litut enimmäispitoiduudet sekä nimeää kokonaan kielletyt tai erityismääräyksellä rajoitetut rikkasiemenlajit. Hukkakaura on kaikessa siementavarassa kokonaan kielletty. Erityisesti rajoi- tettuja ovat nurmikasvien siementavarassa juolavehänä, saunakukka, hierakat ja suolaheinät.

K a s v u l l i s e s t i rikkakasvit lisääntyvät juurakoista eli maavarsista tai maanpäällisistä rönsyistä, joskus myös juu- rimukuloista ja sipuleista. Nämä toimivat myös hiilihydraatti- varastoina, joiden turvin kasvit säilyvät elossa 2-4 vuotta.

Emokasvista irtaantuneet kasvulliset lisääntymiselimet pystyvät jatkamaan kasvuaa silmuista. Eräillä kestorikkakasveilla tällai- nen kasvutaipumus on niin voimakas, että ne sietävät muokkaamis- ta, jopa kyntämistä. Toisilla lajeilla kasvullinen lisääntymis- kyky on heikompi. Ne tuhoutuvat maata kynnettäessä ja esiinty- vät sen vuoksi haitallisina vain nurmissa, pientareilla ja vil- jelemättömissä paikoissa.

1.4. Torjuntakeinot

Rikkakasvien torjuntakeinot jaetaan neljään pääryhmään: 1) ehkäisevä torjunta, 2) mekaaninen torjunta, 3) kemiallinen torjunta ja 4) biologinen torjunta.

Ehkäisevään torjuntaan luetaan kaikki ne keinot, joilla pyritään estämään rikkakasvien lisääntymistä ja leviämistä. Lisäksi ehkäisevään torjuntaan kuuluvat viljelykasvien kasvuedellytyksiä ja kilpailukykyä parantavat toimenpiteet.

Mekaaninen torjunta on yleisin ja samalla myös vanhin rikkakasvien torjuntakeinoista. Sitä on harjoitettu yhtä kauan kuin maanviljelystäkin, alkaen käsinkitkennästä 8000 vuotta eKr. ja puuharan käytöstä 6000 vuotta eKr. Mesopotamiassa ja Egyptissä. Riviviljelymenetelmä ja siihen soveltuva hevosvetoinen hara keksittiin Englannissa 1720-luvulla jKr. (Tull). Skandinaviassa ja Suomessa hevosharan esitteli Pietari Adrian Gadd 1770-luvulla. Hevosvetoinen jousiäes keksittiin Saksassa 1869, rullaäes 1890, ensimmäiset traktoriäkeet 1918 ja jyrsinkoneet 1950.

Rikkakasvien kemiallista torjuntaa kokeiltiin viljelysmaalla Saksassa jo 1850-luvulla, mutta käytännön mittakaavassa menetelmää sovellettiin vasta 1896 Ranskassa. Ensimmäinen hevosvetoinen rikkakasviruisku kehitettiin Saksassa 1899, traktori-ruisku 1930 ja lentokoneruisku 1940. Lisätietoja kemiallisen torjunnan historiasta on seuraavassa luvussa 2.1. (s.11-19).

Rikkakasvien biologista torjuntaa eli tuhoeläinten käyttämistä rikkakasvien hävittämiseen on harjoitettu tällä vuosisadalla eräitä eksoottisia rikkakasvilajeja vastaan. Tärkeimmät näistä ovat Lantana-pensas Havaijilla (1903), lehtikaktus Australiassa (1927), Hypericum-pensas Kaliforniassa sekä alligaattoriruho trooppisissa vesissä (1965). Viimeksi mainittuun tarkoitukseen on käytetty kasveja syövää kalalajia, kiinalaista karppia. Muut kokeillut rikkakasvien biologiset tuhoajat ovat hyönteisiä.

Taulukko 2. Yksivuotisten viljelysten kerta- ja kestopikkakasvit.
 + + + = hyvin tärkeä; + + = melko tärkeä; + = merkitykseltään vähäinen; - = ei merkitystä.

	Riviviljelykset	Kevätviljat	Syysviljat
Kevätyksivuotiset kerratarikkakasvit:			
1 Hukkakaura (<u>Avena fatua</u>)	(+)	(+ + +)	(+ +)
2 Pillikkeet (<u>Galeopsis spp.</u>)	+ + +	+ + +	+ +
3 Pihatähtimö (<u>Stellaria media</u>)	+ + +	+ + +	+ +
4 Jauhosavikka (<u>Chenopodium album</u>)	+ + +	+ + +	+ +
5 Peltohatikka (<u>Spergula arvensis</u>)	+ + +	+ + +	+
6 Peltoretikka (<u>Raphanus raphanistrum</u>)	+ + +	+ + +	+
7 Ukon tatar (<u>Polygonum lapathifolium</u>)	+ + +	+ + +	+
8 Pihatatar (<u>Polygonum aviculare</u>)	+ + +	+ +	+ +
9 Kiertotatar (<u>Fallopia convolvulus</u>)	+ + +	+ +	+
10 Peltoemäkki (<u>Fumaria officinalis</u>)	+ +	+ +	+
11 Pihasaumio (<u>Chamomilla suaveolens</u>)	+ +	-	-
Syysyksivuotiset kerratarikkakasvit:			
1 Pelto-orvokki (<u>Viola arvensis</u>)	+ + +	+ + +	+ + +
2 Linnunkaali (<u>Lapsana communis</u>)	+	+ +	+ + +
3 Saunakukka (<u>Matricaria perforata</u>)	+	+	+ + +
4 Peltoukonauris (<u>Erysimum cheir.</u>)	+ +	+	+ +
5 Peltotaskuruoho (<u>Thlaspi arvense</u>)	+ +	+	+ +
6 Peltolemmikki (<u>Myosotis arvensis</u>)	+ +	+	+ +
7 Peltomatara (<u>Galium spurium</u>)	+ +	+	+ +
8 Peipit (<u>Lamium hybr. & purp.</u>)	+ +	+	+ +
9 Lutukka (<u>Capsella bursa-pastoris</u>)	+ +	+	+ +
10 Peltovirhilä (<u>Vicia hirsuta</u>)	+ +	+ +	+
11 Peltovillakko (<u>Senecio vulgaris</u>)	+ + +	-	-
12 Kylänurmikka (<u>Poa annua</u>)	+ + +	-	-
Kestopikkakasvit:			
1 Juolavehnä (<u>Elymus repens</u>)	+ + +	+ + +	+ +
2 Peltovalvatti (<u>Sonchus arvensis</u>)	+ + +	+ + +	+ +
3 Pelto-ohdake (<u>Cirsium arvense</u>)	+ + +	+ + +	+ +
4 Leskenlehti (<u>Tussilago farfara</u>)	+ + +	+ +	+ +
5 Kortteet (<u>Equisetum spp.</u>)	+ + +	+ +	+ +
6 Kärämöt (<u>Achillea mill. & ptarm.</u>)	+ +	+ +	+ +
7 Peltopähkämo (<u>Stachys palustris</u>)	+ + +	+ +	+ +
8 Peltominttu (<u>Mentha arvensis</u>)	+ +	+ +	+
9 Vesitatar (<u>Polygonum amphibium</u>)	+ +	+	+
10 Hiirenvirna (<u>Vicia cracca</u>)	+ +	+	+

Taulukko 3. Muut viljelysmaiden kestorikkakasvit.

	Nurmet ja nur- mikot	Hedel- mä- ja marja- tarhat	Reuna- alueet
--	----------------------------	--------------------------------------	------------------

Nurmillla ja puutarhoissa:

1 Voikukka (<u>Taraxacum officinale</u>)	+	+	+	+	+	+
2 Leinikit (<u>Ranunculus</u> spp.)	+	+	+	+	+	+
3 Hanhikit (<u>Potentilla</u> spp.)	+	+				+
4 Syysmaitiainen (<u>Leontodon</u> aut.)	+	+				+
5 Nurmilauha (<u>Deschampsia caespit.</u>)	+	+	-			+
6 Tädykkeet (<u>Veronica</u> spp.)	+		+	+		+
7 Hierakat (<u>Rumex dom. & crisp.</u>)	+		+	+		+
8 Piharatamo (<u>Plantago major</u>)	(+)		+			+

Puutarhoissa ja reuna-
alueilla:

1 Nokkonen (<u>Urtika dioica</u>)	-		+	+	+	+	+	+
2 Vuohenputki (<u>Aegopodium podagr.</u>)	-		+	+	+	+	+	+
3 Keiranputki (<u>Anthriscus sylvestris</u>)	-		+	+		+	+	+
4 Maitohorsma (<u>Epilobium angustif.</u>)	-		+	+		+	+	+
5 Takiaiset (<u>Arctium lappa & tom.</u>)	-			+			+	+

Reuna-alueilla ja pien-
tareilla:

1 Pujo (<u>Artemisia vulgaris</u>)	-		-			+	+	+
2 Mesiangervo (<u>Filipendula ulmaria</u>)	-		-			+	+	+
3 Karhunputki (<u>Angelica sylvestris</u>)	-		-			+	+	+
4 Kastikat (<u>Calamagrostis</u> spp.)	-		-				+	+
5 Pietaryrtti (<u>Tanacetum vulgare</u>)	-		-				+	+

Taulukko 4. Metsien rikkakasvit.

R i k k a y r t i t :	
1	Maitohorsma (<u>Epilobium angustif.</u>)
R i k k a h e i n ä t :	
2	Kastikat (<u>Calamagrostis spp.</u>)
3	Metsälauha (<u>Deschampsia caespit</u>)
4	Röllit (<u>Agrostis spp.</u>)
R i k k a s a n i a i s e t :	
5	Sananjalka (<u>Pteridium aquilinum</u>)
R i k k a v a r v u t :	
6	Kanerva (<u>Calluna vulgaris</u>)
7	Mustikka (<u>Vaccinium myrtillus</u>)
8	Puolukka (<u>Vaccinium vitis-idaea</u>)
9	Vadelma (<u>Rubus idaeus</u>)
R i k k a p u u t j a - p e n s :	
10	Koivut (<u>Betula spp.</u>)
11	Haapa (<u>Populus tremula</u>)
12	Pajut (<u>Salix spp.</u>)
13	Harmaa leppä (<u>Alnus incana</u>)
14	Pihlaja (<u>Sorbus aucuparia</u>)
R i k k a s a m m a l e t :	
15	Karhunsammalet (<u>Polytrichum spp.</u>)
16	Kerrossammalet (<u>Pleurozium Schreberi</u>)

Taulukko 5. Vesien rikkakasvit.

R i k k a y r t i t :	
1	Vesirutto (<u>Elodea canadensis</u>)
2	Ruskoärviä (<u>Myriophyllum altern.</u>)
3	Uistinviita (<u>Potamogeton natans</u>)
4	Karvalehti (<u>Ceratophyllum dem.</u>)
5	Ulpukka (<u>Nuphar lutea</u>)
6	Pohjanlumme (<u>Nymphaea candida</u>)
R i k k a h e i n ä t :	
7	Ruoko (<u>Phragmites australis</u>)
8	Järvikaisla (<u>Scirpus lacustris</u>)
R i k k a k o r t t e e t :	
9	Järvikorte (<u>Equisetum fluviat.</u>)
R i k k a l e v ä t :	
10	Sinilevät (<u>Anabaena circinans ym</u>)
11	Viherlevät (<u>Chlorophyceae</u>)

2. Herbisidit rikkakasvihävitteinä

=====

Rikkakasvien torjuntakeinot jaetaan neljään pääryhmään:

1) ehkäisevä torjunta, 2) mekaaninen torjunta, 3) kemiallinen torjunta ja 4) biologinen torjunta. Tässä oppikirjassa tarkastellaan yksinomaan kemiallisia torjuntakeinoja.

Rikkakasvien torjuntaan ja hävittämiseen käytettäviä kemikaaleja nimitetään herbisideiksi. Ne ovat aineita, jotka hyvin pieninäkin annoksina vaikuttavat kasveihin myrkyllisesti eli fytotoksisesti.

Herbisidien vaikutus on joko valikoiva eli selektiivinen tai valikoimaton eli totaalinen. Valikoivia herbisidejä voidaan käyttää viljelysmaalla vioittamatta viljeltäviä kasveja. Valikoimattomia herbisidejä käytetään viljelemättömissä paikoissa, kuten pihamailla, hiekkakäytävillä ym. Tietyin varauksin niitä voidaan käyttää viljelysmaillakin, esim. ennen viljeltävien kasvien kylvää, istutusta tai taimettumista taikka sadonkorjuun jälkeen. Erikoistapauksissa herbisideillä hävitetään myös viljelykasveja (esim. huumekasviviljelykset Meksikossa) ja metsiä (sotilasherbisidit Vietnamissa). Lisäksi herbisidejä voidaan käyttää viljelykasvien tuleentunaisen jouduttamiseen (pakkotuleennuttaminen) sekä viljelykasvien varsiston tuhoamiseen sadonkorjuun helpottamiseksi (peruna).

Herbisidi-nimitys johtuu herba-sanasta, joka tarkoittaa yrttiä. Tämä nimitys otettiin käyttöön siihen aikaan, kun kemikaaleja ruvettiin käyttämään yrttimäisten rikkakasvien torjuntaan viljapelloilla. Nimi on säilynyt meidän päiviimme saakka, vaikka herbisidien käyttöala onkin laajentunut. Suomessa herbisidit luetaan torjunta-aineisiin kuuluviksi ja torjunta-ainelain (327/69) mukaan niitä nimitetään rikkakasvien torjunta-aineiksi. Tavallisessa kielenkäytössä voidaan tyytyä lyhyempään nimeen, rikkakasvihävite tai erikoistapauksessa käyttötarkoituksen mukaan kasvihävite.

2.1. Historia

Vanhin tunnettu kasvillisuuden tuhoamiseen käytetty kemikaali on ruokasuola (NaCl). Jo vanhalla ajalla israelilaiset täydensivät vihollismaan kaupunkien hävittämistä kylvämällä suolaa päälle, jotta ruohokaan ei siellä enää kasvaisi (Viides Mooseksen kirja 29:22-23, Tuomarien kirja 9:45). Samoin menettelivät roomalaiset valloitettuaan Karthagon (Cambridge Ancient History 8:484). Maataloudessa ruokasuolaa lienee käytetty ensimmäisen kerran valikoivaan rikkakasvien torjuntaan sokerijuurikasmailla. Ensimmäiset kirjalliset tiedot herbisidien maataloudellisesta kokeilemisesta ovat peräisin Saksasta 1850-luvulta ja koskevat ferrosulfaatin (FeSO_2) käyttöä yrttimäisten kertarikkakasvien torjuntaan viljapelloilla. Käytännön mittakaavassa viljapeltojen rikkakasvien valikoivaa torjuntaa harjoitettiin ensimmäisen kerran Ranskassa 1896. Tarkoitukseen käytettiin silloin kuparisulfaattia (CuSO_4). Vuosisadan vaihteessa menetelmää ryhdyttiin määrätietoisesti tutkimaan myös Saksassa ja USA:ssa. Kuparisulfaatin lisäksi useat epäorgaaniset suolat ja hapot osoittautuivat tarkoitukseen sopiviksi.

Ensimmäinen hevosvetoinen herbisidiruisku laskettiin markkinoille Saksassa 1899. Ruiskukaluston alkeellisuuden vuoksi rikkakasvien kemiallisen torjunnan kehitys kuitenkin pysähtyi muutaman vuosikymmenen ajaksi. Ranskassa 1930-luvulla keksitty ensimmäinen synteettisesti valmistettu orgaaninen herbisidi, dinitro-ortokresoli eli DNOC, ei tuonut tilanteeseen oleellista muutosta. Uuden sysäyksen rikkakasvien kemiallisen torjunnan kehitykselle antoivat vasta Englannissa 1940-42 ja USA:ssa 1942-44 keksityt fenoksi-karboksyylihapot ("fenoksihapot", "fenoksiherbisidit"). Kasvien luontaisia kasvuhormoneja eli aukiineja muistuttavan vaikutustapansa perusteella niistä käytettiin alkuaikoina nimitystä "hormoonivalmisteet". Fenoksihapot olivat merkittävästi halvempia, valikoivampia ja vähemmän myrkyllisiä kuin aikaisemmin tunnetut herbisidit. Pian toisen maailmansodan päättymisen

jälkeen ryhdyttiin määrätietoisesti kehittämään fenoksihappojen levittämiseen soveltuvia traktorivetoisia ruiskuja, ja tämän seurauksena fenoksiherbisidien käyttö yleisty nopeasti Länsi-Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa. Niillä käsitelty pinta-ala ylitti vuonna 1950 jo 100 milj. ha.

Fenoksiherbisidien keksiminen ei suinkaan ollut sattumanvaraista. Kaikkiaan tutkittiin yli 4000 molekyyilirakenteeltaan lähisukuista ainetta, joiden joukosta herbisideiksi soveltuvat yhdisteet löytyivät. Tuohon aikaan ei vielä tunnettu tällaisiin tutkimuksiin soveltuvia menetelmiä ja laitteita, joten työ oli hankalaa ja kallista.

Fenoksiherbisidien lisäksi keksittiin 1940-luvulla vain kolme muuta orgaanista herbisidiä, TCA USA:ssa 1944 ja Suomessa 1945 sekä profaami Englannissa 1945 ja dinitro-ortokresolista johdettu dinosebi USA:ssa 1946. Sen jälkeen uusien orgaanisten herbisidien kehittäminen keskeytyi muutamaksi vuodeksi.

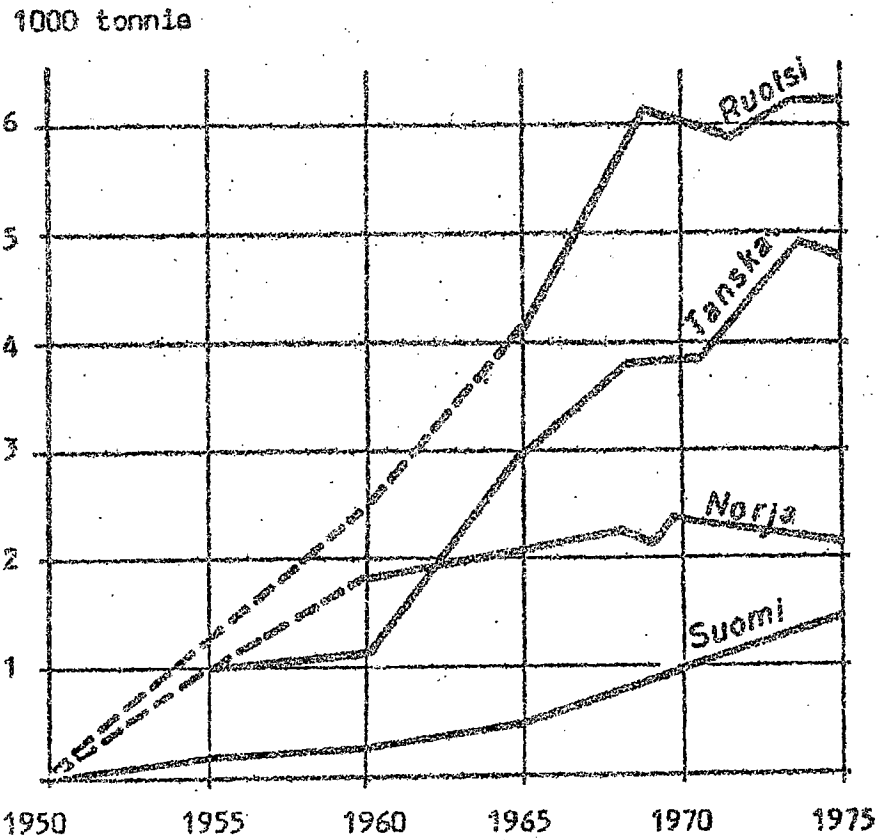
Syntyneen umpisolmun avaamiseen tarvittiin rohkea ja ennakkoluuloton tiedemies, tohtori W.C. Shaw. Hän ymmärsi, että uusien orgaanisten yhdisteiden kokeilemiseen herbisidinä tarvittiin erityiset mikrotestausten menetelmät ja laitteet. Tultuaan Yhdysvaltain maatalousministeriön palvelukseen Shaw yhdessä työtovereittensa kanssa kehitti vuosina 1949-1951 menetelmät, joiden avulla aineen fytotoksisuus voitiin mitata tai arvioida jo pienestä alkusynteesinäytteestä. Menetelmä julkaistiin ja pian sen jälkeen USA:n kemiallinen teollisuus ryhtyi sitä soveltamaan. Myös Länsi-Euroopan kemiallinen teollisuus alkoi kiinnostua asiasta 1950-luvun puolivälissä ja Japani seurasi perässä 1960-luvun jälkipuoliskolla. Kahden vuosikymmenen kuluessa saatiin kehitetyksi noin 125 uutta orgaanista herbisidiä.

Taulukko 6. Herbisidihistoriaa.

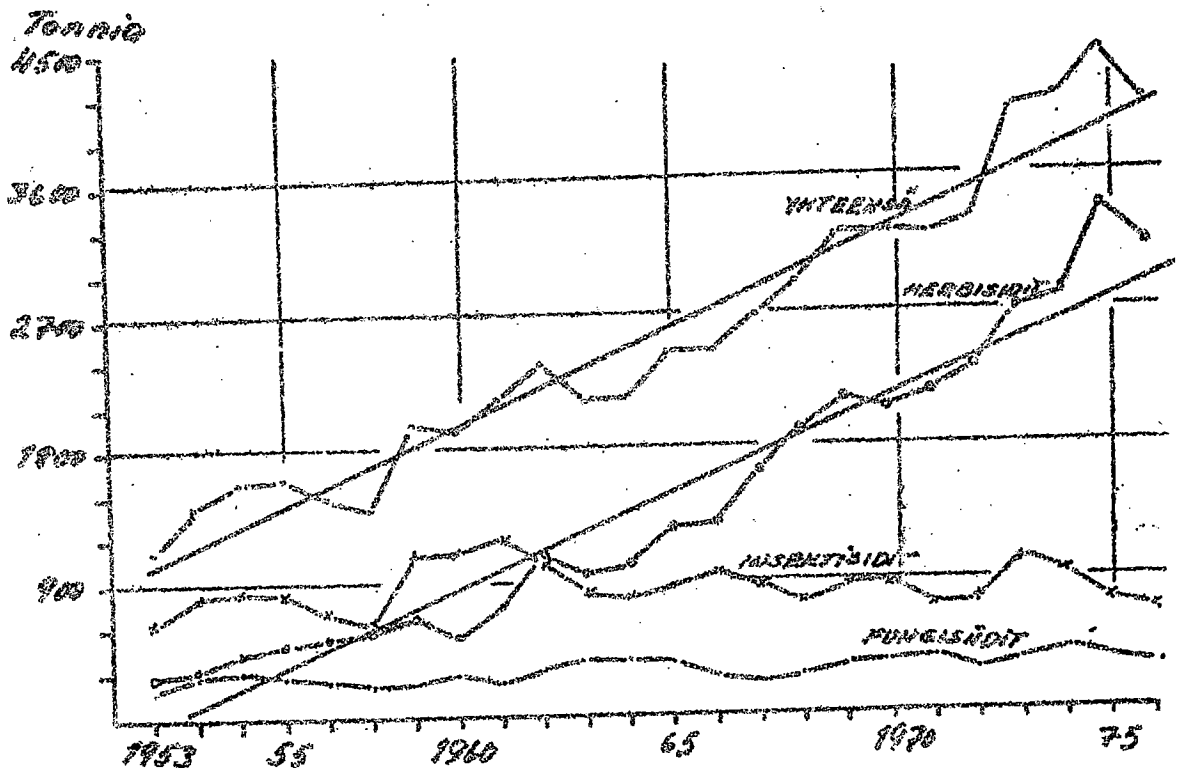
Vuosi	Torjunta-aine	Maa
1851	ruokasuola	Saksa
1874	rautssulfaatti	"
1896	riikkihappo	Ranska
1899	kuparisulfaatti	USA
1901	arseniyhdisteet	Australia
1914	kloraatit	Saksa
1919	kalsiumcyanamidi "kalkkityppi"	Englanti
1926	petroli	USA
1932	boraatit	Ranska
1940-44	DNOC	Englanti, USA
1944-45	fenoksiherbisidit	USA, Suomi
1945	TCA	Englanti
1945	profaami	USA
1945	dinosebi	USA, Eurooppa,
1951-71	noin 125 orgaanista herbisidiä	Japani

Rinnan tämän kehityksen kanssa paranneltiin herbisidien käyttövälineitä. Tämän seurauksena rikkakasvien kemiallinen torjunta monipuolistui käsittämään paitsi pelto- ja puutarhaviljelyn myös metsänviljelyn sekä tietyin varauksin vesistöjen ja viljelemättömien maa-alueiden pitämisen kasvillisuudesta puhtaana. Herbisidien globaalinen käyttö kattaa nykyisin noin 250 miljoonaa hehtaaria.

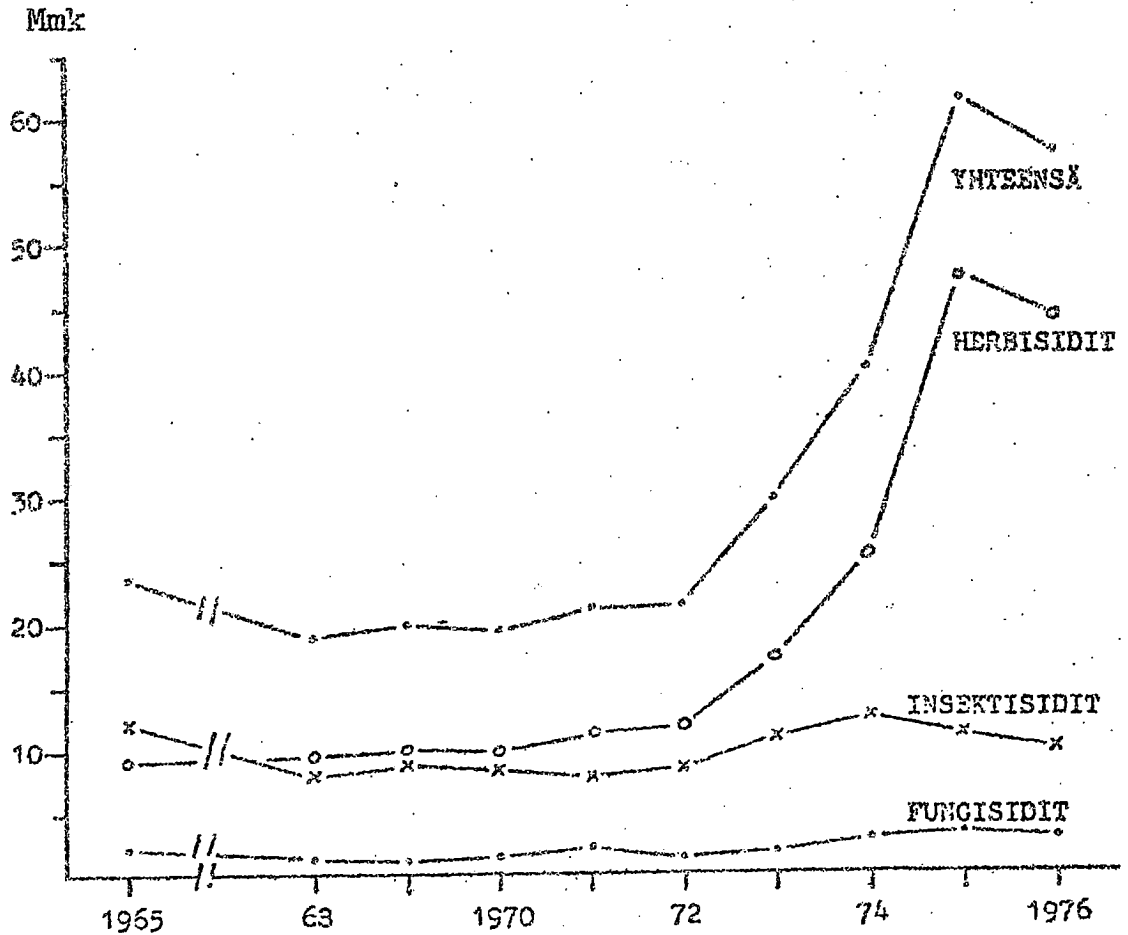
Näin voimakas kehitys ei luonnollisestikaan tapahtunut ilman haittavaikutuksia. Virheellisestä käytöstä aiheutui paitsi viljelykasvien vioittumista myös ympäristöhaittoja. Niinpä herbisidien valmistuksen, kaupan ja käytön valvontaan ruvettiin useissa maissa soveltamaan samoja säännöksiä kuin muihinkin torjunta-aineisiin eli pestisideihin. Kansainvälisessä kielenkäytössä pestisideiksi nimitetään kaikkia torjunta-aineita ja kasvunsääteitä. Nimitys johtuu pest-sanasta, joka alkuaan on tarkoittanut tarttuvaa tautia.



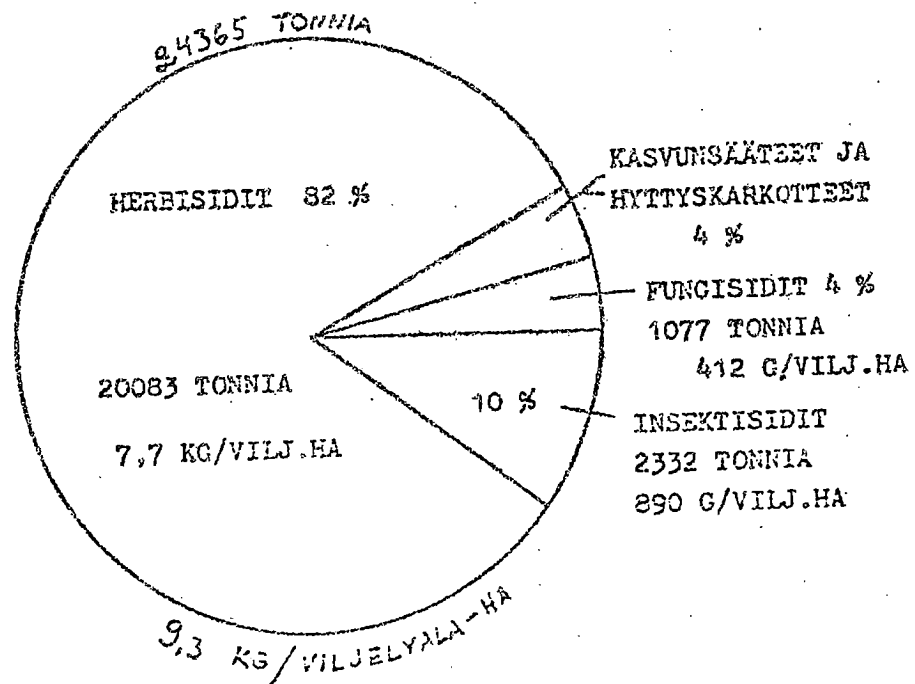
Kuva 2. Herbisidien myynti Pohjoismaissa 1950-1975 tehoaineeksi laskettuna paitsi Ruotsissa kauppavalmisteina (Mukula 1977).



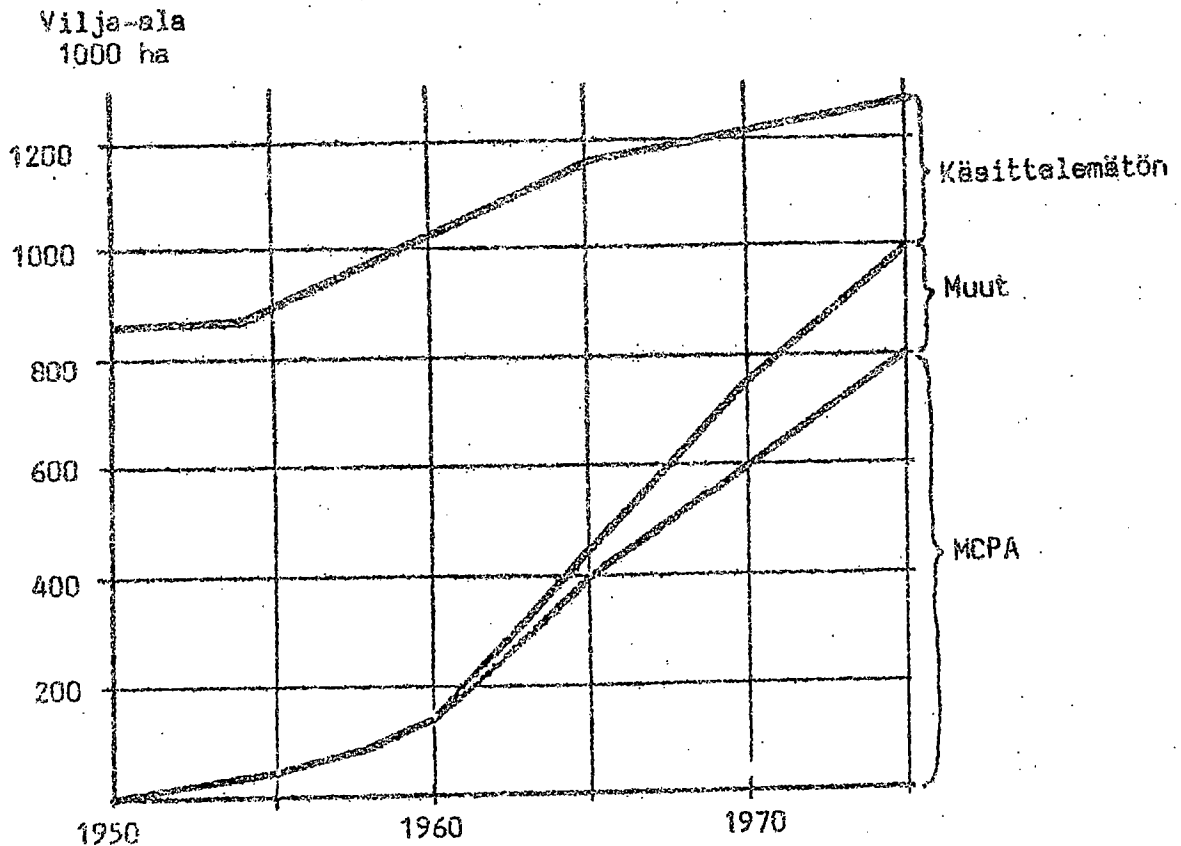
Kuva 3. Herbisidien osuus torjunta-aineiden kokonaismyynnistä Suomessa 1953-1976 tonneina kauppavalmistetta (Kivistö 1977).



Kuva 4. Herbisidien myynnin osuus torjunta-aineiden kokonaismyynnistä Suomessa 1965-1976 (Kivistö 1977).



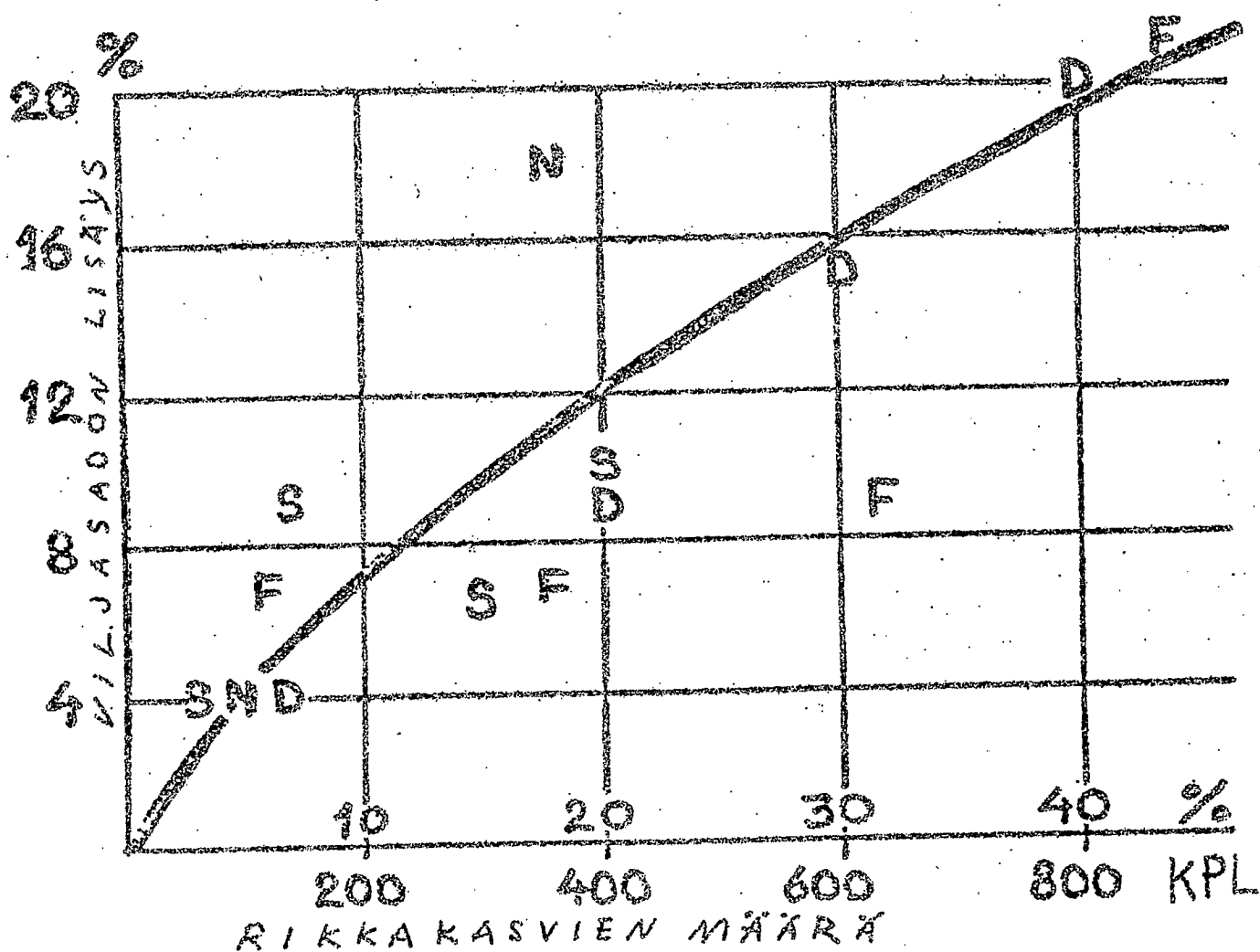
Kuva 5. Suomessa vuosina 1953-1976 käytettyjen herbisidien ja muiden torjunta-aineiden yhteenlaskettu kokonaismäärä tonneina sekä kiloina/grammoina peltuhehtaaria kohden (Kivistö 1977).



Kuva 6. Viljapeltojen herbisidiruiskutukset Suomessa 1950-1975 (Mukula 1977).

S u o m e s s a rikkakasvien kemiallista torjuntaa lienee kokeillut ensimmäisenä Mikael von Essen vuonna 1887. Hän väitti pystyneensä ruokasuolalla hävittämään leskenlehdet puntarpäänurmesta. Vuosisadan vaihteessa von Essen kokeili paitsi ruokasuolaa myös rikkihappoa ja "arsenikkia" (luultavimmin natriumarseniittia Na_3AsO_3) mm. voikukkien hävittämiseen. "Minun rikkaruohojen murhaajajoukkueeni", sanoi von Essen eräessä erinomaisista luennoistaan, "koostuu naisista ja lapsista, joista edelliset turvautuvat teräkseen, jälkimmäiset myrkkyyn". Tämä osoittaa von Essenin ymmärtäneen, että rikkakasvien kemiallinen torjunta on kevyempää ja helpompaa kuin mekaaninen torjunta.

Ensimmäinen hevosvetoinen herbisidiruisku hankittiin Suomeen Saksasta 1926 (Hederich Tod) ja ensimmäinen kaupallinen herbisidivalmiste, niinikään saksalaista alkuperää oleva, natriumkloraattia (NaClO_3) sisältävä tuote (Wegebellum) laskettiin kauppaan 1927. Kaliumkloraattia sisältävä kotimainen tuote (Fekabit) tuli kauppaan 1935 ja niinikään kotimainen, natriumkloridin ja natriumkloraaatin seos (Rikkaruohontuho) vuonna 1945.



Kuva 7. Korsi- ja viljoilla käytettyjen herbisidien vaikutus vilja- satoon ja vaikutuksen riippuvuus rikkakasvien määrästä (kpl/m² tai %). Lähteet: T=tanskalaisia tutkimustuloksia (Petersen 1960); F=suomalaisia tutkimustuloksia; (Mukula 1964); N=norjalaisia tutkimustuloksia (Vidme 1959); S=ruotsalaisia tutkimustuloksia (Granström 1967).

Fenoksiherbisidejä ruvettiin Suomessa kokeilemaan 1946, mutta merkittävän laajuuden niiden käyttö saavutti vasta 1950, jolloin maahan hankittiin 20 traktorivetoista herbisidiruis- kua.

Rikkakasvien kemiallisen torjunnan kehitys oli Suomessa vielä 1950-luvulla suhteellisen hidasta, huolimatta siitä että esim. kevätiljoissa oli herbisidejä käyttäen saatu keski- määrin 200-300 kg/ha sadonlisäystä. Vasta 1950-luvun lopussa kohosi herbisideillä käsitelty peltoala Suomessa noin 100 000 ha:iin, 1960-luvun puolivälissä $\frac{1}{2}$ milj. ha:iin

Taulukko 7. Herbisidien myynti Suomessa 1977 (Tiittanen & Blomqvist 1978).

Herbisidi	Valmiste- määrä 1000 kg	Tehoaine- määrä 1000 kg
M a a t a l o u s		
MCPA	968	645
MCPA + dikamba + diklorproppi) MCPA + dikamba + mekoproppi)	120	45
2,4-D:n amiinisuolat	6	3
dikvatti ja parakvatti	42	8
dinosebi, bromofenoksiimi) MCPA + bentatsoni)	87	35
ioksiniiili + bromoksiniiili + diklorproppi + MCPA, MCPA + diklorproppi, MCPA + mekoprop- pi, MCPA + bromoksiniiili)	425	269
TCA	179	150
maleiinihydratsidi	17	5
amitroli, amitroli + diuron,) glyfosaatti)	131	66
kloroksuroni, klooriprofami,) linuron, propaklori)	19	10
desmetryyni, metributsiini,) prometryyni, terbutryyni)	28	14
atratsiini, bromasiili, klor- tiamidi, diklobeniili, simat- siini)	57	16
fenmedifaami, lenasiili, pyrat- soni, etofumesaatti)	273	54
difentsokvatti, EPTC, bentsoyl- propetyyli, nitrofeeni, triflu- raliini)	129	30
M e t s ä t a l o u s		
2,4-D ja 2,4-D + piklorami	22	8
2,4-D + 2,4,5-T:n esterit) MCPA:n esterit)	259	130
2,4,5-T:n esterit	15	11
atratsiini, atratsiini + diklobe- niili, amitroli + atratsiini, ter- butylatsiini)	54	10

ja 1970-luvun puolivälissä 900 000 ha:iin. Sen jälkeen herbisidien käyttö peltoviljelyssä on jonkin verran vähentynyt ja vastaa nykyisin noin 750 000 ha.

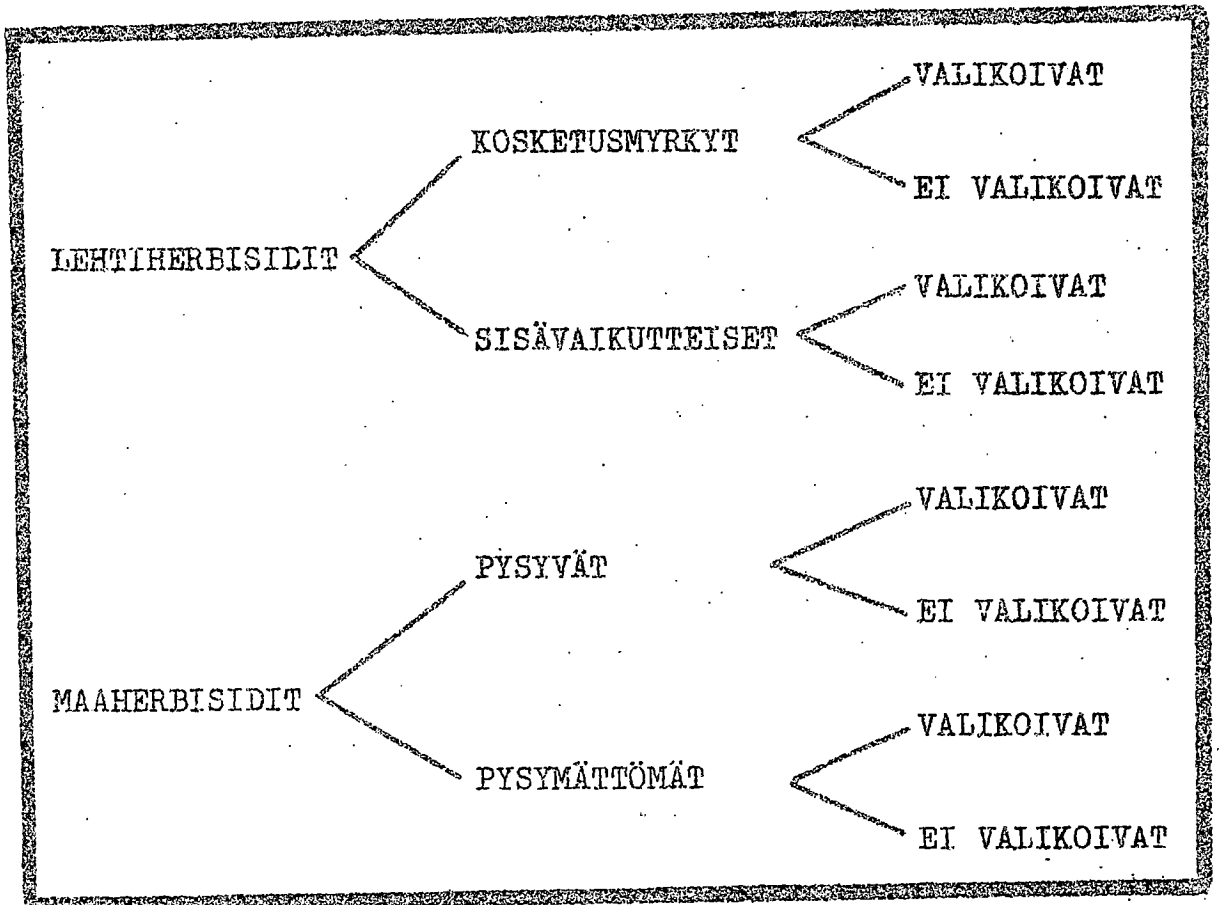
Rautateiden ja tienvarsien hoitoon herbisidejä ruvettiin Suomessa käyttämään 1950-luvun lopussa sekä puutarhan- ja metsänviljelyyn 1960-luvun alussa. Metsätaloudessa kemiallisen vesakontorjunnan ala käsittää vuosittain 20 000-40 000 ha, minkä lisäksi tulevat kanto- ja puukohtaiset käsittelyt.

Herbisidien levittämiseen soveltuvia traktoriruiskuja on Suomessa nykyisin noin 23 000 ja reppuruiskuja vähintään saman verran. Metsätalouden käyttöön on lisäksi muutama ruiskutuslentokone ja -helikopteri.

Herbisidien myynti tuli Suomessa virallisen valvonnan alaiseksi kasvinsuojelulain (SAK 261/51) puitteissa vuonna 1952. Herbisidien käyttö, haittavaikutukset sekä jäämät elintarvikkeissa ja rehuissa liitettiin valvonnan piiriin torjunta-ainelain (SAK 327/69) puitteissa vuonna 1969. Tarkastus on valmistekohtainen, joten samaakin tehoainetta sisältävät erinimiset kauppavalmisteet on tarkastettava erikseen. Vuonna 1977 kaupan olleiden herbisidivalmisteiden lukumäärä oli 81. Niiden kokonaismyynti oli noin 2.9 milj. kg ja vastasi tehoaineeksi laskettuna noin 1.5 milj. kg. Myynnin raha-arvo oli noin 45 milj. mk (Tiittanen ja Blomqvist 1978).

2.2. Vaikutustapa

Herbisidit on tapana jakaa kahteen pääluokkaan, lehtiherbisidit ja maaherbisidit. Edelliset ryhmitellään kosketusmyrkyihin ja sisävaikutteisiin herbisideihin, jälkimmäiset pysymättömiin ja pysyviin. Kuhunkin ryhmään kuuluu sekä valikoimattomia että valikoivia herbisidejä (kuva 3). Ero näiden ryhmien välillä ei ole jyrkkä. Samakin aine saattaa vaikuttaa kahdella tavalla, esim. sekä lehtien kautta että maan kautta tai pieninä annoksina valikoivana, mutta suurempina annoksina valikoimattomina.



Kuva 3. Herbisidien luokittelu niiden ominaisuuksien käyt-
tötavan mukaan.

Kosketusmyrkyt tuhoavat maanpäällisistä versoista ne kohdat, joiden kanssa aine joutuu välittömästi kosketukseen, sisävaikutteiset taas pystyvät kulkeutumaan johtojänteitä pitkin esim. lehdiltä juurakkoihin. Kosketusmyrkyt ovat vaikutukseltaan nopeita, akuuttisia. Ne tuhoavat johtojänteiden elävät solut niin nopeasti, ettei herbisidi ehdi johtojänteitä pitkin kulkeutua. Sisävaikutteiset herbisidit ovat hitaampia, niiden vaikutus on fysiologinen ja ne ehtivät kulkeutua johtojänteissä kasvin osasta toiseen ennen kuin johtosolukko kuolee.

Kosketusmyrkkujen vaikutus on polttava tai syövyttävä. Valikoivuus perustuu tällöin eri kasvilajien päällysketon erilaiseen rakenteeseen, karvaisuuteen, vahapeitteeseen tai lehtien asentoon. Sisävaikutteiset herbisidit saavat aikaan häiriöitä kasvien elintoiminnoissa. Esim. solujen jakaantuminen estyy tai fotosynteesi estyy. Valikoivuus perustuu tällöin erilaisiin fysiologisiin reaktioihin. Esim. jokin kasvilaji saattaa sisältää tiettyä herbisidiä inaktiivista entsyymiä tai jostakin kasvilajista puuttuu tietyn herbisidin aktivoimiseen tarvittava entsyymi.

2.3. Virallinen hyväksyminen

Kaikkia torjunta-aineita koskevat torjunta-ainelain (327/69) ja torjunta-aineasetuksen (93/70) säädökset. Myrkyllisiä torjunta-aineita ja lievästi myrkyllisiä torjunta-aineita koskevat lisäksi myrkkylain (309/69) ja myrkkyyasetuksen (612/69) säädökset.

Torjunta-aineiden myynti ja käyttö on Suomessa sallittua vasta sitten, kun ne on virallisesti tarkastettu ja hyväksytty. Hyväksyntä on tuote- eli valmistekohtainen, joten samaakin tehoainetta sisältävät eri tavaramerkit on tarkastettava erikseen. Hyväksyttävältä torjunta-aineelta vaaditaan, että se on käyttötarkoitukseensa tehokas ja ettei sen käytöstä aiheudu vaaraa ihmisten ja eläinten terveydelle, viljelykasveille tai luonnolle.

Torjunta-aineiden tehokkuuden ja käyttökelpoisuuden tarkastaa Maatalouden tutkimuskeskuksen yhteydessä toimiva Kasvinsuojelulaitos. Tämä ei ole laitos sanan varsinaisessa merkityksessä vaan organisaatio, johon kuuluu neljä Maatalouden tutkimuskeskuksen osastoa. Lisäksi Metsäntutkimuslaitos osallistuu metsätaloudessa käytettävien torjunta-aineiden käyttökelpoisuuden tarkastukseen. Kotimaiset tutkimukset ovat tarpeellisia siitä syystä, että ilmasto ja maaperä sekä kasvilajit ja -lajikkeet ovat meillä erilaisia kuin muualla. Mahdollisuuksien mukaan pyritään kuitenkin ulkomaisia tutkimustuloksia käyttämään hyväksi.

Tehokkuus ja käyttökelpoisuus tarkastetaan käytännön olosuhteita vastaavissa kenttäkokeissa. Niissä selvitetään, mille viljelykasvilajeille tarkastettava torjunta-aine soveltuu, mihin rikkakasvilajeihin se tehoa sekä mitkä ovat valmisteen sopivat käyttömäärät ja käyttöajat.

Torjunta-aineiden fysikaalinen ja kemiallinen tarkastus tehdään Valtion maatalouskemian laitoksessa, joka mm. analysoi valmisteiden kemiallisen koostumuksen ja määrittää niiden sisältämien aineiden pitoisuuden. Lisäksi maatalouskemian laitos tutkii torjunta-aineiden jäämät Kasvinsuojelulaitoksen käyttökelpoisuuskokeista otetuista kasvinäytteistä.

Torjunta-aineiden myrkyllisyyden tarkastaa Lääkintöhallitus, joka myös määrää valmisteen myrkkyluokan ja valmisteen myyntipääällyksen tavaraselosteeseen painettavat myrkyllisyyttä koskevat varoitusmerkinnät. Lisäksi Lääkintöhallitus tarkistaa Kasvinsuojelulaitoksen ehdottaman käyttöohjeen terveydellisten riskien kannalta.

Tärkeissä periaatekysymyksissä sekä uusia torjunta-aineita ja uusia käyttömenetelmiä koskevia päätöksiä varten Kasvinsuojelulaitos pyytää lausunnon torjunta-ainelautakunnalta, joka toimii maa- ja metsätalousministeriön yhteydessä. Vastaavasti Lääkintöhallitus voi myrkyllisyyskysymyksistä pyytää lausunnon sosiaali- ja terveysministeriön asettamalta myrkkyaasiain neuvottelukunnalta.

Tarkastustehtäviä varten on Kasvinsuojelulaitoksessa erityinen toimisto, jonka virkailijat keräävät eri tutkimusyksiköiltä tarkastustulokset sekä laativat niistä yhteenvedon ja esityksen Kasvinsuojelulaitoksen istuntokollegiolle. Tämän kollegion jäsenenä toimivat Maatalouden tutkimuskeskuksen asianomaisten osastojen päälliköt, ja sillä on valta joko hyväksyä tai hylätä torjunta-aineen myyntilupaa koskevat esitykset.

Myöntäessään torjunta-aineelle myyntiluvan Kasvinsuojelulaitos samalla hyväksyy valmisteen myyntipääällyksen tavaraselosteen tekstin, jonka tulee sisältää seuraavat tiedot:

- valmisteen nimi
- käyttötarkoitus
- tehoaineet ja niiden määrät
- käytön rajoitukset
- varoitusmerkinnät
- valmistaja, maahantuoja ja pakkaaja
- tuonti- tai valmistuserä
- nettopaino tai -tilavuus
- myyntilupaa koskeva merkintä

Torjunta-aineen myyntilupa merkitsee samalla myös käyttö-
lupaa. Se myönnetään enintään viideksi vuodeksi kerrallaan,
minkä jälkeen myyntilupa voidaan hakemuksesta uusua. Tar-
vittaessa on myyntilupaan mahdollista tehdä muutoksia sen
voimassaoloaikana ja se voidaan peruuttaa, jos valmis-
teen käytöstä todetaan aiheutuvan terveydellistä vaaraa
tai ympäristöhaittoja.

2.4. Myrkyllisyys

Myrkyllisyyden perusteella torjunta-aineet luokitellaan
Suomessa seuraaviin kolmeen ryhmään:

- I. myrkylliset torjunta-aineet
- II. lievästi myrkylliset torjunta-aineet
- III. muut torjunta-aineet

Nykyisin kaupan olevista herbisideistä dinosebi ja para-
kvatti luokitellaan myrkyllisiksi, muut joko lievästi myr-
kyllisiksi tai muihin torjunta-aineisiin kuuluviksi. Myrk-
kyläki koskee vain kahta ensiksi mainittua ryhmää, mutta
torjunta-ainelaki kaikkia.

Myrkyllisten torjunta-aineiden myyntipäällyksessä on myrk-
kylain edellyttämällä tavalla keltaiselle pohjalle painettu
musta pääkallonkuva ja lievästi myrkyllisten vastaavasti

vinoristi (X) sekä molemmissa teksti "Myrkkyyä. Hengenvaarallista nautittavaksi". Vastaava varoitus on muiden torjunta-aineiden ryhmään kuuluvien valmisteiden myyntipäilyksessä: "Ei nautittavaksi. Säilytettävä erillään elintarvikkeista ja rehuista. Ei lasten eikä kotieläinten ulottuville" (kuva).

Työterveyslain nojalla on vuonna 1978 annettu uudet, myrkyllisyyden merkitsemistä koskevat määräykset, joita ruvetaan soveltamaan torjunta-aineisiin vuonna 1980. Näihin uusiin määräyksiin sisältyy myös aineen muita haitallisia ominaisuuksia kuin myrkyllisyyttä koskevia merkintöjä, ja ne ovat yhdenmukaiset kansainvälisen käytännön kanssa (kuva).

Aineen myrkyllisyys tutkitaan eläinkokeissa ja myrkkyluokka määrätään pääsääntöisesti ns. akuuttisen myrkyllisyyden perusteella. Tämä mitataan LD₅₀-arvolla, joka tarkoittaa 50 %:n todennäköisyydellä tappavaa kerta-annosta ja ilmaistaan milligrammoina elopainokiloa kohden (letalis dosis, mg/kg). Aineen akuuttinen myrkyllisyys vaihtelee suuresti eläinlajin mukaan, ja kokeita on sen vuoksi tehtävä useilla eläinlajeilla. Myrkkyluokkaa määrättäessä käytetään perusteena tavallisesti aineen oraalista LD₅₀-arvoa rotalla. Oraalinen tarkoittaa suun kautta annettua. Akuuttisen myrkyllisyyden nykyiset raja-arvot eri myrkkyluokille ovat seuraavat:

I luokan myrkyt LD ₅₀	100 mg/kg
II luokan myrkyt LD ₅₀	100-3000 mg/kg

Aine on siis ^{siitä} myrkyllisempää, mitä pienempi on sen LD₅₀-arvo. Jos tämä arvo on yli 3000 mg/kg, kuten esim. ruokasuolalla, ainetta ei enää luokitella myrkyksi.

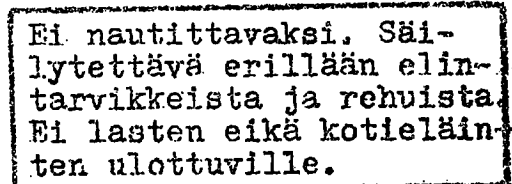
Ihmisillä myrkyllisyyskokeita ei ymmärrettävästi voida tehdä, joten aineiden vaarallisuus ihmisille arvioidaan eläinkokeiden perusteella. Tappava annos ensimmäisen luokan myrk-



Myrkyllinen torjunta-aine
(I)



Lievästi myrkyllinen torjunta-aine
(II)



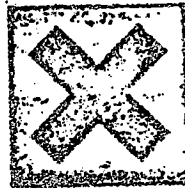
Muu torjunta-aine
(III)

Kuva 4. Torjunta-aineiden myyntipäällysten eli käyttöpakkausten tavaraselosteen myrkyllisyyttä koskevat varoitusmerkinnät myrkylläin (309/1969) ja myrkkyyasetuksen (612/1969) sekä torjuntaainelain (327/1969) ja torjunta-aineasetuksen (93/1970) mukaan. Myrkyllisten ja lievästi myrkyllisten aineiden osalta nämä merkinnät korvataan 31.5.1979 alkaen kuvassa 5 (alla) esitetyn mukaisiksi.



"Myrkyllinen"

Myrkyllinen torjunta-aine
(I)



"Haitallinen ja ärsyttävä"

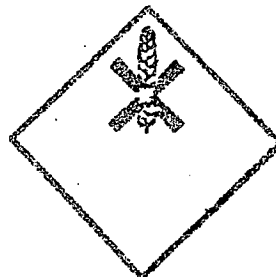
Lievästi myrkyllinen torjunta-aine
(II)

Kuva 5. Myrkyllisten ja lievästi myrkyllisten torjunta-aineiden myyntipäällyksen eli käyttöpakkauksen merkitseminen työturvallisuuslain (299/58) ja sen muutoksen (789/76) nojalla annetun valtioneuvoston päätöksen (286/78) mukaan 31.5.1979 alkaen.



"Myrkyllinen"

Myrkyllinen torjunta-aine
(I)



"Haitallinen ja ärsyttävä"

Lievästi myrkyllinen torjunta-aine
(II)

Kuva 6. Myrkyllisten aineiden kuljetuspakkausissa käytettävät merkinnät liikenneministeriön päätöksen (610/1973) mukaan.

kyä on elopainon mukaan laskettuna 70 kg painavalle ihmiselle enintään $70 \times 100 = 7000$ mg eli 7 g ja toisen luokan myrkyä enintään $70 \times 3000 = 21000$ mg eli 210 g.

Akuuttisen myrkyllisyyden lisäksi eläinkokeissa tutkitaan sub-akuuttista eli oireita aiheuttavaa myrkyllisyyttä antamalla koe-eläimille pienempiä myrkkyyannoksia jatkuvasti päivittäin 90 päivän ajan. Näissäkin kokeissa myrkkyyannoksen suuruus ilmaistaan milligrammoina elopainokiloa kohden (mg/kg/vrk). Sub-akuuttisten oireiden luonteesta riippuen voidaan aineen myrkkyluokkaa korottaa tai alentaa LD₅₀-arvon mukaisesta luokitteesta. Lisäksi määritetään sub-akuutteisissa myrkyllisyyskokeissa aineen korkein vaikutukseton päivä-annos (highest no-effect level) herkimmällä koe-eläinlajilla.

Pitkäaikaista eli kroonista myrkyllisyyttä tutkitaan eläinkokeissa, joiden kesto aika on 2-3 vuotta. Niissäkin käytetään sub-akuuttisia annoksia päivittäin. Parantumattomia kroonisia oireita ovat syöpä, perintötekijöiden muutokset ja syntymävikaisuus (epämuodostumat). Tällaisia sairauksia aiheuttavia aineita nimitetään karsinogeenisiksi, mutageenisiksi ja teratogeenisiksi. Yleensä sellaiset torjunta-aineet, jotka eläinkokeissa aiheuttavat kroonisia oireita, hylätään. Jos kuitenkin aineen kroonisuus on hyvin lievää ja sillä on selvä kynnysarvo, joka käyttömäärään tai käyttöväkevyyteen verrattuna osoittautuu hyvin korkeaksi, voidaan aine tietyn varauksin hyväksyä. Tavallisesti se luokitellaan tällöin korkeampaan myrkkyluokkaan, kuin mitä sen LD₅₀-arvo sellaisenaan edellyttäisi. Suomessa kaupan olevista herbisideistä on amitrolin todettu eläinkokeissa suurina annoksina aiheuttavan kroonisia maksaoireita. Lisäksi 2,4,5-T:llä on hyvin suurina annoksina lievä taipumus aiheuttaa syntymävikaisuutta hiirissä. Muilla eläinlajeilla tehdyissä kokeissa tällaista ei ole todettu. Eräissä tapauksissa herbisidin sisältämä epäpuhtaus saattaa olla myrkyllisempää kuin

aine itse ja myös tämä seikka on virallisessa tarkastuksessa otettava huomioon. Esim. 2,4,5-T:n kauppavalmisteet sisältävät epäpuhtautena erittäin myrkyllistä 2,4,6,8-tetra-kloori-p-dioksiinia (TCDD), joka hyvin pieninäkin annoksina saattaa aiheuttaa syntymävikaisuutta. Sen vuoksi on 2,4,5-T:tä sisältävien valmisteiden puhtaudelle asetettu tietyt vähimmäisvaatimukset.

Myrkyllisyystutkimusten perusteella Maailman Terveysjärjestö (WHO) määrittää torjunta-aineille turvarajan eli ADI-arvon, jolla tarkoitetaan korkeinta hyväksyttävää päiväänosta (highest acceptable daily intake). Se lasketaan siten, että aineen korkein vaikutukseton päiväannos herkimällä eläinlajilla jaetaan turvallisuuskertoimella, jonka suuruus on vähintään 100. Turvallisuuskerointa käyttämällä pyritään varmistumaan siitä, että ADI-arvon mukainen ainemäärä on yliherkillekin ihmisille vaaratonta jatkuvasti koko eliniän päivittäin nautittuna. Kun esim. 2,4-D-nimisen fenoksiherbisidin korkein vaikutukseton päiväannos on noin 30 mg/kg herkimmälle eläinlajille, on sen ADI-arvo $30/100 = 0.3$ mg/kg, mikä vastaa 70 kg painavalle ihmiselle $0.3 \times 70 = 21$ mg:n päiväannosta. Tämän suuruinen annos 2,4-D:tä pitäisi siis olla vaaraton keskipainoiselle ihmiselle.

2.5. Jäämätoleranssi

Torjunta-aineita käytettäessä viljelykasvit joutuvat niiden kanssa kosketukseen ja samalla ainetta imeytyy kasveihin, joista ne hajaantuvat vasta vähitellen kasvien aineenvaihdunnan eli metabolian tuloksena. Hajaantumisprosessi on useimmiten luonteeltaan hydrolyysiä, joskus hapettumista, harvoin pelkistymistä (kloraatit).

Viljelykasveista torjunta-ainejäämät joutuvat aikanaan elintarvikkeisiin ja rehuihin. Tästä aiheutuvan terveydellisen vaaran välttämiseksi on elintarvikelain (526/1941) nojalla mahdollista määrätä torjunta-aineille korkein sallittu pitoisuus eli jäämätoleranssi elintarvikkeissa sekä rehu- ja lannoitelain perusteella rehuissa (335/1968). Kasvinsuojelulaitos onkin vuonna 1977 tehnyt Elinkeinohallitukselle ehdotuksen Suomessa kaupan olevien torjunta-aineiden korkeimmiksi sallituiksi pitoisuuksiksi sekä elintarvikkeissa että rehuissa. Tätä jäämätoleranssiluetteloja ei ole virallisesti vahvistettu, mutta käytännössä sitä sovelletaan jo elintarvikkeisiin.

Jäämätoleranssi on paitsi torjunta-ainekohtainen myös elintarvikekohtainen ja se määrätään niin alhaiseksi, että torjunta-aineen ADI-arvo ei tule ylitetyksi. Tätä jäämätoleranssin määräämisen ensisijaista perustetta nimitetään toksikologiseksi periaateksi. Toisen, ns. hygieenisyyssperiaatin mukaan jäämätoleranssia ei saa määrätä korkeammaksi kuin mitä järkevä maatalouskäytäntö edellyttää. Hygieenisyyssperiaatin noudattamisesta seuraa, että jäämätoleranssi ei ole varsinainen turvaraja, vaan aina turvarajaa pienempi, niin pieni kuin suinkin on mahdollista vaarantamatta järkevän maatalouskäytännön mukaista elintarvikehuoltoa.

Maatalouskäytäntö vaihtelee eri maissa ilmasto- ym. ekologisista syistä johtuen. Tämän seurauksena eri maiden viranomaiset ovat määränneet samoillemkin torjunta-aineille erisuuruisia jäämätoleransseja. Tästä taas on aiheutunut haittaa kansainväliselle elintarvikekaupalle. Ongelman poistamiseksi on Maailman Terveysjärjestön (WHO) ja Yhtyneiden kansakuntien Elintarvike- ja Maatalousjärjestön (FAO) perustama Codex Alimentarius-komissio pyrkinyt yhdenmukaistamaan kansainvälisessä elintarvikekaupassa noudatettavan menettelyn. Komission suosittamia torjunta-aineiden kansainvälisiä jäämätoleransseja nimitetään Codex-tolerans-

seiksi. Kasvinsuojelulaitoksen Elinkeinohallitukselle tekemä jäämätoleranssiehdotus noudattaa soveltuvin osin Codex-toleransseja, mutta se ei toistaiseksi ole elintarvikekohdainen. Esitystä on täydennetty Saksan Liittotasavallan, Hollannin ja USA:n viranomaisten vahvistamilla toleransseilla, joiden soveltuvuus Suomen oloihin ja Suomessa noudatettavaan maatalouskäytäntöön on tarkistettu Valtion maatalouskemian laitoksen ja Kasvinsuojelulaitoksen yhteistyönä. Näitä selvityksiä varten on Kasvinsuojelulaitoksen virallisista torjunta-ainekokeista - siis valvotuista kenttäkokeista otettu kasvinäytteitä, jotka on analysoitu Valtion maatalouskemian laitoksessa.

Elintarvikeasetuksen muutoksen (806/1974) mukaan on elinkeinohallitukselle tai sen määräämälle viranomaiselle annettava vaadittaessa myös selvitys siitä, mitä torjunta-aineita on käytetty, miten ja milloin torjuntakäsittely on suoritettu ja kuinka pitkä aika on kulunut käsittelystä myyntiin. Määräys koskee kotimaisia ja ulkomailta tuotuja maatalous- ja puutarhatuotteita sekä niistä tehtyjä valmisteita. Selvityksen antamiseen ovat velvollisia kotimainen tuottaja, myyjä ja valmistaja sekä ulkomaisten tuotteiden maahantuojat. Tällainen säädös on omiaan lisäämään viljelijän harkintaa torjunta-aineiden käytössä, mutta toisaalta se aiheuttaa viljelijälle lisätyötä.

2.6. Varoaika

Torjunta-ainelain nojalla voidaan torjunta-aineiden käytölle määrätä myös varoaika, jolla tarkoitetaan virallisesti vahvistettua ja noudatettavaksi määrättyä vähimmäisaikaa viimeisen torjunta-ainekäsittelyn ja sadonkorjuun välillä. Varoajan määräämisellä pyritään siihen, että torjunta-aine ehtisi hajaantua kasveista ennen sadon korjuuta. Esim. desmetryynillä käsiteltyjä kaaleja ei saa korjata elintarvikeeksi tai rehuksi ennen kuin aikaisintaan kuuden viikon kuluttua käsittelystä ja fenoksiherbisideillä käsitellyiltä vesakontorjunta-alueilta ei saa käsittelyvuonna poimia puolukoita.

Taulukko 8. Herbisidien korkeimmat sallitut pitoisuudet elintarvikkeissa ja rehuissa. Kasvinsuojelulaitoksen esitys 1977.

Herbisidi	mg/kg	Herbisidi	mg/kg
amitroli	0.01	glyfosaatti	2.0
atratsiini	0.2	klorprofaami	0.5
2,4-D	0.1 x)	kloroksuroni	0.1
difentsokvatti	0.05	linuroni	0.1
dikamba	0.05	MCPA	0.1 x)
diklobeniili	0.2	mekoproppi	0.1
diklorproppi	0.1	parakvatti	0.05
dikvatti	0.2	prometryyni	0.1
dinosebi	0.05	2,4,5-T	0.05 x)
fermedifaami	0.1	TCA	0.01

x) Puolukoissa ym. metsämarjoissa Codex Alimentarius-komission ehdotus on 5.0 mg/kg

Taulukko 9. Rikkakasvien torjunta-aineiden varoajat vuoro-kausina.

2,4-D	21	MCPA	21
desmetryyni	42	mekoproppi	21
diklorproppi	21	2,4,5-T	21
dinosebi	14		

Käytön rajoittamisesta on lisäksi voimassa: Marjastus ja sienestys on kielletty käsittelyvuonna niiltä alueilta, joilta hävitetään vesakoita fenoksiherbisidillä lehvästö-ruiskutuksin. Glyfosaattia käytettäessä vastaavanlainen kieltö on voimassa yhden viikon ajan käsittelystä lukien.

Jäämätoleranssi ja varoaika ovat rinnakkaiskäsitteitä ja tähtäävät samaan tavoitteeseen. Jäämätoleranssi liittyy elintarvikevalvontaan ja on luonteeltaan seurantaa, kun taas varoaika liittyy torjunta-aineiden käytön valvontaan ja on luonteeltaan ennalta ehkäisevää.

2.6. Kauppan valvonta

Myrkyllisiä torjunta-aineita saavat myydä ne liikkeet, joiden vastaava johtaja on osoittanut Kasvinsuojelulaitoksen toimittamassa kuulustelussa tuntevansa torjunta-aineet ja niitä koskevat säännökset, ja jotka ovat saaneet lääkintöhallitukselta luvan. Lievästi myrkyllisten torjunta-aineiden myyntiin riittää lääninhallituksen lupa eikä kuulustelua tarvita. Myrkyllisten torjunta-aineiden myyntilupa oikeuttaa myös lievästi myrkyllisten torjunta-aineiden myyntiin. Muita, siis myrkyihin kuulumattomia torjunta-aineita saa myydä ilman erikoislupaa.

Myrkyllisiä torjunta-aineita saa vähittäisliikkeistä myydä vain luotettavalle, täysi-ikäiselle henkilölle. Ellei ostajaa sellaiseksi tunneta, myynti on sallittua vain poliisipiirin päällikön antamaa ostotodistusta vastaan. Myyjän on pidettävä myrkyllisistä torjunta-aineista lääkintöhallituksen vahvistaman mallin mukaista myrkkyykirjaa, johon on merkittävä myydyn torjunta-aineen nimi, määrä ja myyntipäivä sekä merkinnät mahdollisesta ostotodistuksesta.

Lievästi myrkyllisiä torjunta-aineita saa myydä luotettavalle henkilölle. Myyjä voi tarvittaessa vaatia selvityksen ostajan henkilöllisyydestä. Muita torjunta-aineita saa myydä ilman ostajaa koskevia rajoituksia.

Myrkyllisiä torjunta-aineita myydään Suomessa noin 3 000 vähittäisliikkeessä ja lievästi myrkyllisiä lisäksi noin 4 000 vähittäisliikkeessä. Myynti on sallittua ainoastaan myrkkyyasetuksen ja torjunta-aineasetuksen edellyttämin merkinnöin varustetuissa myyntipäällyksissä, jotka kasvinsuojelulaitos on hyväksynyt. Torjunta-aineiden annostelu vähittäiskaupassa on kiellettyä.

Myrkylliset torjunta-aineet on myyntiliikkeessä säilytettävä lukitussa huoneessa tai kaapissa. Siihen voidaan sijoittaa myös muita myrkyiksi luettavia aineita, mutta ei mitään muita aineita eikä tarvikkeita. Säilytyspaikan avaimen on oltava kaupasta vastaavan henkilön hallussa.

Lievästi myrkyllisiä ja myrkkyyhin kuulumattomia torjunta-aineita voidaan myyntiliikkeissä pitää avonaisella hyllyllä tai muussa avonaisessa paikassa. Mikäli liikkeessä myydään myös nautittavaksi tarkoitettuja aineita, esimerkiksi elintarvikkeita ja rehuja, on lievästi myrkylliset torjunta-aineet sijoitettava erilliseen huoneeseen tai kaappiin.

2.7. Käytön valvonta

Torjunta-aineina saa Suomessa käyttää ainoastaan Kasvin- suojelulaitoksen hyväksymiä valmisteita. Käyttö on sallittua vain hyväksytyyn, myyntipäällyksessä mainittuun tarkoitukseen ja noudattaen käytöstä annettuja ohjeita. Myyntipäällyksen käyttöohjeesta poikkeava menettely on siis kiellettyä ja tämän määräyksen rikkomisesta saattaa olla seurauksena jopa vuoden vankeusrangaistus.

Virallisesti hyväksytyssä käyttöohjeessa eritellään

- käyttöaika
- käyttöpaikka
- käyttötapa
- käyttömäärä
- torjunnan kohteet

Käyttöpaikka tarkoittaa, millä viljelykasvilajilla tai -lajeilla, joskus myös lajikkeilla, sekä millaisissa paikoissa viljelysten ulkopuolella ainetta saa käyttää. Käyttötapa tarkoittaa ruiskuttamista, pölyttämistä tai sirottelua ym., ruiskutteen vesimäärää pinta-alayksikölle, ruiskutteeseen mahdollisesti sekoitettavia lisäaineita sekä ruiskutteen soveltumista sekoitettavaksi muihin torjunta-aineisiin ja hivenainelannoitteisiin. Käyttömäärä tai käyttöväkevyys eritellään kutakin käyttötarkoitusta,

siis kutakin viljelykasvilajia varten erikseen. Torjunnan kohteet sen sijaan luetellaan yleensä vain ryhmittäin, esim. yrttimäiset kertarikikasvit. Erikoistapauksissa mainitaan kuitenkin se rikkakasvilaji, esim. hukkakaura tai juolavehna, jonka torjuntaan aine yksinomaan on tarkoitettua tai ne rikkakasvilajit, joihin aine ei tehoa.

Yhteisöt ja myös yksityiset henkilöt, jotka suorittavat torjunta-ainekäsittelyjä itse hankkimillaan aineilla tilauksesta ja tilaajan laskuun, tarvitsevat toimintaansa vähittäisliikkeiltä vaadittavia myyntilupia vastaavat luvat. Mikäli työssä käytetään myrkyllisiä torjunta-aineita, täytyy käsittelystä vastaavalla henkilöllä olla lääkintöhallituksen myöntämä lupa. Käytettäessä ainoastaan lievästi myrkyllisiä torjunta-aineita riittää lääninhallituksen lupa. Käsitte-lyistä vastaavan henkilön on lisäksi osoitettava Kasvin-suojelulaitoksen toimittamassa kuulustelussa, että hän tuntee torjunta-aineet ja niitä koskevat säännökset.

Käsittelijän on jätettävä tilaajalle kirjallinen selostus, josta ilmenee mm. torjunta-aineen nimi, käyttömäärä ja käyttöväkevyys, torjunnan pääasiallinen kohde sekä valmis-teen vaarallisuutta osoittavat varoitukset. Selostus on allekirjoitettava ja säilytettävä 10 vuotta.

Vesakontorjunnasta on vuosina 1975-1978 annettu erityis-säädöksiä. Niillä on siirretty valvontatehtäviä paikalli-sille viranomaisille ja siten on voitu huomattavasti tehos-taa herbisidien käytön valvontaa. Vesakontorjunta-aineiden lentolevitys on luvanvaraista. Luvan myöntää maa- ja metsä-talousministeriö paikallista piirimetsälautakuntaa kuultuaan. Kunnilla on oikeus anoa maa- ja metsätalousministeriöltä lentoruiskutuskieltoa. Ministeriö ratkaisee asian yleisten ympäristönsuojelunäkökohtien perusteella (ks. lukua Vesakon-lorjunta s.).

Vesistöissä torjunta-aineiden käyttö on Suomessa kielletty. Vesioikeudet voivat kuitenkin paikallisten vesiviranomais-
ten esityksestä antaa siihen erikoisluvan. Kalastusyhdistyk-
set ovat viime vuosina anoneet lupia kaislikon hävittämiseen,
mutta toistaiseksi vesioikeudet ovat suhtautuneet anomuksiin
kielteisesti.

3.7. Ympäristöhaitat

Herbisidit ovat hyvin pieninäkin annoksina kasveille myrkyllisiä ja niinpä herbisidien ympäristöhaitat kohdistuvatkin
ensi sijassa kasveihin.

Tuulen mukana herbisidiruiskutteet ja -pölytteet saattavat kulkeutua käyttökohteen ulkopuolelle ja tällä tavoin aiheuttaa hyvinkin pahoja ympäristöhaittoja. Eräät herbisidit ovat kaasuuntuvia. Lämpimällä säällä ne kaasuuntuvat etenkin aurinkoisissa paikoissa kasvien lehdistä tai maan pinnalta, kulkeutuvat ilmassojen konvektiovirtausten mukana ensin ylöspäin ja sitten tuulen mukana käyttöalueen ulkopuolelle jopa satojen metrien etäisyydelle. Eräät herbisidit on liian herkän kaasuuntumisen vuoksi hylätty virallisessa tarkastuksessa tai niiden käyttöohjeeseen on määrätty painettavaksi kaasuuntumisvaaraa koskeva varoitus. Kasvihuoneissa ja kasvihuoneiden välittömässä läheisyydessä on kaasuuntuvien herbisidien käyttö kielletty, samoin kukkapenkkien ja yleensäkin koristekasvien välittömässä läheisyydessä.

Huuhtoutuminen pohjaveteen on toinen merkittävä ympäristöhaitta, joka tulee ottaa huomioon paitsi herbisidien ennakkotarkastuksessa myös niiden käytössä. Sellaiset maaherbisidit, jotka ovat helppoliukoisia, heikosti pidättyviä ja hitaasti hajaantuvia, saattavat kulkeutua pohjaveteen. Jos nämä kolme ominaisuutta yhdistyvät samaan torjunta-aineseen, se yleensä hylätään jo ennakkotarkastuksessa. Herbisidien kulkeutuminen pohjaveteen ja siirtymisen pohjavirtausten mukana käyttöalueen ulkopuolelle on helpommin todettavissa kuin esim. tuhoeläinten ja kasvitautien tor-

junta-aineiden. Se nimittäin ilmenee hyvin selvästi jo käsittelyn jälkeisenä vuotena kasvien vioittumisena käyttöalueen ulkopuolella, joskus jopa 100-400 m:n etäisyydellä. Suomessa hyväksytyistä herbisideistä 2,3,6-TBA ja piklorami saattavat kulkeutua pohjaveteen. Edellisen huuhtoutumisvaaraa vähentää sen erittäin pieni käyttömäärä. 2,3,6-TBA on nimittäin hyväksytty vain tehoa parantavaksi lisäaineeksi eräisiin herbisidiseoksiin, joiden pääasiallinen teho perustuu johonkin toiseen herbisidiin. Pikloramin huuhtoutumisvaaraa vähentää paitsi pieni käyttömäärä myös sen käytön rajoittuminen rikkakasvien yksilökäsittelyyn (s. 00).

Herbisidien pidättyminen eli tarttuminen (adsorptio) maahiukkasiin vähentää niiden huuhtoutumisvaaraa. Pidättymisen suhteen herbisidit voidaan ryhmitellä seuraavasti:

- 1) kationit ("emäkset"), esim. parakvatti
 - tarttuvat lujasti
 - eivät imeydy (absorboidu) maasta kasveihin tai pieneliöihin eivätkä sen vuoksi ole myrkyllisiä maassa
 - eivät hajaannu kemiallisestikaan
- 2) anionit (hapot), esim. MCPA ja TCA
 - eivät tartu
 - jos aine on hajaantumista kestävä ja vesiliukoinen, se voi huuhtoutua pohjaveteen, esim. 2,3,6-TBA ja piklorami
- 3) jonittomat, esim. simatsiini
 - tarttuvat lievästi

Mehiläisille ja muille pölyttävälle hyönteisille eräät herbisidit ovat myrkyllisiä. Maa- ja metsätalousministeriön vuonna 1973 tekemän päätöksen mukaan seuraavia herbisidejä ei saa käyttää mehiläispesien välittömässä läheisyydessä eikä kukkivien kasvustojen käsittelyyn:

2,4-D	MCPA
diklorproppi	mekoproppi
dikvatti	parakvatti
dinosebi	2,4,5-T

Riista ja kotieläimille herbisidien ohjeenmukaisesta käytöstä ei yleensä aiheudu vaaraa. Myöskään maan pieneliöille, bakteereille ja sienille, useimmat herbisidit ovat vaaratomia ja niiden hajaantuminen maassa ja mätänevissä kasvijätteissä tapahtuu nimenomaan pieneliöiden toimesta. Suomessa kaupan olevista herbisideistä vain dinosebi, parakvatti ja dikvatti ovat merkittävässä määrin pieneliöille myrkyllisiä. Näistäkin vain dinosebi vaikuttaa maassa pieneliötoimintaa ehkäisevästi ja senkin vaikutus on lyhytaikainen.

Pieneliötoiminnan puuttuminen saattaa välillisesti aiheuttaa herbisidien käytössä merkittävän ympäristöhaitan. Herbisidit eivät tällöin hajaannu maassa, vaan ne säilyvät vuosikausia ja saattavat myöhemmin aiheuttaa ympäristöhaittoja käyttöalueellaan tai vähitellen käyttöalueen ulkopuolelle kulkeutuessaan. Tällaista ympäristöhaittaa on väitetty herbisidien käytöstä aiheutuvan pohjoisilla metsäalueilla, joilla maa on liian hapanta bakteereille ja sienille. Kotimaisia tutkimustuloksia asiasta ei ole.

2.5. Formulointi

Herbisidejä ei yleensä voi käyttää sellaisenaan. Ne ovat kasveille myrkyllisiä jo hyvin pieninäkin annoksina ja sen vuoksi ne on ennen käyttöä laimennettava. Laimennustapa riippuu siitä, käytetäänkö aine kiinteänä vai nestemäisenä.

Kiinteänä käytettävät valmisteet ovat joko pölytteitä tai sirotteita. Niissä on laimennusaineena tavallisimmin talkkia tai kaoliinia. Tavoitteena on seos, joka helposti voidaan levittää tasaisesti. Esim. käyttömäärä 200 kg/ha eli 2 kg/

aari voidaan vaikeuksitta levittää tasaisesti vaikkapa käsin, mutta esim. 1 kg/ha eli 10 g/aari hajaantuu epätasaisesti. Siis jos herbisidiä tarvitaan 1 kg/ha, se sekoitetaan 200 kg:aan täyteainetta eli $\frac{1}{2}$ -%:seksi valmisteeksi. Kiinteänä käytettävät herbisidit ovat kaupan valmiina laimennoksina.

Nestemäisinä eli ruiskutteina käytettäviin herbisideihin lisätään laimennusaineksi vettä. Erikoistapauksissa myös eräät öljyt saattavat tulla kysymykseen.

Jos veteen sekoitettava herbisidi itse^{ssään} on neste, syntyy siitä veteen sekoitettaessa joko liuos tai emulsio eli maidos riippuen siitä, onko neste vesiliukoinen vai ei. Jälkimmäisessä tapauksessa tarvitaan paitsi liuotin myös pintajännitystä alentava emulgaattori, joka saa liukenemattoman nesteen emulgoitumaan veteen ja pysymään emulsiona.

Jos vedellä laimennettava herbisidi on kiinteä aine, syntyy siitä veteen sekoitettaessa joko liuos tai suspensio, riippuen taaskin siitä, onko herbisidi vesiliukoinen vai ei. Jälkimmäisessä tapauksessa herbisidi formuloidaan veteen suspendoituvaksi jauheeksi, johon on lisätty pintajännitystä alentavaa stabilisaattoria suspension pysyvyyden parantamiseksi.

Pintajännitystä alentavaa ainetta lisätään nesteenä levitettäviin herbisideihin myös siitä syystä, että ruiskutepisarat paremmin leviäisivät kasvien lehdille. Lehdet ovat usein karvaisia tai vahapeitteisiä ja sen vuoksi ruiskutepisarat pyrkivät putoamaan lehdiltä tai ainakin pisaroiden kosketuspinta jää pieneksi ja teho heikoksi. Myös tarttuvuutta parantavaa ja lehtien vahakerrosta liuottavaa ainetta on ruiskutteena levitettäviin herbisideihin tapana lisätä. Yhdessä näitä aineita nimitetään pinta-aktivaattoreiksi (surfactant). Pintajännitystä alentavista aineista erikseen käytetään nimitystä kostutusaine (wetting agent).

Kaikki ruiskutteina käytettävät herbisidit myydään valmiina formulaatteina. Tämä tarkoittaa sitä, että niihin on lisätty liuotin, emulgaattori, stabilisaattori ja pinta-aktivaattori sen mukaan kuin tarve kulloinkin vaatii.

Ruiskutteena käytettävistä herbisideistä puuttuu vesi eli laimennusaine. Ne on siis käyttäjän itse laimennettava. Traktoriruiskua käytettäessä vettä tarvitaan 200-400 l/ha, jotta laimennos eli ruiskute tasaisesti leviäisi. Sisävalkutteisia herbisidejä ja maaherbisidejä käytettäessä riittää 200 l/ha, kosketusmyrkkyyä käytettäessä tarvitaan noin 400 l/ha.

2.4. Käyttömenetelmät

Herbisidi levitetään käsiteltävälle alalle tavallisesti ruiskuttamalla, harvoin sirottelemalla tai pölyttämällä. Ruiskuttamiseen tarvitaan erityinen kasvinsuojeluruisku, josta ruiskute painetta käyttäen leviää suuttimien kautta hienojakoiseksi suihkuksi. Kasvinsuojeluruiskuja on saatavana eri tarkoituksiin erityyppisiä alkaen pienistä, yksisuuttimisista reppuruiskuista monisuuttimisiin traktoriruiskuihin. Sirottaminen soveltuu vain pienille pinta-aloille, ja se tehdään tavallisesti käsin, joskin myös erityisiä sirotteiden levityslaitteita on saatavana. Pölyttämisestä on yleensä luovuttu syystä, että pölyte kulkeutuu herkästi tuulen mukana käyttöalueen ulkopuolelle. Pölyttämiseen soveltuvia laitteitakaan ei enää ole saatavissa.

Kasvinsuojeluruiskua käytettäessä herbisidi on laimennettava. Traktoriruiskulla on oikeiden laimennussuhteiden laskemista varten tehtävä koeajo mitatulla matkalla esim. seuraavasti:

- täytää ruiskun säiliö aivan täyteen,
- säädä sopiva paine (2-3 ik),
- ruiskuta mitattu matka ajaen tasaista nopeutta, jota käyttävät pellollakin

- pane muistiin käyttämäsi traktorin vaihde ja moottorin kierrosluku, jonka on oltava niin suuri, että pumpun teho riittää hyvin myös nesteen sekoitukseen säiliössä,
- täytä säiliö uudestaan aivan täyteen ja mittaa samalla kulunut vesimäärä.

Kun ruiskutettu vesimäärä ilmoitetaan litroina, ajettu matka metreinä ja ruiskun työleveys metreinä, saadaan hehtaaria kohti levitetyn veden määrä litroina seuraavasti:

$$\frac{10\ 000 \times \text{vesimäärä (l)}}{\text{ajettu matka (m)} \times \text{työleveys (m)}} = \text{vesimäärä l/ha}$$

Esimerkki: vesimäärä 50 l
ajettu matka 200 m
työleveys 10 m

$$\text{Vesimäärä l/ha} = \frac{10\ 000 \times 50 \text{ (l)}}{200 \text{ (m)} \times 10 \text{ (m)}} = 250 \text{ l/ha}$$

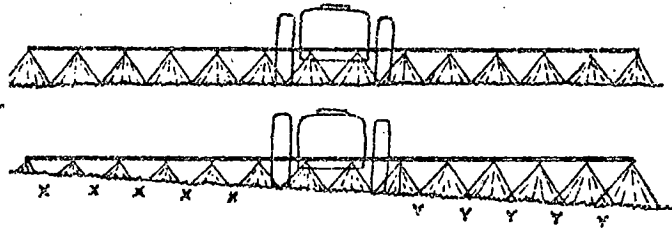
Kokeile erilaisia suuttimien suukkeita ja ajonopeuksia, kunnes ruisku levittää halutun nestemäärän hehtaaria kohti. Jos tarvittava vesimäärä poikkeaa tavanomaisesta (200-400 l/ha) muuta mieluummin suukkeita tai ajonopeutta kuin painetta. Tarkasta myös, että kaikki suukkeet ovat oikeassa asennossa ja suihkuttavat tasaisesti ja että ruiskutanko on vaakasuorassa ja sopivalla korkeudella.

Oikea laimennussuhde lasketaan siten, että hehtaarille kuluvaan vesimäärään lisätään hehtaarille tarvittava torjuntaainemäärä, joka on ilmoitettu torjunta-aineen myyntipäällyksen tavaraselosteessa. Jos säiliö halutaan täyttää kokonaan, lasketaan säiliölliseen tarvittava torjuntaainemäärä seuraavasta kaavasta:

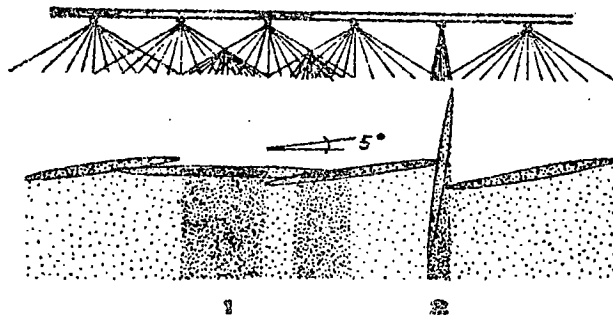
$$\frac{\text{säiliön tilavuus (l)} \times \text{valmistemäärä (l/ha-kg/ha)}}{\text{vesimäärä l/ha}}$$

Esimerkki: $\frac{600 \text{ (l)} \times 1,5 \text{ (kg)}}{250 \text{ (l)}} = 3,6 \text{ kg}$

Ruiskutangon on oltava oikealla korkeudella ja vaakasuorassa

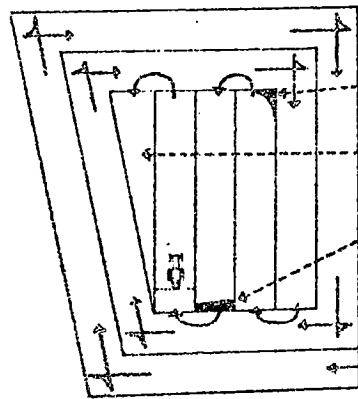


Ruiskutuskorkeus



Viuhka-suuttimen suukkeen rako ei saa olla ruiskupuomin suuntaisesti (1) tai poikittain (2), vaan 5° kulmassa.

Suuttimien toiminta



Käännös liian aikaisin
Sulje ruiskupuomin osat yksi kerrallaan kaistan kaventuessa
Ruiskutus lopetettu liian aikaisin

Ajotapa ruiskutettaessa

Kuva 7. Traktoriruiskun käyttöohjeita.

Traktoriruiskulla ruiskutettaessa on syytä ajaa ensin kaksi kierrosta pellon ympäri, jotta päisteissä on riittävästi käännöstilaa. Aja niin, että ruiskutuspuomi ylettyy pellonreunaan saakka, ellei ole vaaraa ojassa olevan veden pilaantumisesta tai viereisen kasvuston vioittumisesta. Päisteiden jälkeen jatketaan ajamalla pisintä sivua kylvörivien suuntaan. Aloita ja lopeta ruiskutus päisteissä tarkasti välttääksesi aukkoja ja päällekkäinruiskutusta. Käytä päisteissä olevia pyöränjälkiä ajomerkinä.

Ajolinjojen merkitseminen on usein tarpeen, jotta ei tule aukkoja tai päällekkäistä ruiskutusta. Pellon ulkopuolelle voi pystyttää suuntakepit, jotka kestävät monta vuotta. Ruiskutuspuomin päihin kiinnitetyt pitkät maassa laahaavat narut auttavat työleveyden näkemistä käännöksissä. Ruiskutettaessa voi seurata kylvörivejä. Nesteen loppumiskohdan voi merkitä kääntymällä heti jyrkästi edelliselle kaistalle.

Reppuruiskua varten laimennussuhde on käytännössä helpointa laskea 10 litran annosta kohden. Tämä vesimäärä riittää kahdelle aarille, jos vettä käytetään 5 l/aari. Siihen on siis mitattava kahden aarin annos. Jos esim. torjunta-aineen käyttömäärä on 20 g/aari, mitataan sitä 10 litran vesimäärään 40 g. Sekoitusastiaan on käytännöllistä merkitä 10 litran raja vedenkestävällä huopakynällä.

Ennen ruiskutustyön aloittamista on reppuruiskullakin harjoiteltava, jotta laskettu ruiskutemäärä opitaan tasaisesti ruiskuttamaan mitatulle pinta-alalle. Käytännössä tämä käy parhaiten päinsä tekemällä "koeajo" pelkällä vedellä, esim. pihamaalle mitatulla koeruudulla. Koeajo on syytä toistaa muutamaan kertaan, jotta samalla opitaan myös tasaisen ruiskuttamisen tekniikka. Ruiskutusjäljen tasaisuuden näkee parhaiten kuivalla pihahietikolla, jossa ruiskutteen kastelema ala erottuu selvästi ruiskuttamattomasta.

Herbisidi levitetään yleensä kasvukauden aikana, mutta erikoistapauksissa myös talvilevitys saattaa tulla kysymykseen. Viljelysmailla herbisidi levitetään joko

- (1) hajaruisikutuksena koko alalle
 - (a) ennen kylvöä tai istutusta
 - (b) ennen taimettumista
 - (c) taimettumisen jälkeen
 - (d) sadonkorjuun jälkeen
- (2) ohjattuna ruiskutuksena
 - (a) riveihin
 - (b) riviväleihin
 - (c) istutustaimien ympärille
 - (d) hedelmäpuiden alustalle
- (3) yksilökäsittelyinä
 - (a) suurikokoisiin kestorikkakasveihin
 - (b) vesoviin puihin tai kantoihin

Ennen kylvöä tai istutusta (pre-planting) voidaan viljelysmaalla käyttää hajaruisikutuksena (1a) voimakkaita maaherbisidejä kestorikkakasvien, kuten juolavehnän juurakoiden hävittämiseen. Maaherbisidin on tällöin oltava nopeasti hajaantuva ja vähintään puoleksi valikoiva, kuten esim. TCA. Levityksen jälkeen aine sekoitetaan muokkauskerrokseen äestämällä, ja kylvö tai istutus tehdään vasta muutaman viikon kuluttua, jotta herbisidi ehtisi osittain hajaantua.

Jos kestorikkakasvit ovat rehevässä kasvussa, voidaan maaherbisidin asemesta ennen kylvöä tai istutusta käyttää valikoimatonta lehtiherbisidiä. Sen tulee tällöin olla sisävaikutteinen, kuten esim. glyfosaatti, jotta aine imeytyisi lehdistä juurakkoihin. Maa muokataan kylvö- tai istutuskuntoon vasta sitten, kun herbisidi on ehtinyt imeytyä juurakkoihin, mihin tavallisesti kuluu aikaa 1-3 viikkoa. Imeytyminen on silmävaraisesti todettavissa, sillä se aiheuttaa kasvuston lakastumisen.

Ennen kylvöä tai istutusta käytetään valikoimatonta lehtiherbisidiä myös silloin, kun maata ei voida maaston kaltevuuden, kivisyyden tai eroosiovaaran vuoksi muokata (non-cultivation method). Tähän tarkoitukseen soveltuva valikoimaton lehtiherbisidi on parakvatti. Sillä ei ole maasta käsin mitään vaikutusta, joten kylvö tai istutus voidaan tehdä jo ruiskutusta seuraavana päivänä, vaikka rikkakasvit (tai ruiskutettu nurmi) eivät vielä olisi edes kuolleet.

K y l v ö n j ä l k e e n , ennen viljelykasvin ja rikkakasvien taimettumista (pre-emergence) käytetään hajalevitykseen (1b) valikoivia maaherbisidejä kertarikkakasvien torjuntaan. Menetelmä soveltuu parhaiten juurikasveille, vihanneksille ja perunalle. Herbisidi levitetään maan pinnalle tavallisesti muutaman päivän kuluttua kylvöstä. Sadeveden mukana aine imeytyy mullan pintakerrokseen, jossa se tappaa itävät rikkakasvien siemenet. On varottava lykkäämästä käsittelyä liian myöhäiseksi, sillä taimettumisvaiheessa viljelykasvit ovat arimmillaan eivätkä ne silloin siedä herbisidikäsittelyä. Jos maaherbisidi on hyvin vaikealiukoinen, kuten esim. trifluraliini, se on sekoitettava mullan pintakerrokseen 1-3 cm:n syvyyteen (soil incorporation method) ja tämä on tehtävä jo kylvön yhteydessä.

Valikoimattoman lehtiherbisidin käyttö hajalevitykseen kylvön jälkeen ennen viljeltävän kasvin taimettumista (pre-crop-emergence) tulee kysymykseen silloin, kun rikkakasvit taimettuvat ennen viljeltävää kasvia. Jos maa muokataan ja tasoitetaan kylvökuntoon muutamaa päivää ennen kylvöä, saavat rikkakasvit, joiden siemenet ovat mullassa jo etukäteen itämistä odottamassa, etumatkan viljeltävään kasviin nähden ja taimettuvat aikaisemmin. Tällöin maa voidaan ruiskuttaa juuri ennen viljeltävän kasvin taimettumista parakvatilla tai dikvatilla. Ne ovat kumpikin valikoimattomia ja niillä ei ole mitään vaikutusta maasta käsin. Mullan peitossa ole-

vat viljelykasvien idut ovat sen vuoksi suojassa ja säilyvät vioittumattomina. Menetelmää on jonkin verran käytetty soke-rijuurikkaalla ja sellaisilla viljelykasvilajeilla, joille soveltuvia valikoivia herbisidejä ei ole. Myös perunalla on valikoimattomia lehtiherbisidejä käytetty istutuksen jälkeen, ennen perunan taimettumista. Perunamaan on tällöin istutuksen jälkeen annettava olla muokkaamattomana. Muutoin rikkakasvit eivät ehdi pinnalle ennen perunan taimettumista. Menetelmä soveltuu hikeville, kosteussuhteiltaan tasaisille maille, joilla rikkakasvit taimettuvat tasaisesti.

Viljelykasvin ja rikkakasvien t a i m e t t u m i s e n j ä l k e e n (1c) käytetään hajalevitykseen valikoivia lehtiherbisidejä. Kertarikkakasvien torjumiseksi herbisidi on levitettävä aikaisessa vaiheessa, viimeistään silloin, kun yrttimäisissä kertarikkakasveissa on sirkkalehtien lisäksi 1-2 kasvulehtiparia. Heinämäisistä kertarikkakasveista hukkakaura on eräille lehtiherbisideille arka vasta myöhäisessä pensomisvaiheessa. Kestorikkakasveja vastaan käytetään taimettumisen jälkeen vain sisävaikutteisia lehtiherbisidejä. Yrttimäiset lajit, ohdake ja valvatti, on ruiskutettava mahdollisimman myöhäisessä vaiheessa, versojen pituuskasvun alettua. Heinämäistä kestorikkakasvia, juolavehnää, voidaan kylvetyssä pellossa taimettumisen jälkeen torjua herbisideillä vain kaurakasvustosta ja tällöin käsitteily on tehtävä aikaisella orasasteella (vrt. s. 00).

S a d o n k o r j u u n j ä l k e e n (post-harvest, 1d) voidaan viljelysmaalla käyttää kestorikkakasvien torjuntaan sekä valikoimattomia lehti- että maaherbisidejä. Lehtiherbisidiä käytettäessä rikkakasvien on oltava rehevässä kasvussa ja herbisidin on oltava sisävaikutteinen, jotta se imeytyisi rikkakasvien juurakkoihin. Tällaisia herbisidejä ovat esim. glyfosaatti ja maleiinihydratsidi (MH), joita kumpaakin käytetään lähinnä juolavehnan torjuntaan. Maata ei saa syksyllä kyntää, ennen kuin lehtiherbisidi on ehtinyt imeytyä rikka-

kasvien juurakkoihin, mihin tavallisesti kuluu aikaa vähintään 1-3 viikkoa.

Maaherbisideistä soveltuu sadonkorjuun jälkeiseen käyttöön vain TCA. Se tehoaa juolavehnään ja muihin heinämäisiin rikkakasveihin. TCA levitetään kynnökselle myöhään syksyllä juuri ennen talven tuloa. Keväällä maa äestetään useaan kertaan ja viljelykasvin kylvöä tai istutusta lykätään 2-3 viikolla, jotta TCA ehtisi puoleksi hajaantua maassa.

O h j a t t u u n r i v i r u i s k u t u k s e e n (band treatment, 2a) turvaudutaan riviviljelyksillä torjunta-ainekustannusten vähentämiseksi. Rivivälit on tällöin pidettävä puhtaina haraamalla. Ruiskutus voidaan tehdä joko ennen taimettumista tai taimettumisen jälkeen. Käytännössä riviruiskutus on teholtaan hajaruisutusta heikompi.

O h j a t t u r i v i v ä l i e n r u i s k u t u s (2b) tulee kysymykseen esim. mansikalla. Ensisijaisena tavoitteena on tällöin rönsyjen hävittäminen riviväleistä, mutta samalla saadaan myös rivivälien rikkakasvit tuhotuksi. Tarkoitukseen käytetään valikoimattomia, kosketusvaikutteisia lehtiherbisidejä. Mansikan taimirivit on ruiskutettaessa suojattava ruiskuun kiinnitettävällä suojuksella, joka estää ruiskutteen leviämisen taimiriveihin. Rivivälien ruiskutus on tehtävä hyvin pienellä paineella ja käyttäen erikoissuuttimia, jotka antavat suuren pisarakoon. Jos paine on suuri ja pisarat pieniä, ruiskute leviää hienona "sumuna" suojuksen ohi taimiriveille aiheuttaen pahoja vioituksia.

Metsäpuutaimistoissa käytetään ohjattuun riviväliruiskutukseen havupuiden taimipenkeissä puoliksi valikoivaa lehtiherbisidiä, amitrolia. Taimirivien suojaamista ei tällöin tarvita.

I s t u t u s t a i m i e n y m p ä r i l l ä (2c) voidaan valikoimattomia lehtiherbisidejä käyttää varustamalla ruiskun suutin erityisellä suojakartiolla, joka ohjaa ruiskutteen taimen ympärille.

H e d e l m ä p u i d e n a l u s t a l l a (2d) voidaan valikoimattomia lehtiherbisidejä käyttää tyynellä säällä ohjaamalla ruiskute aluskasvillisuuteen ja varoen ruiskuttamasta ainetta puiden lehdille.

R i k k a k a s v i e n y k s i l ö k ä s i t t e l y s s ä (3) turvaututaan tavallisesti ruiskun asemesta muunlaisiin erikoisvälineisiin. Tällainen on esimerkiksi painepakkaus eli aerosolitölkki, josta torjunta-aine suihkutetaan rikkakasvin lehdille ponnekaasuun sekoittuneena vaahtona. Kookkaat kestorikkakasvit voidaan sananmukaisesti myös käsitellä sivelemällä niitä torjunta-aineeseen kastetulla, kumikäsineen päälle vedetyllä villakäsineellä (3a). Vesovien puiden runkoon voidaan tehdä lovi, johon nestemäistä torjunta-ainetta annostellaan erityisellä kannulla tai pistoolilla. Jos puu on jo kaadettu, herbisidi voidaan vaikkapa sivellä pensselillä kannon pintaan (3b).

4. Herbisidikemian perusteet

4.1. Epäorgaaniset herbisidit

Suomessa ei tällä hetkellä ole kaupan ainoatakaan epäorgaanista herbisidiä, mutta hyvin todennäköisesti niitä vielä saattaa tulla markkinoille. Sen vuoksi on paikallaan esittää eräitä tietoja tärkeimmistä epäorgaanisista herbisideistä.

K l o r a a t t i

- ClO_3^- LD_{50} -arvo > 700 mg/kg
 myrkyllisyysluokka II
 valikoimaton maaherbisidi
 herkästi syttyvä ja räjähtävä

Kloraattia käytetään laimentamattomana sirotteena kasvillisuuden tuhoamiseen eli "totaaliseen" rikkakasvien torjuntaan viljelemättömissä paikoissa, esim. pihamailla ja hiekkakäytävillä. Käyttömäärä on 200-400 kg/ha (2-4 kg/aari).

Kloraatit ovat helppoliukoisia ja vaikuttavat sen vuoksi melko nopeasti. Levitys voidaan tehdä mihin kasvukauden aikaan hyvänsä.

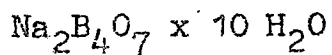
Kloraatin vaikutus perustuu kloraatti-jonin ($-\text{ClO}_3^-$) pelkistymiseen kloriitiksi ($-\text{ClO}_2^-$), joka on myrkyllistä kasvien solulimalle ja aiheuttaa soluvalkuaisen hyytymisen eli koaguloitumisen. Oireet ilmenevät aluksi kasvien kalpeutumisenä eli kloroosina. Myöhemmin lehdet ruskettuvat, käretyvät ja kuivettuvat.

Maassa kloraatti pelkistyy vähitellen kloridiksi ($-\text{Cl}^-$) ja menettää samalla myrkyllisyytensä. Sulassa maassa pelkistymiseen kuluu aikaa 6-8 kuukautta.

Syttymisherkkyytensä vuoksi kloraatteja käytetään myös ki-venräjäytysaineina. Itsestään ne eivät herkästi syty, mutta orgaaniseen aineeseen sekoitettaessa räjähdysvaara lisääntyy. Kloraatin imeytyessä rikkakasvien versoihin syntyy tällainen herkästi syttyvä seos. Suurimmaksi syttymisvaara kohoaa, kun kuivettuneeseen, kloraattipitoiseen rikkakasvustoon joutuu vaunurasvaa tai öljyä. Näin saattaa käydä esim. ratapihoilla.

Kaliumkloraattia sisältävä sirote nimeltä Fekabit oli Suomessa markkinoilla 1960-luvun puoliväliin saakka ja kaksi natriumkloraattia sisältävää valmistetta nimeltä Rikkaruohontuho ja Kaprex 1970-luvulle saakka. Jälkimmäisiin valmisteisiin oli sekoitettu ruokasuolaa eli natriumkloridia niiden syttymisen estämiseksi.

B o o r a k s i



LD₅₀-arvo >3000 mg/kg

myrkyllisyysluokka III

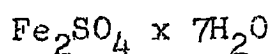
valikoimaton maaherbisidi

Vaikka boori on kasveille välttämätön hivenravinne, ovat booriyhdisteet suurempina annoksina kasveille myrkyllisiä ja soveltuvat sen vuoksi herbisideinäkin käytettäväksi, valikoimattomuutensa vuoksi kuitenkin vain viljelemättömissä paikoissa, siis samaan tapaan kuin kloraatit.

Tavallisin herbisidinä käytetty booriyhdiste on booraksi. Se on melko vaikealiukoinen ja vaikuttaa sen vuoksi hitaammin kuin kloraatti. Sekin käytetään laimentamattomana sirotteena. Käyttömäärä on 400-600 kg/ha (4-6 kg/aari). Booraksi ei hajaannu maassa, mutta huuhtoutuu kasvien juuristokerroksesta 1-2 vuoden kuluessa.

Suomessa oli kaupan booraksipitoinen herbisidiseos nimeltä Klorea Rae 1970-luvulle saakka. Booraksin lisäksi se sisälsi kloraattia ja erästä orgaanista maaherbisidiä nimeltä monuroni. Seos ei ollut tulenarka.

F e r r o s u l f a a t t i

LD₅₀-arvo > 3000 mg/kg

myrkyllisyysluokka III

kosketusvaikutteinen lehtiherbisidi

syövyttävää, ärsyttää ihoa

Ferrosulfaatti on kosketusvaikutteinen lehtiherbisidi. Se tehoaa useimpiin yrttimäisiin kertarikkakasveihin ja sammaleihin. Vaikutusaika on 3-7 vrk. Oireet ilmenevät yrttimäisissä rikkakasveissa lehtien ruskettumisena ja lakastumisena, sammaleissa kasvuston mustumisena. Heinämäiset rikkakasvit ja viljelykasvit kestävät ferrosulfaattia, samoin Vaccinium - suvun varvut sekä jäkälät ja havupuiden taimet.

Ferrosulfaattia käytettiin yrttimäisten kertarikkakasvien torjuntaan korsiviljoilla Saksassa jo viime vuosisadan lopulla. Käyttöväkevyys oli 15 %. Saksalaista kauppavalmistetta nimeltä Raphanit Flüssig kokeiltiin Suomessakin 1920- ja 1930-luvuilla. Orgaaniset lehtiherbisidit syrjäyttivät ferrosulfaatin kuten muutkin epäorgaaniset herbisidit korsiviljojen rikkakasvihävitteenä 1940-luvulla. Sammalten torjuntaan ferrosulfaattia kuitenkin käytetään vielä, mutta yleensä vain ammoniumsulfaattiin $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ sekoitettuna sirotteena. Sekoitussuhde on 1/1 ja käyttömäärä 7-8 kg/ha. Seosta suositellaan sammaloituneille pihanurmikoille. Ammoniumsulfaatin typpivaikutus rehevöittää nurmen kasvua ja ehkäisee sen uudelleen sammaloitumista.

Suomessa on ferrosulfaatin ja ammoniumsulfaatin seosta saatavana nurmikenttien "lannoitusaineena" nimeltä Nurmikosulfaatti. Myyjä Kemira Oy ei ole anonut sen virallista hyväksymistä rikkakasvihävitteeksi.

4.2. Halogeenialkaanihapot

T C A

trikloorietikkahappo	LD ₅₀ -arvo >1000 mg/kg
Cl	myrkyllisyysluokka II
	maaherbisidi
Cl — C — COOH	ärsyttää ihoa
	jäämätoleranssi 0.01 mg/kg
Cl	

Trikloorietikkahapon fytotoksiset ominaisuudet keksi Suomessa A.I. Virtanen vuonna 1940. Tehtyään astiakokeita ja kenttäkokeita vuosina 1941-1945 hän anoi keksinnölleen patenttia elokuussa 1945 ja rajasi patenttivaatimuksensa käsittelemään "sellaisten orgaanisten yhdisteiden, joissa CO-ryhmän viereinen hiiliatomi on täysin kloorattu, kuten trikloorietikkahappo ja kloraali, käytön monivuotisten rikkakasvien, erityisesti juolavehnän hävittämiseen." Seuraavana vuonna Virtanen esitti samanlaisen patenttihakemuksen Ruotsissa. Molemmat anomukset hyväksyttiin ja Virtasen patentit tulivat voimaan Suomessa ja Ruotsissa.

USA:ssa oli samanaikaisesti Virtasen tutkimuksista tietämättä kokeiltu TCA:n ammoniumsuolaa juolavehnän torjuntaan ja du Pont - yhtiö esitti siellä TCA:n ammoniumsuolaa koskevan patenttihakemuksen jo marraskuussa 1944, siis yhdeksän kuukautta aikaisemmin kuin Virtanen. Du Pontin anomus hyväksyttiin, mutta tämä patentti menetti merkityksensä, kun huomattiin, että samaan tarkoitukseen voi käyttää muitakin TCA:n suoloja.

TCA vaikuttaa kasveihin lähes yksinomaan maasta käsin ja tehoaa heinämäisiin rikkakasveihin, kuten juolavehnään. Käyttömäärä on 30-50 kg/ha ja levitysaika mieluummin myöhään syksyllä, juuri ennen talven tuloa tai varhain kevääl-

lä heti lumen sulettua. Maa on ennen levitystä kynnettävä. Viljelykasveista ristikukkaiset, sarjakukkaiset, juurikkaat ja peruna kestävät pienen annoksen TCA:ta. Nämä viljelykasvit voidaan kylvää tai istuttaa TCA:lla käsiteltyyn maahan sen jälkeen, kun aine on maasta puoleksi hajaantunut. Keväällä, lumen sulettua, tähän "puoleksi hajaantumiseen" kuuluu aikaa noin kolme viikkoa. Maan muokkaaminen odotusaikana parantaa TCA:n tehoa.

TCA:n vioitus kasveissa ilmenee lehtien laikuttaisena kellastumisena, rypistymisenä ja kitukasvuisuutena. Perunassa näitä vioituksia ei ole mahdollista tunnistaa eroon vi-rustautien oireista.

TCA:n natriumsuolaa on Suomessa kaupan 80 %:sina ruiskute-jauheina useita erinimisiä valmisteita.

S M A

monokloorietikkahappo	LD ₅₀ -arvo >1000 mg/ka
H	myrkyllisyysluokka II
	kosketusvaikutteinen lehtiherbisidi
Cl — C — COOH	ärsyttää ihoa.
H	

Monokloorietikkahapon fytotoksiset ominaisuudet keksittiin USA:ssa 1946. Aine tehoaa yrttimäisiin kertarikkasveihin samaan tapaan kuin esim. ferrosulfaatti. Käyttömäärä on 15-30 kg/ha. Korsiviljat sekä keräkaali ja rehukaali kestävät käsittelyn.

SMA:n natriumsuola-valmisteita oli Englannissa ja Suomessa kaupan 1950-luvulla. Suhteellisen suuri käyttömäärä vaikeut-

taa SMA:n liuottamista ruiskutteeksi. Lisäksi tämä aine sakkaantuu herkästi suuttimiin aiheuttaen niiden tukkeutumista. Sen vuoksi SMA on ainakin toistaiseksi joutunut väistymään helppokäyttöisempien lehtiherbisidien tieltä.

+ + +

Tässä yhteydessä kiintyy huomio siihen, että etikkahapon eriasteinen klooraaminen muuttaa sen fytotoksisia ominaisuuksia. Eri kombinaatioista saadaan seuraavanlainen yhdistelmä:

etikkahappo.	- ei fytotoksinen
monokloorietikkahappo	- kosketusvaikutteinen lehtiherbisidi, tehoaa yrttimäisiin lajeihin
dikloorietikkahappo	- ei fytotoksinen
trikloorietikkahappo	- maaherbisidi, tehoaa heinämaisiin lajeihin

Kloorisubstitutio (halogeenisubstitutio) vaikuttaa siis tässä kuten monessa muussakin orgaanisessa molekyyli- ja ioniyhdisteissä paitsi yhdisteen fytotoksisuuteen yleensä myös aineen vaikutustapaan ja selektiivisyyteen. Vertauskuvallisesti ilmiö on rinnastettavissa avaimen, joka aukaisee lukon vain sillä edellytyksellä, että siinä on oikeat pykälät tai lovet. Avaimen metallin laatu - teräs tai messinki - ei sanottavasti vaikuta asiaan, kunhan vain pykälät ja lovet on tehty oikein. Myöskään etikkahappoyhdisteissä fytotoksisuutta ei ratkaise halogeenisubstituution laatu; kloorin asemasta kelpaa tässä tapauksessa fluori, bromi tai jodi, kunhan vain substituution aste ("pykälän suuruus") on oikea.

taa SMA:n liuottamista ruiskutteeksi. Lisäksi tämä aine sakkaantuu herkästi suuttimiin aiheuttaen niiden tukkeutumista. Sen vuoksi SMA on ainakin toistaiseksi joutunut väistymään helppokäyttöisempien lehtiherbisidien tieltä.

D a l a p o n i

2,2-diklooripropionihappo



LD₅₀-arvo >7000 mg/kg;
myrkyllisyysluokka III;
sisävaikutteinen lehti- ja
maaherbisidi; ärsyttää ihoa.

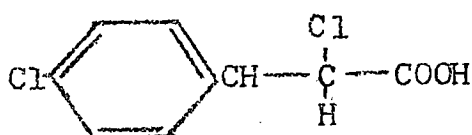
Dalaponi on amerikkalaisen Dow Chemical-yhtiön keksintö vuodelta 1953. Se tehoaa heinämaisiiin rikkakasveihin kuten juolavehnään samaan tapaan kuin TGA, mutta vaikuttaa paitsi maasta käsin myös lehtien kautta ja on sisävaikutteinen. Dalaponi aiheuttaa muutoksia kasvin valkuaisaineiden molekyyli-rakenteissa, samoin eräiden aminohappojen - asparaagiini ja glutamiini - synteesiin tarvittavien entsyymien molekyyli-rakenteissa. Tämän seurauksena kasvin koko valkuaisaineenvaihdunta häiriintyy ja syntyy ammoniakkia, jota nimenomaan heinämaisiet lajit eivät pysty riittävän nopeasti muuuntamaan amideiksi. Dalaponille arat kasvit kuolevat siis ammoniakkimyrkytykseen.

Dalaponi tehoaa lehtien kautta hiukan paremmin kuin maasta käsin, ja sen vuoksi se on edullisinta levittää juolavehnekasvustoon silloin, kun kasvu on rehevimmillään. Käyttömäärä on 20-30 kg/ha.

Suomessa oli 1960-luvulla kaupan dalaponin natriumsuola-valmisteita 80-%:sina ruiskutejauheina. Niitä käytettiin juolavehnen torjuntaan erityisesti viljelysmaan sellaisissa paikoissa, joita ei voida muokata, kuten esim. pellon reunnoilla ja kulmauksissa, pientareilla, tienvarsilla, aito- vierillä, sähköpylväiden ympäristössä jne. Nykyisin tähän tarkoitukseen käytetään dalaponin asemasta glyfosaattia (s.).

K l o r f e n p r o p - m e t y y l i

2-kloori-3-(4-kloorifenyyli)propionihappo



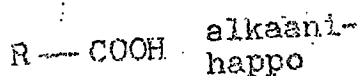
LD₅₀-arvo >1000 mg/kg;
myrkyllisyysluokka II;
kosketusvaikutteinen lehti-
herbisidi.

Klorfenprop-metyyli, eli kauppanimeltä Bidisin on saksalaisen Bayer-yhtiön keksintö vuodelta 1968. Se tehoaa hukkakauraan lehtien kautta kosketusvaikutteisesti nuorella orasasteella eikä vioita korsiviljoja. Käyttömäärä on 4 kg/ha. Suomen oloissa hukkakaura orastuu epätasaisesti mm. alkukesän kuivuuden vuoksi. Sen vuoksi vain osa hukkakauran taimista on edullisimpana ruiskutusaikana klorfenprop-metyylille herkässä kasvuvaiheessa, osa on jo kasvanut liian pitkälle, ja osa ei vielä ole edes orastunut. Parhaassa tapauksessa torjuntatulos on vain noin 70 %. Tästä syystä klorfenprop-metyyliä ei ole Suomessa virallisesti hyväksytty.

4.3. Fenoksialkaanihapot



fenoli

alkaani-
happo

LD₅₀-arvo 300-800 mg/ka;

myrkyllisyysluokka II;

sisävaikutteisia lehtiherbisidejä;

myrkyllisiä mehiläisille ja kaloille;

melko herkästi kaasuuntuvia;

varoaika 3 viikkoa, marjastus ja

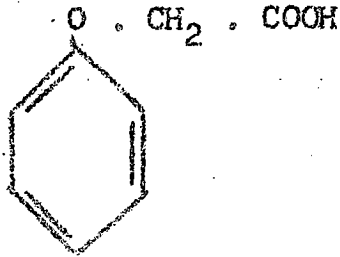
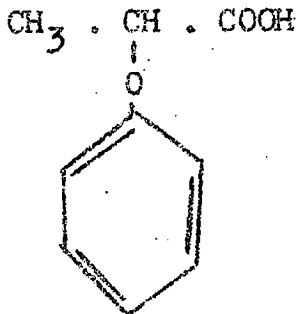
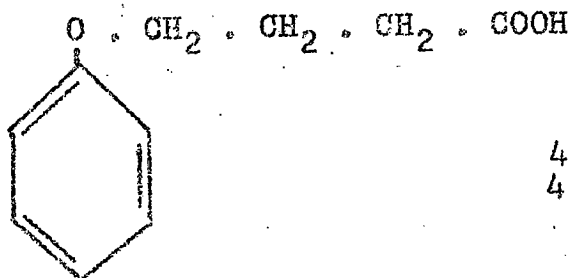
sienestys kielletty käsitellyillä

alueilla käsittelyvuonna; jäämä-

toleranssi 0.05 - 0.1 mg/kg (metsämarjoissa 5 mg/kg).

Fenoksialkaanihappojohdannaiset eli fenoksiherbisidit^{di} ovat maailman eniten käytettyjä herbisidejä. Niiden fytotoksiset ominaisuudet keksittiin Englannissa 1940 (ICI) ja USA:ssa 1944 (Amchem). Fenoksiherbisidit muistuttavat vaikutustavaltaan aukiineiksi nimettyjä kasvien luontaisia kasvuhormoneja. Tästä syystä niitä pitkään nimitettiin hormonivalmisteiksi eli tekohormoneiksi.

Fenoksialkaanihapot ovat fenolin ja alkaanihapon yhdisteitä. Herbisideinä niistä käytetään fenoksietikkahapon (fenoksietaanihappo), fenoksipropionihapon (fenoksipropaanihappo) ja fenoksivoihapon (fenoksibutaanihappo) yhdisteitä. Niiden rakennekaavat ovat seuraavat:

fenoksietikkahappo eli 1)
fenoksietaanihappo2-fenoksiopionihappo eli 1)
2-fenoksiopropaanihappo4-fenoksivoihappo eli 1)
4-fenoksibutaanihappo

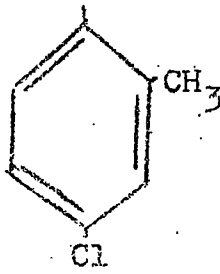
Fenoksialkaanihapot ovat sellaisenaan melko vaikealiukoisia ja imeytyvät huonosti kasvien lehtiin. Sen vuoksi ne on kauppavalmisteissa formuloitu joko alkalisuoloiksi, amiinisuoloiksi tai estereiksi. Amiinisuolat ovat teholtaan hiukan voimakkaampia kuin alkalisuolat ja esterit puolestaan hiukan voimakkaampia kuin amiinisuolat.

Fenoksiherbisidien ^{to/}fytoksisuuden perusedellytyksenä on sopiva halogeeni- tai metyyli^{to/}substitutio fenolirenkaassa. Seuraavat substitutiot ovat erittäin fytotoksisia:

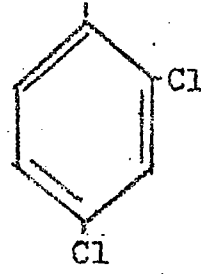
1) Alkaanihapon hiiliatomit numeroidaan oikealta vasemmalle (1,2,3,4 ...) ja substituitin kiinnittymiskohta alkaaniketjulla ilmaistaan hiiliatomin järjestysnumerolla. Esim. 2-fenoksiopionihapossa fenolisubstituutti on kiinnittynyt alkaanihapon 2:seen hiiliatomiin ja 4-kloorifenoksivoihapossa se on kiinnittynyt 4:nteen hiiliatomiin oikealta lukien. Fenoksietikkahapossa fenolisubstituutilla on vain yksi mahdollinen kiinnityspaikka, joten kyseisen hiiliatomin järjestysnumeroa (2) ei tässä tapauksessa tarvitse ilmoittaa.



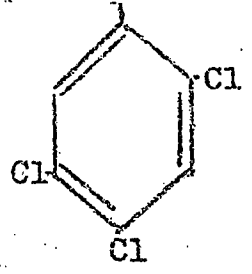
4-kloori-



4-kloori-2-metyyli-



2,4-dikloori-

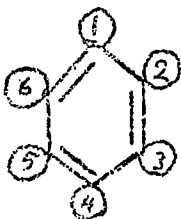


2,4,5-trikloori-

Fenolirenkaan substituuatit numeroidaan sen mukaan, mihin fenolirenkaan kulmaan ne ovat kiinnittyneet. Numerointi (1-6) alkaa fenolin OH-ryhmän kiinnityskulmasta, siis ylhäältä ja kiertää numerojärjestyksessä myötäpäivään. 1)

Fenolirenkaan kloorisubstituutit on mahdollista korvata jollakin muulla halogeenilla (bromi, fluori, jodi) tehon silti muuttumatta. Jos sen sijaan substituutin paikka fenolirenkaalla muutetaan johonkin toiseen kulmaan, yhdiste menettää fytotoksisuutensa. Kuvaannollisesti on tässäkin kysymys avaimesta, jonka pykälän ja lovien on oltava oikeissa paikoissa, jotta lukko avautuisi. Sen sijaan "avainmetallin" laadulla ei ole ratkaisevaa merkitystä. Lukkohän aukeaa, olipa avain tehty teräksestä, messingistä tai kuparista, kunhan vain sen lovet ja pykälät ovat oikeissa paikoissa.

Fenoksietikkahapon yllä mainitut neljä substituotua johdannaista ovat fytotoksisia sellaisenaan. Fenoksi-propionihapossa, jossa fenoli kiinnittyy propionihapon toiseen hiiliatomiin eli oikeelta vasemmalle lukien 2-asentoon, on asymmetrinen hiiliatomi, jonka kaikki neljä valenssia on tyydytetty erilaisella molekyyli-ryhmällä. Sen vuoksi 2-fenoksipropionihaposta esiintyy kaksi optisesti isomeerista muotoa. Toinen, -isomeeri eli L-isomeeri (levo) kääntää polarisoitua valoa vasemmalle, toinen, +isomeeri eli D-isomeeri (dekstro) taittaa.



1) Substituutit luetaan nykyisin International Union of Pure and Applied Chemistry-järjestön (IUPAC) suositusta noudattaen substituuttien molekyyli-painon eikä niiden numeron mukaisessa järjestyksessä. Siis 4-kloori-2-metyylifenoksietikkahappo eikä 2-metyyli-4-kloorifenoksietikkahappo. Jos substituuatit ovat samoja tai molekyyli-painoltaan yhtä suuria, ne luetaan aina numerojärjestyksessä. Esim. 2,4-dikloorifenoksietikkahappo, 2,4,5-trikloorietikkahappo jne.

polarisoitua valoa oikealle. Vain -isomeeri on fytotoksinen, +isomeeri on tehoton. Synteesissä molempia isomeereja syntyy yhtä paljon ja niitä ei voida kemiallisesti erottaa toisistaan. Sen vuoksi kaikki 2-fenoksipropionihappovalmisteet sisältävät 50 % kumpaakin isomeeria, sekä tehotonta että tehokasta. Käytössä tällaista (\pm)2-fenoksipropionihappoherbisidiä tarvitaan kaksi kertaa niin paljon kuin fenoksietikkahappoherbisidiä.

Fenoksivoihappoyhdisteet eivät sellaisenaan ole fytotoksisia. Kasvin entsyymit aiheuttavat kuitenkin voihapon hapettumisen sillä tavoin, että molekyyliketjun keskeltä irtaantuu kaksi alkyyliryhmää (molemmat CH_2 -ryhmät), minkä jälkeen karboksyyli-ryhmä ($-\text{COOH}$) kiinnittyy jäljellä olevaan molekyyli-ryhmään. Tämän seurauksena syntyy fenoksietikkahappoyhdiste, joka on fytotoksinen. Ilmiötä nimitetään -oksideaatioksi. Sellaiset kasvilajit, joista -oksideaatiota aiheuttava entsyymi puuttuu tai sitä on hyvin niukasti, kuten eräissä palkokasveissa, kestävät fenoksivoihappoja. Näiden selektiivisyys on siis toisenlainen kuin muiden fenoksiherbisidien.

Fenoksiherbisidit ovat erittäin valikoivia ja sisävaikutteisia. Niitä tarvitaan vain hyvin pieni annos, 1-2 kg/ha (joskus 3-4 kg/ha) ja ne tehoavat lehtien kautta useimpiin yrttimäisiin rikkakasveihin sekä vesoviin lehtipuihin ja pensaisiin. Lehdille ruiskutettuna ne imeytyvät johtojänteiden niläosassa yhteyttämisvirtauksen mukana juurakkoihin ja pystyvät siten tappamaan juurakoitakin. Heinämäiset viljelykasvit ja havupuut kestävät vioittumatta melko suurikin fenoksiherbisidiannoksia.

Fenoksiherbisidien vaikutuksen mekanismia ei tunneta. Ne aiheuttavat samantapaisia kasvukäyristymiä, kuin kasvin luontaiset aukiinit, mutta paljon voimakkaampia. Kaarelle taipumisen asemesta kasvin varsi taipuu luckille, siis alaspäin, ja sen jälkeen uudelleen ylöspäin S-kirjaimen muotoon, toisinaan taas spiraalikierteelle. Lisäksi kasveihin ilmaantuu monenlaisia epämuodostumia, kuten lisäjuurien kasvamista

varren tyveen, lehtien liuskoittumista, tähkien haarautumista ja kloroosia. Herkimmissä kasvilajeissa ensimmäiset oireet alkavat ilmetä jo 1-2 tunnin kuluttua käsittelystä ja kestävämmissä lajeissakin jo 3-5 vrk:n kuluttua. Kokonaisuudessaan fenoksiherbisidien vaikutus on kuitenkin hidas. Kestää 1-3 viikkoa ennen kuin herkimvät kasvilajit kuolevat, kestävämmät vaativat 3-5 viikkoa. Kertarikkakasvit ovat arimillaan nuorella taimiasteella, kestorikkakasvit varren pituuskasvuvaiheessa. Kaikkein arimpia ovat itävät siemenet. Fenoksiherbisidit vaikuttavat hiukan maastakin käsin ja sen vuoksi niillä käsiteltyyn peltoon ei saa kylvää fenoksiherbisideille arkoja viljelykasvilajeja ennen kuin muutaman viikon kuluttua käsittelystä.

Fenoksiherbisidit ovat pysyvämpiä kuin kasvin luontaiset aukiinit ja tämän oletetaan olevan pääsyy siihen, että ne ovat kasveille myrkyllisiä. Kasviin imeytyttyään fenoksiherbisidit hydrolysoituvat välittömästi vapaiksi hapoiksi. Sen jälkeen hajaantuminen jatkuu hapettumalla, mutta hyvin hitaasti.

Maassa ja mätänevissä kasvijätteissä fenoksiherbisidit hajaantuvat mikrobien toimesta hyvin nopeasti, sulan maan aikana muutamassa viikossa, jos maassa vain on kosteutta riittävästi. Nopean hajaantumisensa vuoksi maassa fenoksi-alkaanihapot ovat hyvin heikkoja maaherbisidejä eikä niitä sen vuoksi maaherbisideinä yleensä käytetäkään. Mikrobitoiminnan ollessa vähäistä fenoksiherbisidit saattavat säilyä maassa 2-6 kuukautta ja mikrobitoiminnan puuttuessa pitempäänkin.

Kaasuuntumisvaaran vuoksi fenoksiherbisidejä ei pidä käyttää arkojen viljelykasvilajien välittömässä läheisyydessä, ei myöskään kasvihuoneissa eikä kasvihuoneiden lähellä. Esim. kurkku ja tomaatti ovat niin arkoja fenoksiherbisideille, että kasvihuoneen pöydälle unohtuneesta fenoksiherbisidipakkauksesta erittyvä haju saattaa yhdessä yössä koitua koko kasvihuoneviljelmän tuhoksi.

Fenoksiherbisidien myrkyllisyydestä mehiläisille ja pölyttävälle kimalaisille on joskus todettu aiheutuneen ympäristöhaittoja. Sen vuoksi on fenoksiherbisidien käyttö kukkivissa kasvustoissa ja mehiläispesien välittömässä läheisyydessä kielletty päiväsaikaan klo 6-21 välisenä aikana.

Tärkeimmät fenoksiherbisidit ja niiden käyttökohteet ovat seuraavat:

4 - C P A

4-kloorifenoksetikkahappo

Fenoksialkaanihappoyhdisteiden 4-kloorifenoksi johdannaiset ovat heikoimmin fytotoksisia. Ne tehoavat kuitenkin sananjalkaan (Pteridium aquilinum), johon muut fenoksiherbisidit eivät tehoa. USA:ssa oli 1950/1960-luvuilla markkinoilla Amchem-yhtiön 4-CPA:n esteriformulaatio, jota suositeltiin käytettäväksi sananjalan torjuntaan keskikesällä. Käyttömäärä oli 4-5 kg/ha. Ainetta kokeiltiin Suomessakin. Se tehosi hyvin sananjalan versoihin, mutta juurakoista tuhoutui vain 40-50 %.

M C P A

4-kloori-2-metyylifenoksetikkahappo

Fenoksetikkahappoyhdisteiden 4-kloori-2-metyyli-johdannainen eli MCPA on eniten käytetty herbisidi Suomessa ja muissa Pohjoismaissa sekä Neuvostoliiton luoteisosissa, Keski-Euroopassa ja Englannissa. Sitä käytetään yrttimäisten kertarikkakasvien ja eräiden yrttimäisten kestorikkakasvien sekä vesovien puiden ja pensaiden hävittämiseen. MCPA:lla vuosittain käsitelty pinta-ala on Suomessa noin 0.7 milj. ha, Ruotsissa 1.3, Tanskassa 1.5, Keski-Euroopassa ja Englannissa 10, Neuvostoliitossa 5 ja koko maailmassa noin 25 milj. ha.

Viljapelloista MCPA:lla voidaan hävittää seuraavia yrttimäisiä rikkakasveja: ¹⁾

A	a
Pillikkeet	Peltohatikka
Jauhosavikka	Peltoemäkki
Riitikukkaiset	(Saunakukka)
Pelto-ohdake	Peltovalvatti

Suomessa kaupan olevat MCPA-valmisteet ovat enimmäkseen alkalisuoloja, tavallisimmin ruiskutejauheita. Niiden pitoisuus on joko 800, 750, 500 tai 250 g/kg tai g/l ja hinta 16 mk/kg tehoainetta (1979). Ne on virallisesti hyväksytty käytettäväksi seuraaviin tarkoituksiin:

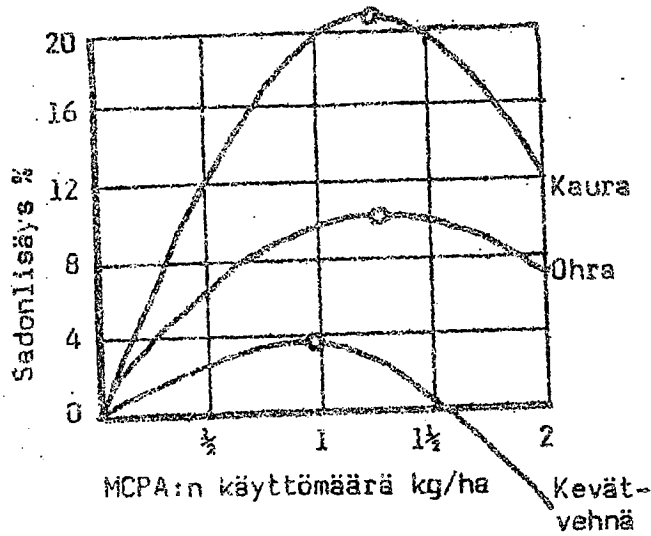
Hyväksytty käyttö-tarkoitus	Käyttömäärä tehoainetta
(a) kevätiljat	1-1,5 kg/ha
(b) apilan suojaviljat	0,75 "
(c) syysviljat syksyllä	1 "
(d) siemenheinät	3 "
(e) peruna ennen taimettumista	1-1,5 "
(f) nurmikentät, pientareet, tienvarret, vesakot	1,5-3 "

- (a) Kevätiljojen ruiskutus kertarikkakasveja vastaan tehdään aikaisella orasasteella, silloin kun rikkakasveissa on sirkkalehdet tai niiden lisäksi yksi kasvulehtipari ja viimeistään silloin kun rikkakasveissa on kaksi kasvulehti-paria. Viljoissa on tällöin 4-5 kasvulehteä. Yleensä tämä kehitysaste saavutetaan 10 päivän kuluttua orastumisesta.

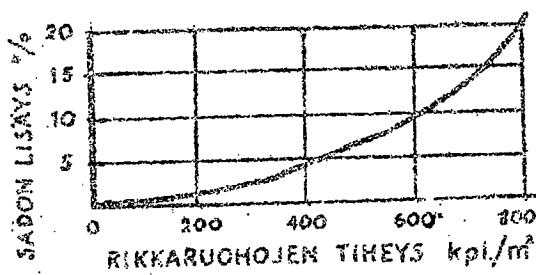
¹⁾ Tässä oppikirjassa rikkakasvien herkkyyys luokitellaan seuraavasti:

A = hyvin arka
a = melko arka

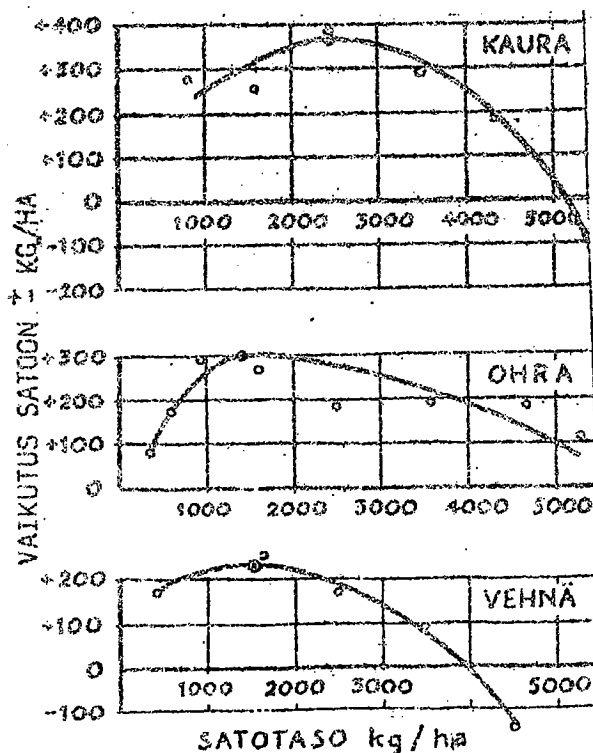
K = hyvin kestävä
k = melko kestävä



Kuva 8. MCPA:n käyttömäärän vaikutus kevätiljasatoon (%) eräissä Maatalouden tutkimuskeskuksen kenttäkokeissa 1961-1963. Sadonlisäys johtuu rikkakasvien tuhoutumisesta. Optimikäyttömäärä oli näissä kokeissa kauralla 1,25 kg/ha, ohralla 1,28 kg/ha ja kevätvehnällä 0,97 kg/ha. Näitä määriä suuremmat annokset aiheuttivat viljan vioittumista (Mukula ja Köylijärvi 1965).



Kuva 9. Rikkakasvien runsauden vaikutus MCPA:lla (1 kg/ha) saatavaan kevätiljasadon lisäykseen (%) eräissä Maatalouden tutkimuskeskuksen kenttäkokeissa 1947-1963. Mitä runsaammin rikkakasveja on, sitä suurempi sadonlisäys saadaan. Jos rikkakasvien määrä on alle 150 kpl/m², ruiskutus ei enää kannata. Keskimäärin Suomen kevätiljapelloilla esiintyy ruiskutusaikana rikkakasvintaimia 500 kpl/m² (Mukula 1965).



Kuva 10. Kevätiljan satotason vaikutus MCPA:lla (1 kg/ha) saatavaan sadonlisäykseen (kg/ha). Eniten sadonlisäystä saadaan silloin, kun viljan satotaso on 1500-2500 kg/ha. Korkeimmissa satotiloissa herbisidiruiskutus ei enää anna sadonlisäystä (Mukula 1965).

Aikainen ruiskutus tehoaa kertarikkakasveihin paremmin kuin myöhäinen. Jos ruiskutussää on hyvä ja rikkakasvit pääasiallisesti arkoja lajeja, riittää käyttömäärä 1 kg/ha. Ruiskutuksen myöhästyessä muutamalla päivällä tarvitaan 1,5 kg/ha, samoin silloin, kun pellossa kasvaa melko kestäviä rikkakasvilajeja.

Kestorikkakasvit, ohdake ja valvatti, ovat herkimmillään, vasta myöhäisessä kehitysvaiheessa, silloin kun niiden varren pituuskasvu on alkanut. Jos näitä kestorikkakasveja esiintyy pellossa runsaasti, tehdään ruiskutus vasta 3-4 viikon kuluttua orastumisesta, kuitenkin ennen viljan tähkälle tuloa. Lisäksi on kestorikkakasveja vastaan käytettävä suurinta ohjeessa mainittua käyttömäärää, siis 1,5 kg/ha.

- (b) Apila on itämisvaiheessa erittäin arka ja vielä sirkka-lehtiasteellakin melko arka MCPA:lle. Sen vuoksi apilan suojavilja olisi ruiskutettava vasta sitten kun apilan taimissa on sirkkalehtien lisäksi yksi kasvulehti. Hyvissä olosuhteissa tämä kehitysstadi saavutetaan 2-3 viikon kuluttua orastumisesta. Käytännössä apila kuitenkin alkukesän kuivuuden vuoksi orastuu tavallisesti epätasaisesti eikä sen vioittumiselta voida kokonaan välttyä. Vioitusvaaran vähentämiseksi suositellaan apilan suojaviljalle MCPA:ta vain 0,75 kg/ha. Kun ruiskutusajankohta on melko myöhäinen, saavutetaan tällä annostuksella yleensä vain 50 %:n teho. Tämä saattaa kuitenkin pelastaa apilan tukehtumasta rikkakasvien varjostukseen.
- (c) Syysviljojen rikkakasvit ovat yleensä keväällä niin kestäviä, ettei MCPA riitä niiden tuhoamiseen. Sen sijaan syksyllä MCPA tehoa useihin lajeihin erinomaisesti. Syysruiskutus on mahdollista tehdä, jos syyssääät ovat sateettomia ja lämpimiä. MCPA saattaa hiukan huonontaa syysviljan talvenkestävyyttä ja sen vuoksi käyttömäärää 1 kg/ha ei pidä ylittää.

- (d) Siemenheinät kestävät suurempia MCPA-annoksia kuin syysviljat. Lisäämällä käyttö määrä niin korkeaksi kuin 3 kg/ha saattaa MCPA keväällä käytettynä antaa tyydyttävän tehon.
- (e) Perunalla MCPA-ruiskutus tehdään ennen perunan taimettumista, tai viimeistään silloin kun 10 % perunan taimista on noussut pintaan. Jotta rikkakasvit ehtisivät taimettua, on maa jätettävä miltaamatta ja lataamatta. Liian myöhäinen ruiskutus ei yleensä vioita perunaa, mutta saattaa aiheuttaa perunoihin jäämiä ja epämiellyttävää makua.
- (f) Nurmikenttien, pientareiden ja tienvarsien ruiskutuksessa käytetään melko suurta MCPA-annosta, 3 kg/ha. Ruiskutus on tehtävä aikaisin, voikukan ollessa nuppuasteella, juuri silloin kun kukkavanojen pituuskasvu alkaa. Vesakoita kasvavilla pientareilla ruiskutus kuitenkin tehdään vasta juhannuksen jälkeen. - Metsänviljelyssä MCPA:ta käytetään esteriyhdisteinä vesakoiden hävittämiseen havupuiden uudistusaloilla. MCPA:n käyttö määrä on tällöin 1,5-2,5 kg/ha ja käsittelyaika vasta elokuulla, jolloin havupuun taimien vuosikasvainten kasvu on lakannut.

+ + +

MCPA:n suurin heikkous on sen huono teho muihin yrteittäisiin rikkakasvilajeihin. Tärkeimpiä niistä ovat pihtimö (k), orvokki, tatarlajit (k-K), linnunkaali (K) ja matarat (K). Kun MCPA:ta käytetään useana vuonna peräkkäin samassa pellossa, jäävät kestävätkin lajit jäljelle ja alkavat lisääntyä. Tämän seurauksena pellon rikkakasvilajisto muuttuu vähitellen MCPA:ta kestäväksi. Tällöin on joko vaihdettava torjunta-ainetta tai sekoitettava MCPA:han sellaisia herbisidejä, jotka tehoavat MCPA:ta kestäviin lajeihin (esim. dinosebi, bromofenoksiimi, ioksinili, 2,3,6-TBA, dikamba, mekopropi, diklorproppi).

2, 4 - D

2,4-dikloorifenoksietikahappo

Fenoksietikahappoyhdisteiden 2,4-dikloorijohdannainen eli 2,4-D on maailman eniten käytetty herbisidi. Sitä käytetään yrttimäisten rikkakasvien torjuntaan MCPA:n asemasta Pohjois-Amerikassa, Etelä-Euroopassa ja suurimassassa osassa Neuvostoliittoa. Lisäksi 2,4-D:tä käytetään pihanurmikoilla, tienvarsilla ja pientareilla sekä vesakoiden torjuntaan. 2,4-D:llä vuosittain käsitelty pinta-ala lienee noin 125 milj. ha. Aineen hinta (mk/kg) ja käyttömäärät (kg/ha) ovat samat kuin MCPA:n.

2,4-D tehoaa pillikettä lukuunottamatta samoihin lajeihin kuin MCPA. Viljakasveja 2,4-D vioittaa hiukan herkemmin kuin MCPA. Erityisen araksi 2,4-D:lle on osoittautunut kaura.

Suomessa 2,4-D:n amiinisuoloja on saatavana sekä pelkkänä että mekopropin (s.) kanssa seoksena. Lisäksi meillä on kaupan 2,4-D:n esteriyhdisteitä sekä pelkkänä että 2,4,5-T:n kanssa seoksena (s.).

2,4-D:n amiinisuolat on Suomessa hyväksytty käytettäväksi yrttimäisten rikkakasvien, etenkin voikukan torjuntaan pihanurmikoilla, pientareilla ja tienvarsilla sekä leppä-, koivun ja pajun vesojen hävittämiseen. 2,4-D tehoaa voikukkaan hiukan paremmin kuin MCPA sekä leppään ja koivuun hiukan paremmin kuin muut fenoksiherbisidit. 2,4-D:n käyttömäärä on ruiskutteena levitettäessä 2,5-3,5 kg/ha tehoavaa ainetta. Myös vesovien puiden yksilökäsittelyyn 2,4-D:n amiinisuolat on hyväksytty. Tällöin käytetään "loveamismenetelmää". Laimentamatonta valmistetta annostellaan puun runkoon hakattuihin loviin 10 ml.

2,4-D:n ja mekopropin amiinisuolaseokset on Suomessa hyväksytty käytettäväksi yrttimäisten rikkakasvien torjuntaan syysviljoissa keväällä. Ne tehoavat saunakukkaan hiukan paremmin kuin 2,4-D ja mekopropi yksinään. Seosten käyttömäärä on noin 2 kg/ha.

2,4-D:n esterit on Suomessa hyväksytty leppän, koivun ja pajun vesojen torjuntaan ruiskutteena, joko yksinään tai 2,4,5-T:n kanssa seoksena. Samaan tarkoitukseen on vuodesta 1979 alkaen hyväksytty myös 2,4-D:n ja MCPA:n estereos. Nämä seokset tehoavat paitsi leppään, koivuun ja pajuun myös haapaan ja pihlajaan. Yksinään käytettäessä 2,4-D-esterin määrä on 2-3 kg/ha tehoavaa ainetta.

2, 4, 5 - T

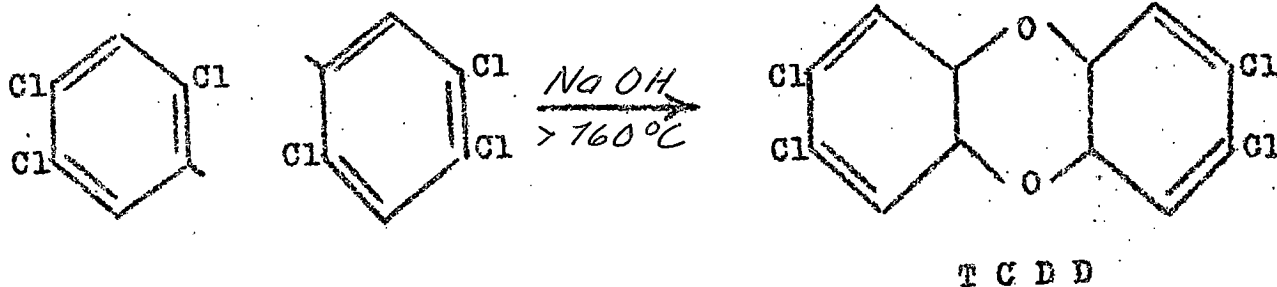
2,4,5-trikloorietikkahappo

Fenoksietikkahappoyhdisteiden 2,4,5-trikloorijohdannaisia käytetään tavallisesti esteriformulaatteina. Yleisin käyttötarkoitus on vesakontorjunta. Saksan liittotasavallassa 2,4,5-T on hyväksytty myös yrttimäisten rikkakasvien torjuntaan korsiviljoilla, samoin USA:ssa ja eräissä Etelä-Euroopan ja Aasian maissa riisiviljelyksillä sekä Englannissa nurmikentillä. Vietnamin sodassa 2,4,5-T:tä käytettiin 1960-luvulla sotilaallisiin tarkoituksiin sekä yksinään että 2,4-D:n ja pikloraamin (s.) kanssa seoksina. Tavoitteena oli viidakkometsien tuhoaminen näköesteiden poistamiseksi. 2,4,5-T:llä "siviilikäytössä" vuosittain käsitelty pinta-ala on noin 2 milj. ha.

2,4,5-T tehoaa samoihin yrttimäisiin ja puuvartisiin rikkakasvilajeihin kuin MCPA. Puuvartisista rikkakasveista haapa ja pihlaja ovat kuitenkin 2,4,5-T:lle hiukan arempia kuin muille fenoksiherbisideille.

Suomessa 2,4,5-T on hyväksytty vain vesakontorjuntaan, joko yksinään tai 2,4-D:n kanssa seoksina. 2,4,5-T:n käyttömäärä on 2-2,5 kg/ha ja vuosittain käsitelty pinta-ala 2000-3000 ha, 1960-luvulla kuitenkin suurempi, noin 20 000 - 30 000 ha.

Uusimpien tutkimustulosten mukaan näyttää siltä, että 2,4-D:n ja MCPA:n estereiden seos tehoaa Suomessa esiintyviin puuvartisiin rikkakasvilajeihin paremmin kuin 2,4,5-T ja sen seokset. Sen vuoksi on odotettavissa, ettei Kasvinsuojelulaitos tule uusimaan 2,4,5-T:n ja sen seosten hyväksymistä niiden rekisteröintiajan päättyessä vuonna 1981.



2,4,5-T:tä valmistettaessa saattaa alkaalisen reaktioseoksen ylikuumentuessa paineen alaisena syntyä erittäin myrkyllistä 2,3,7,8-tetrakloori-dibentso-p-dioksiinia (TCDD). Se on eräs maailman myrkyllisimpiä pienimolekyylisiä yhdisteitä. TCDD on hyvin pysyvä ja aiheuttaa kroonisia oireita, kuten syntymävikaisuutta ja parantumatonta ihottumaa. Kun 2,4,5-T:n puhtaanakin on todettu eräässä eläinlajissa aiheuttaneen syntymävikaisuutta, ovat muutamit maat - Ruotsi, Hollanti ja Italia - kieltäneet 2,4,5-T:n käytön. Muissa maissa, mm. Suomessa käyttö on edelleen sallittua, mutta 2,4,5-T-valmisteiden puhtaudelle on asetettu erityiset vähimmäisvaatimukset. Ne eivät saa sisältää TCDD:tä enempää kuin 0.1 mg/kg, mikä käytössä vastaa 0.25 mg/ha. Kokeelliset tutkimukset ovat osoittaneet, ettei näin pienellä annoksella ole toksikologista merkitystä (Kungl. Vetenskapsakademien, Documenta 28 December 1977). Laimeana liuoksena suurelle pinta-alalle levitettynä se hajaantuu fotokemiallisesti kulkeutumatta luonnon ravintoketjuihin. Kun myöskään käsitellyillä vesa-kontorjunta-alueilla ei ole todettu 2,4,5-T:stä syntyneen dioksiinia, ovat toksikologiset perustelut 2,4,5-T:n käytön kieltämiselle jääneet kiistanalaisiksi.

"K l o f i b r a a t t i"

(*2-(4-kloorifenoksi)propionihappo

Fenoksi-propionihappoyhdisteiden 4-kloorijohdannaiset muistuttavat ominaisuuksiltaan vastaavia fenoksietikkahappojohdannaisia (4-CPA). Niidenkin fytotoksisuus on heikko eikä niitä sen vuoksi herbisideinä käytetäkään. Sen sijaan

ihmisille ne soveltuvat verenohennuslääkkeeksi. Päiväannos jatkuvasti nautittuna on 1 g eli vajaa 15 mg elopainokiloa kohden. (Eläinkokeiden mukaan fenoksiherbisidien korkein haitaton päiväannos on 20-30 mg elopainokiloa kohden.)

M e k o p r o p p i

(⁺)2-(4-kloori-2-metyylifenoksi)propionihappo

Fenoksipropionihappoyhdisteiden 4-kloori-2-metyyli johdannaiset eli mekopropi muistuttavat vaikutustavaltaan vastaavaa fenoksietikkahappojohdannaista eli MCPA:ta. Mekopropi on englantilaisen Boots-yhtiön patentoima keksintö vuodelta 1957. Se soveltuu erityisen hyvin Suomen oloihin ja niinpä mekopropista onkin tullut Suomen toiseksi eniten käytetty herbisidi. Mekopropilla ja sen seoksilla vuosittain käsitelty peltoala on noin 150 000 ha.

Mekopropi tehoa "hyvin" (A) samoihin yrttimäisiin rikkakasvilajeihin kuin MCPA ja lisäksi seuraaviin lajeihin MCPA:ta paremmin:

A	a
Pihatähtimö	Saunakukka
Matarat	(Orvokki)
Linnunkaali	
Peltoemäkki	

Korsiviljat ja nurmiheinät kestävät mekopropia paremmin kuin MCPA:ta. Poikkeuksena ovat ruis ja timotei, jotka vioittuvat mekopropilla herkemmin kuin MCPA:lla. Lisäksi mekopropi huonontaa viljojen taudinkestävyyttä ja heikentää niiden korren lujutta.

Mekopropia on Suomessa kaupan alkali- ja amiinisuolavalmisteina. Niiden kilohinta on tehoaineeksi laskettuna 26 mk,

mikä vastaa vähintään 56 mk:n ainekustannusta hehtaaria kohden. Mekopropia käytetään yrttimäisten kertarikka- kasvien torjuntaan silloin, kun pellossa esiintyy runsaasti MCPA:ta kestäviä rikkakasvilajeja. Mekopropi- valmisteiden käyttömäärät tehoaineeksi laskettuna ovat seuraavat:

Hyväksytty käyttö- tarkoitus	Käyttömäärä tehoainetta
(a) kevätiljat	2-2,5 kg/ha
(b) syysvehnä keväällä	2,5-3,0 "
siemenheinät "	2,5-3,0 "

- (a) Kevätiljat ruiskutetaan mekopropilla yrttimäisiä kerta- rikkakasveja vastaan samaan aikaan kuin MCPA:lla, siis aikaisella orasasteella. Yrttimäisiin kestorikkakasvei- hin mekopropi ei tehoa MCPA:ta paremmin. Kun mekopropi on MCPA:ta kalliimpaa, ei sitä kannata sen vuoksi käyttää yrttimäisiä kestorikkakasveja vastaan.
- (b) Syysviljoilla mekopropia käytetään keväällä. Se tehoaa silloin vielä kohtalaisen hyvin saunakukkaan. Sen sijaan MCPA tehoaa riittävän hyvin saunakukkaan vain syksyllä. Mekopropia taas ei syksyllä voi käyttää syytä, että se huonontaa syysviljojen talvenkestävyyttä lisäämällä niiden lumihomeenalttiutta. Myös siemenheinillä mekopropia käytetään keväällä.

Mekopropi tehoaa huonosti keväällä. Sen vuoksi on tämän herbisidin käyttöön ryhdyttäessä keväällä ensin odotettava, että päivälämpötilat kohoavat yli 10°C:n. Toisaalta rikka- kasvit, etenkin saunakukka, kehittyvät säiden lämpenemistä odoteltaessa kestävämmiksi ja sen vuoksi mekopropiruisku- tus olisi tehtävä mahdollisimman varhain. Etelä-Suomessa sopivin mekopropin käyttöaika on syysviljoissa ja heinän siemenviljelyksillä tavallisesti toukokuun 5.-15. päivien välillä, kylminä keväinä noin 5 päivää myöhemmin.

Mekopropinkin suurin heikkous on, ettei se tehoa kaikkiin yrttimäisiin rikkakasvilajeihin. Tärkeimmät kestäviistä lajeista ovat orvokki (k, sirkkalehtiasteella kuitenkin a), tattaret (k-K), lemmikki (K) ja peippi (K). Mekopropin tehoa kestäviin rikkakasvilajeihin voidaan parantaa sekoittamalla siihen jotakin muuta herbisidiä (ks. ioksinili, bromoksinili, bromofenoksiini, 2,3,6-TEA ja dikamba).

d i k l o r p r o p p i

2-(2,4-dikloorifenoksi)propionihappo

Diklorproppi tehoaa samoihin lajeihin kuin mekoproppi, mutta ei pillikkeisiin. Mekopropin ja diklorpropin vaikutustavan ero on siis tässä kohden sama kuin 2,4-D:n ja MCPA:n ja osoittaa, että fenoksiherbisidi menettää tehonsa pillikkeisiin, kun 4-kloori-2-metyylisubstituutio korvataan 2,4-dikloorisubstituutiolla riippumatta siitä, mikä alkaanihappo fenoksiherbisidissä on. Sen sijaan tehon paraneminen pihatähtimöön, linnunkaaliin, mataroihin, saunakukkaan ym. johtuu etikkahapon vaihtamisesta propionihapoksi ja tämä ominaisuus on kaikille fenoksipropionihappoherbisideille yhteinen. Diklorpropin erikoisuutena on, että se tehoaa ukontattareen (a), mihin muut fenoksiherbisidit eivät tehoa.

Diklorproppia käytetään Suomessa yrttimäisten kertarikkakasvien torjuntaan korsiviljoilla ja heinän siemenviljelyksillä eräiden muiden herbisidien kanssa seoksena.

F e n o p r o p p i

(⁺)2-(2,4,5-trikloorifenoksi)propionihappo

Fenoksipropionihapon 2,4,5-trikloorijohdannaista eli fenoproppia (USA:ssa "silvex", Neuvostoliitossa 2,4,5-TP) käytetään fenoksietikkahappoja kestävien puulajien, kuten

tammen ja vaahteran vesojen hävittämiseen. 2,4,5-trikloori-substituution johdosta saattaa tänäkin herbisidin valmistuksessa syntyä vaarallista 2,3,7,8-tetrakloori-p-dioksiinia. Sen vuoksi fenopropin valmistus ja käyttö on eräissä maissa kielletty. Suomessa fenoproppia ei ole hyväksytty herbisidiksi.

Fenoproppi soveltuu myös kasvunsäätteeksi hedelmäpuille. Hyvin laimeina liuoksina omenapuihin ruiskutettuna se estää korkkisolukon kehittymisen omenan kannan kiinnityskohtaan ja ehkäisee siten omenien varisemisen. Menetelmä on useissa maissa virallisesti hyväksytty. Esimerkkinä byrokratian ihmeellisyyksistä tulokoon tässä yhteydessä mainituksi, että dioksiinivaaran vuoksi fenoproppi on Hollannissa kielletty herbisidinä, mutta sallittu kasvunsäätteenä!

M C P B

4-(4-kloori-2-metyylifenoksi)voihappo

Fenoksivoihapon 4-kloori-2-metyyli-johdannainen eli MCPB on englantilaisen May & Baker-yhtiön patentoima keksintö vuodelta 1954. Kasvin lehdille ruiskutettuna MCPB hapatuu MCPA:ksi ja vaikuttaa sen jälkeen MCPA:n tavoin. Tätä ilmiötä, jossa alkaanihapon alkyyliketjusta irtoaa alkyyliryhmiä kaksittain, nimitetään β -oksideaatioksi. Sellaiset kasvilajit, joissa ei ole β -oksideaatiota aiheuttavaa entsyymiä tai sitä on hyvin niukasti, kestävät MCPB:tä ja muita fenoksivoihappoherbisidejä.

MCPB:tä käytetään yrttimäisten rikkakasvien torjuntaan MCPA:n asemesta puna-apilan, valkoapilan ja sinimailasen suojaviljassa. Myös eräille hernelajikkeille MCPB soveltuu. Lyhytvartiset säilykehernelajikkeet, kuten Kalvedon Wonder ovat kuitenkin MCPB:lle arkoja, samoin vurnat ja pavut sekä alsikeapila.

MCPB oli Suomessa virallisesti hyväksyttyä ja kaupan vuosina 1957-1967. Sen vuotuinen käyttö oli kuitenkin vain 200-300 ha. MCPB:n suurimpana heikkoutena on, kuten MCPA:inkin, ettei se tehoa läheskään kaikkiin yrttimäisiin rikkakasvilajeihin. Etenkin pihatähtimö tulee ongelmalliseksi käytettäessä MCPB:tä palkokasviviljelyksillä. Suomessa MCPB on nykyisin korvattu dinosebilla (a.).

2, 4 - D B

4-(2,4-dikloorifenoksi)voihappo

Tämänkin fenoksivoihapon johdannainen on May & Baker'in patentoima keksintö, mutta vasta vuodelta 1957. Se muistuttaa ominaisuuksiltaan MCPB:tä mutta ei tehoa pillikkeisiin. Tässäkin siis fenoksiherbisidi menettää tehonsa pillikkeisiin, kun 4-kloori-2-metyyli-substituutio korvataan 2,4-dikloorisubstituutiolla.

2,4-DB:tä käytetään mm. Englannissa ja USA:ssa yrttimäisten rikkakasvien torjuntaan sinimailasen suojaviljassa.

Ennen käsittelyä				Y
1-7 vrk:n kuluttua				7
4 viikon kuluttua				Kuollut

A₂

Ennen käsittelyä				Y
1-7 vrk:n kuluttua				7
4 viikon kuluttua			Kuollut tai	Kuollut

A₁

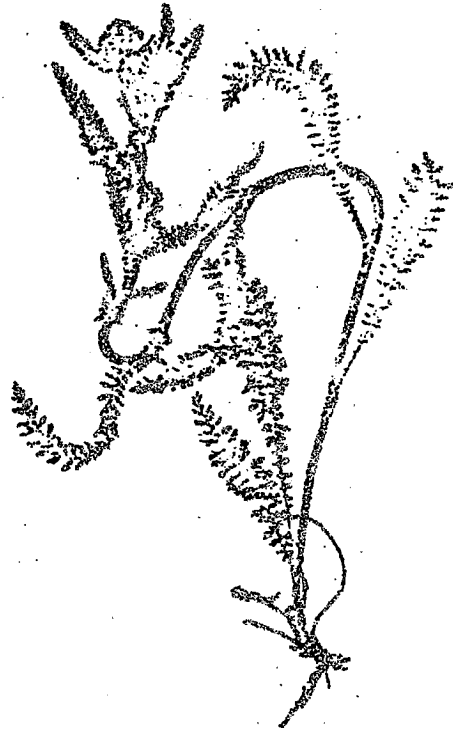
Ennen käsittelyä				Y
1-7 vrk:n kuluttua				Kuollut
4 viikon kuluttua			Kuollut	—

A₂

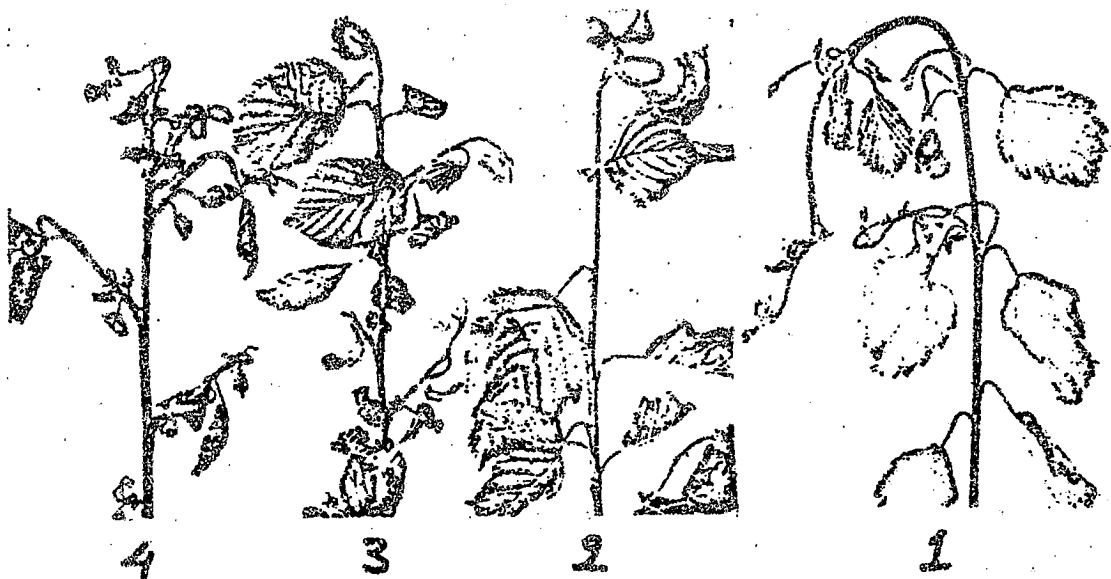
Ennen käsittelyä				Y
1-7 vrk:n kuluttua				Kuollut
14 vrk:n kuluttua	Kuollut	Kuollut	Kuollut	—

A₁

Kuva 11. Kaaviokuva fenoksiherbisidien vaikutuksesta yrttimäisiin kertarikakasveihin. Herkkyyssluokat A₁-A₂ tarkoittavat erittäin herkkiä lajeja, B₁-B₂ melko arkoja lajeja. J. Mukula 1947.



Kuva 12. Fenoksiherbisidin (2,4-D) aiheuttamaa kasvukäyritymistä kestorikkakasvin (siankärsämö) versossa kahden viikon kuluttua käsittelystä. Valok. J.Mukula 22.6.1947.



Kuva 13. Fenoksiherbisidien (2,4-D/2,4,5-T) aiheuttamia vioituk-
sia puuvartisen rikkakasvin (lepän) versoissa. Oikealta vasem-
malle 1, 2, 3 ja 4 viikon kuluttua käsittelystä. Valok. J.Muku-
la heinäkuussa 1948.



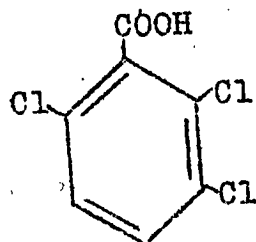
Kuva 14. MCPA:n aiheuttamia vioituksia kevätvehnän tähkissä. Ruiskutettu aikaisella orasasteella (1 kg/ha). Oikealla alhaalla käsittelemätön. Valok. J.Mukula 27.7.1957.

4.4. Aromaattiset hapot

Aromaattisissa hapoissa happoradikaalit (-COOH) liittyvät suoraan bentsolirenkaaseen. Jos radikaaleja on vain yksi, happoa nimitetään bentsoehapoksi. Useat halogeenilla substituoidut bentsoehappojohdannaiset ovat fytotoksisia. Ne muistuttavat vaikutustavaltaan fenoksiherbisidejä, mutta ovat vähemmän valikoivia.

2, 3, 6 - T B A

2,3,6-triklooribentsoehappo



LD₅₀-arvo 1500 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; sisävaikutteinen lehtiherbisidi, vaikuttaa myös maasta käsin; hitaasti hajaantuva, heikosti pidättyvä ja herkästi huuhtoutuva; varoaika sama kuin fenoksiherbisidien; ei jäämätoleranssia.

Bentsoehapon 2,3,6-trikloorijohdannainen eli 2,3,6-TBA:n fytotoksiset ominaisuudet keksittiin USA:ssa vuonna 1952 (H.J. Miller). Aine laskettiin markkinoille Trysben-nimisenä valmisteena vuonna 1954 (Heyden Chemical ja du Pont). Sitä käytettiin kestorikkakasvien, kuten juolavehnan, torjuntaan hyvin suurina annoksina (20 kg/ha), mutta melko vaatimattomin tuloksin.

Pienempiä 2,3,6-TBA:n annoksia ruvettiin Englannissa kokeilemaan yrttimäisten kertarikkakasvien torjuntaan MCPA:n kanssa seoksena (Pesco 18-15) 1955 alkaen ja mekopropin kanssa seoksena (Pescoprop) 1964 alkaen. Näissä seoksissa 2,3,6-TBA:n käyttömäärä vastasi vain 100-300 g/ha.

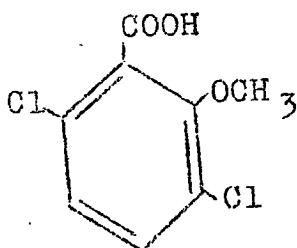
2,3,6-TBA aiheuttaa kasveissa solujen pituuskasvua, solukon haaraantumista (proliferaatio) ja lehtien yläpinnan kasvamista alapintaa nopeammin (epinastia). Kaksisirkkaisissa kasveissa versonkärkien solukko (apikaalinen meristemi) lakkaa kasvamasta. Tällä tavoin yrttimäisten rikkakasvien kasvu pysähtyy, vaikka ne eivät kuolekaan.

2,3,6-TBA on hyvin pysyvä, helppoliukoinen ja maassa heikosti pidättyvä. Sen vuoksi se saattaa kulkeutua pohjaveteen. Lisäksi 2,3,6-TBA säilyy jääminä viljan oljissa. Jos 2,3,6-TBA:lla käsitellystä viljakasvustosta saatuja olkia käytetään kurkku- tai tomaattipenkkien katteena taikka kompostiaineena, ne aiheuttavat kurkussa ja tomaateissa vioituksia.

Pesco 18-15 on ollut Suomessa kaupan vuodesta 1958 alkaen ja sitä on käytetty pääasiallisesti syysvehnällä saunakukan torjuntaan. Etenkin kylmällä säällä (5-10°C) se tehoaa saunakukaan paremmin kuin fenoksiherbisidit yksinään. Toisaalta 2,3,6-TBA vioittaa viljaa herkästi ja sen vuoksi Pesco 18-15 on useimmissa Keski-Euroopan maissa kielletty. Pohjoisessa viljan vioittumisen vaara on pienempi, mutta toisinaan Pesco 18-15 aiheuttaa meilläkin merkittäviä sadon alennuksia, etenkin maamme lounaisosissa.

D i k a m b a

3,6-dikloori-2-metoksibentsoehappo



LD₅₀-arvo > 2000 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; sisävaikutteinen lehtiherbisidi; hitaasti hajautuva, säilyy jääminä oljissa; varoaika sama kuin fenoksiherbisideillä; jäämätoleranssi 0.05 mg/kg.

Dikamba aiheuttaa kasveissa samantapaisia vioituksia kuin 2,3,6-TBA ja lisäksi voimakasta haaroittumista. Eräissä ohralajikkeissa dikamba estää solujen jakaantumista (mitoosi) ja tämän seurauksena ohran kasvu saattaa pysähtyä.

Dikambaa käytetään samaan tapaan kuin 2,3,6-TBA:ta, yrttimäisten kertarikkakasvien torjuntaan fenoksiherbisidien kanssa seoksena. Dikamba on hiukan valikoivampi ja viljalle hiukan vähemmän vaarallinen kuin 2,3,6-TBA. Sen käyttömäärä fenoksiherbisidiseoksissa vastaa 70-100 g/ha.

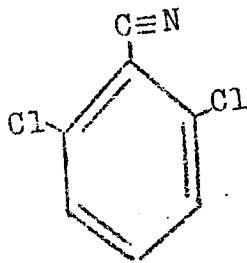
Suomessa on kaupan kaksi dikambapitoista fenoksiherbisidiseosta, Mepro Specia (MCPA/mekoproppi/dikamba) ja Diban (MCPA/dikloroproppi/dikamba). Ne tehoavat useimpiin meillä esiintyviin yrttimäisiin kertarikkakasveihin hiukan paremmin ja ukontattareen huomattavasti paremmin kuin fenoksiherbisidit yksinään. Mepro Special ja Diban on hyväksytty sekä syysviljoille että kevätiljoille. Ruiskutus on viljan vioittumisen välttämiseksi tehtävä aikaisessa vaiheessa, kevätiljoissa viimeistään oraiden ollessa 4-5-lehtiasteella. Arimpia dikambavioituksille ovat monitahoiset ohrat Otra, Etu ja Pomo. Käsitellyn viljakasvuston olkia ei saa käyttää kurkku- ja tomaattipenkkien katteeksi eikä kompostiin.

4.5. Nitriilit

Fytotoksiset nitriilijohdannaiset (-C≡N) jakaantuvat kahteen ryhmään, bentsonitriilit (diklobeniili ja klortiamidi) sekä hydroksibentsonitriilit (ioksiniili ja bromoksinili). Edelliset ovat maaherbisidejä ja tehoavat sekä heinämäisiin että yrttimäisiin rikkakasveihin estämällä siementen itämisen ja juurakoiden silmujen puhkeamisen. Jälkimmäiset ovat kosketusvaikutteisia lehtiherbisidejä ja tehoavat vain yrttimäisiin kertarikkakasveihin.

D i k l o b e n i i l i

2,6-diklooribentsonitriili



LD₅₀-arvo >3000 mg/kg; myrkyllisyysluokka III; maaherbisidi; herkästi kaasuuntuva; ei varoaikaa; jäämätoleranssi 0.2 mg/kg.

Diklobeniili on hollantilainen keksintö vuodelta 1960. Sitä käytetään ruohovartisten rikkakasvien hävittämiseen viljelemättömistä paikoista kuten pihamailta ja hiekkakäytäviltä sekä hedelmäpuiden, marjapensaiden, vadelman, koristepuiden ja koristepensaiden alustalta, samoin puu- ja pensastaimistoissa, ei kuitenkaan haavan, poppelin, tervalepän eikä lehtikuusen taimistoissa.

Diklobeniili tehoaa sekä kertarikkakasveihin että kestorikkakasveihin ja paitsi yrttimäisiin myös heinämäisiin lajeihin. Esim. voikukka ja kortteet, jotka ovat useille muille maaherbisideille hyvin kestäviä, tuhoutuvat herkästi diklobeniilillä.

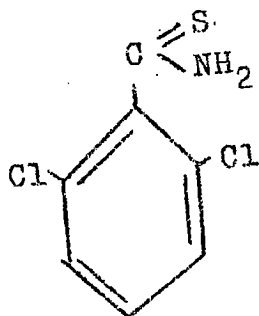
Diklobeniili on kaupan 6,75-%:sena Casoron G-nimisenä sirotteena. Sen käyttömäärä eri tarkoituksiin vaihtelee 0.3-2.5 kg aarille ja vastaa 20-170 g aarille tehoavaa ainetta.

Diklobeniili levitetään maahan ennen rikkakasvien kasvun alkamista, mieluummin jo heti lumen sulettua. Aine imeytyy maahan sadeveden mukana ja pidättyy maan pintakerrokseen huuhtoutumatta syvemmälle. Maassa diklobeniili hajaantuu yhden kasvukauden kuluessa.

Diklobeniili on herkästi kaasuuntuvaa ja sen vuoksi sitä ei saa käyttää kasvihuoneissa eikä kasvihuoneiden välittömässä läheisyydessä. Useimmat ruohovartiset viljelykasvit ovat diklobeniilille hyvin arkoja ja sen vuoksi tätä herbisidiä ei saa avomaallakaan käyttää niiden lähellä kasvukauden aikana.

K l o r t i a m i d i

2,6-diklooribentsotiamidi



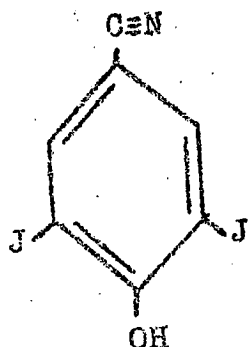
LD₅₀-arvo 750 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; maaherbisidi; herkästi kaasuuntuva; ei varoaikaa; jäämätoleranssi sama kuin diklobeniilillä.

Klortiamidi on Shell-yhtiön patentoima keksintö vuodelta 1961. Se muuttuu maassa diklobeniiliksi ja vaikuttaa siis diklobeniilin tavoin.

Klortiamidi on kaupan 7.5-%:sena Prefix Rikkaruohontuho-nimisenä sirotteena. Se on virallisesti hyväksytty samoihin tarkoituksiin kuin Casoron G. Molempien valmisteiden käyttömäärätkin ovat samat.

I o k s i n i i l i

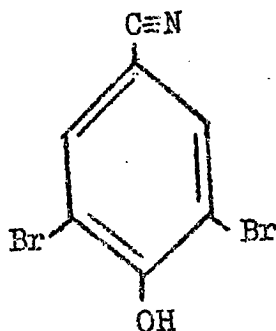
4-hydroksi-3,5-dijodibentsonitriili



LD₅₀-arvo 110 mg/kg, myrkyllisyysluokka II; kosketusvaikutteinen lehtiherbisidi; varoaika sama kuin fenoksiherbisidien; ei jäämätoleranssia.

B r o m o k s i n i i l i

4-hydroksi-3,5-dibromibentsonitriili



LD₅₀-arvo 190 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; kosketusvaikutteinen lehtiherbisidi; varoaika sama kuin fenoksiherbisidien; ei jäämätoleranssia.

Ioksiniilin ja bromoksiniilin keksivät samanaikaisesti ja toisistaan riippumatta R.L. Wain sekä K. Carpenter ja B. J. Heywood Englannissa ja Amchem-yhtiön tutkijat USA:ssa vuonna 1963. Keksintö syntyi määrätietoisesta tavoitetutkimuksen tuloksena pyrittäessä ratkaisemaan niitä ongelmia, joita fenoksiherbisidien erikoislaatuinen selektiivisyys aiheuttaa.

Jo fenoksiherbisidien käytön yleistyessä 1940-luvun lopulla ennustettiin, että ne siemenistä lisääntyvät yrttimäiset kertarikkakasvit, jotka kestävät fenoksiherbisidejä, alkavat vähitellen täyttää sen kasvutilan, joka viljelyksillä vapautuu, kun fenoksiherbisideille arat rikkakasvilajit häviävät. Monissa maissa tätä ongelmaa pyrittiin helpottamaan sekoittamalla fenoksiherbisideihin kosketusvaikutteisia herbisidejä. Ainoat laajamittaiseen käyttöön soveltuvat orgaaniset kontaktiherbisidit olivat siihen aikaan dinitrofenoleja (DNOC ja dinosebi). Ne tehoavat lähes kaikkiin yrttimäisiin kertarikkakasveihin, mutta ovat hyvin myrkyllisiä, värjääviä, ihoon imeytyviä ja muutoinkin käytössä epämiellyttäviä ja hankalia. Ioksiniiili ja bromoksiniiili kehitettiin näiden vaarallisten dinitrofenolien korvaajiksi täydentämään fenoksiherbisidien puutteellista tehoa.

Kun ioksiniiili- ja bromoksiniiilipitoisten fenoksiherbisidiseosten tehokkuutta verrattiin monipuolisimman fenoksiherbisidin, mekopropin, tehoon (s. 67), todettiin, että seokset tehosivat "hyvin" (A) samoihin yrttimäisiin kertarikkakasveihin kuin mekopropi yksinään ja mekopropia paremmin seuraaviin lajeihin:

A	a
Peipit	Pihatatar
Peltohatikka	Orvokki
Peltolemmikki	
Saunakukka	
Ukontatar	
Kiertotatar	

Ioksiniiili- ja bromoksiniiiliseoksilla saavutetaan siis "hyvä teho" (A) kaikkiin muihin korsiviljoissa yleisinä yrttimäisiin esiintyviin kertarikkakasveihin paitsi pihatattareen ja orvokkiin vain "tyydyttävä teho" (a).

Kosketusvaikutteisia lehtiherbisidejä käytettäessä ruiskutus on tehtävä hiukan aikaisemmassa vaiheessa kuin sisävaikutteisia herbisidejä käytettäessä ja vesimäärän on oltava vähintään 400 l/ha. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että ioksiniili ja bromoksiiniilipitoiset herbisidiseokset on ruiskutettava viimeistään silloin, kun yrttimäisissä kertarikkakasveissa on sirkkalehtien lisäksi yksi kasvu-lehtipari.

Kestorikkakasveja vastaan kontaktiherbisidin ja sisävaikutteisen lehtiherbisidin seosta ei yleensä kannata käyttää, sillä nopeasti vaikuttava kontaktiherbisidi tuhoaa kasvien johtosolukon niin nopeasti, ettei sisävaikutteinen herbisidi ehdi kulkeutua johtojänteitä pitkin juurakkoihin.

Ioksiniili ja bromoksiiniili vaikuttavat todella nopeasti. Yrttimäisten kertarikkakasvien lehtisolukko kuolee ja menettää nestejännityksensä jo yhden vuorokauden kuluessa. Sen jälkeen solukko vähitellen värjäytyä ruskeaksi. Terveen ja kuolleen solukon raja-alue värjäytyy valkeaksi lehtivihreän häviämisen vuoksi. Heinämäisten viljelykasvien oraat kestävät ioksiniiliä ja bromoksiiniiliä melko hyvin, mutta yleensä niidenkin lehtien kärkiin syntyy "polttovioitusta" tai ainakin ne värjäytyvät valkeiksi. Vioittuneet oraat toipuvat tavallisesti melko nopeasti.

Ioksiniilin ja bromoksiiniilin vaikutuksen mekanismia on paljon tutkittu. Herkissä rikkakasvilajeissa ne ehkäisevät hyvin voimakkaasti solujen energia-aineen vaihduntaa (oksidatiivista fosforiloitumista) ja myös hiilidioksidin yhteyttämistä. Toistaiseksi ei ole pystytty selvittämään, mihin perustuu ioksiniilin ja bromoksiiniilin kontaktivaikutuksen nopeus ja selektiivisyys. Maasta käsin ioksiniililla ja bromoksiiniililla ei ole merkittävää vaikutusta. Ne hajaantuvat maassa mikrobien toimesta hyvin nopeasti puoliintumisajan ollessa noin 10 yrk.

Ioksiniiilin ja bromoksiniiilin molekyyli-irungon varsinaisena "vaikuttajana" (functional group) ei ilmeisestikään ole nitriiliryhmä ($-C\equiv N$) vaan hydroksyyli-ryhmä ($-OH$). Sen vuoksi näitä herbisidejä olisi loogisempaa nimittää (syanofenoleiksi kuin (bentsnitriileiksi).

Ioksiniiili- ja bromoksiniiilimolekyylin hydroksyyli-ryhmä on heikko happo ja se voidaan helposti formuloida esim. alkaalisuolaksi tai amiinisuolaksi. Hydroksyyli-ryhmällä on myös alkoholin ominaisuudet, joten se reagoi alkaani-happojen kanssa muodostaen näiden estereitä. Kauppavalmisteissa ioksiniiili ja bromoksiniiili ovat joko suoloina tai estereinä. Niiden käyttömäärä on 225-450 g/ha tehoaineksi laskettuna.

Suomessa on kaupan seuraavat ioksiniiili- ja bromoksiniiilipitoiset fenoksiherbisidiseokset:

Sertrol Trippel (MCPA/dikloropropi/ioksiniiili)

Actril 4 (MCPA/dikloropropi/ioksiniiili/bromoksiniiili)

Kumpikin valmiste on hyväksytty käytettäväksi yrtilmäisten rikkakasvien torjuntaan kevätviljoissa orasasteella sekä syysviljoissa ja heinän siemenviljelyksillä keväällä. Niiden ainekustannus vastaa noin 150 mk/ha.

4.6. Anilidit

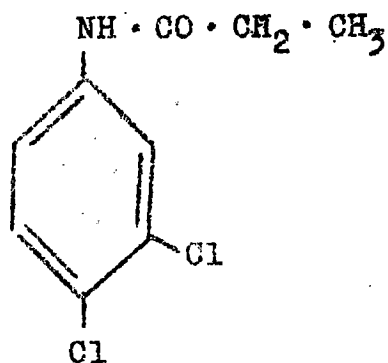


aniliini

Anilidit ovat aniliinin eli fenyyliamiinin johdoksia, joissa jompi kumpi tai molemmat aminoryhmän ($-NH_2$) vedyt ovat korvautuneita. Eräiden fytotoksisten anilidijohdoksien fenolirenkaassa on myös substituentteja.

P r o p a n i i l i

3'4'-diklooripropionanilidi



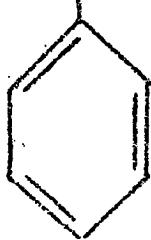
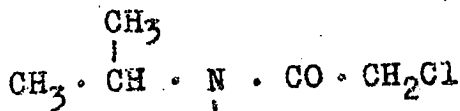
LD₅₀-arvo > 1000 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; kosketusvaikutteinen lehtiherbisidi.

Propaniili on englantilaisen Rohm. & Haas-yhtiön vuonna 1960 patentoima ja kauppanimeltä Stam F-34 markkinoima kosketusvaikutteinen lehtiherbisidi. Se tehoaa useihin yrttimäisiin kertarikkakasveihin, mutta ei yleensä vioita perunaa eikä riisiä. Propaniili estää kasveissa mm. fotosynteesin, RNA-synteesin ja amylaasisynteesin. Perunan ja riisin propaniilinkestävyys johtunee siitä, että propaniili hajaantuu näiden kasvilajien solukossa inaktiivisiksi yhdisteiksi. Maassa propaniililla ei ole merkittävää fytotoksista vaikutusta ja se hajaantuu maassa hyvin nopeasti.

Propaniili hyväksyttiin 1960-luvun alkuvuosina useissa maissa käytettäväksi perunalla taimettumisen jälkeen yrttimäisten kertarikkakasvien torjuntaan. Tanskassa, Norjassa ja Ruotsissa propaniilin todettiin kuitenkin aiheuttavan perunan vioittumista ja sen vuoksi aineen käytöstä näissä maissa luovuttiin. Propaniilin erilainen fytotoksisuus Pohjoismaissa johtunee erilaisesta päivän pituudesta. Suomessa propaniilia ei ole hyväksytty eikä meillä ole käytettävissä mitään muutakaan perunalle taimettumisen jälkeen (post emergence) soveltuvaa herbisidiä.

P r o p a k l o r i

2-kloori-N-(1-metyylietyyli)-N-fenyyliaasetamidi



LD₅₀-arvo > 1000 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; maaherbisidi; ei varoaikaa eikä jäämätoleranssia.

Propaklori on amerikkalaisen Monsanto-yhtiön patentoima keksintö vuodelta 1964. Sitä käytetään sekä heinämäisten että yrttimäisten kertarikkakasvien torjuntaan Allium-suvun sipulikasveille (istukassipuli, taimisipuli, siemensipuli, purjosipuli) heti kylvön tai istutuksen jälkeen tai viimeistään 3-4 vrk:n kuluttua. Sipulimaa voidaan käsitellä propaklorilla uudelleen 3-4 viikkoa myöhemmin, ei kuitenkaan taimettumisvaiheessa.

Propaklori vaikuttaa kasveissa ehkäisevästi solujen hengitykseen ja RNA-synteesiin sekä mm. amylaasin, proteinaarin ja eräiden muiden entsyymien synteesiin. Propaklori tehoaa "hyvin" tai "tydyttävästi" (A-a) useimpiin yrttimäisiin kertarikkakasveihin sekä kylänurmikkaan. Tattareihin se tehoaa heikosti (k), savikkaan ja orvokkiin hyvin huonosti (K).

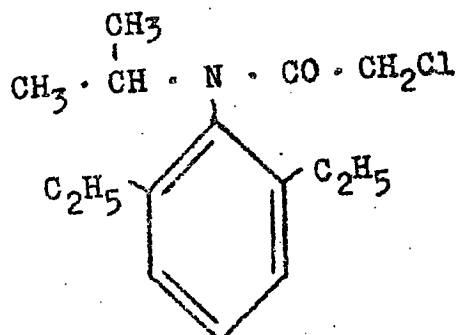
Propaklori pidättyy maan pintakerrokseen ja hajaantuu maassa 4-6 viikon kuluessa.

Propaklori on kaupan Ramrod-nimisenä ruiskutejauheena. Aineen käyttömäärä vastaa 2.6-4.4 kg/ha (26-44 g/aari) tehoavaa ainetta. Suomen olosuhteissa propaklorin suurin heikkous on sen huono teho savikkaan. Sipuliviljelyksillä

tämä epäkohta on poistettavissa sekoittamalla propakloriin klorprofamia (kauppanimeltä Sipulan, s.).

A l a k l o r i

2-kloori-N-(2,6-dietyylifenyyli)-N-metoksimetyyliasetanilidi

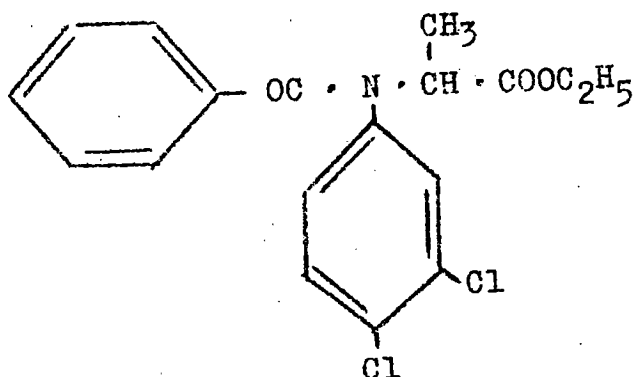


LD₅₀-arvo > 1000 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; maaherbisidi.

Alaklori on, kuten propaklori amerikkalaisen Monsanto-yhtiön patentoima ja kauppanimellä Lasso markkinoima keksintö vuodelta 1966. Se on fytotoksisilta ominaisuuksiltaan propaklorin kaltainen, mutta hiukan voimakkaampi ja pysyvämpi. Alaklori tehoaa erityisen hyvin saunakukkaan. Ristikukkaisille viljelykasveille ja sipuleille alaklori on myrkyllisempää kuin propaklori. Toisaalta soijapapu, puuvilla ja maapähkinä kestävät alakloria, ja sen vuoksi tämä herbisidi tuli 1960-luvun lopulla USA:n etelävaltioiden tärkeimmäksi ja eniten käytetyksi torjunta-aineeksi. Suomessa alakloria ei ole hyväksytty.

B e n t s o y l p r o p p i - e t y y l i

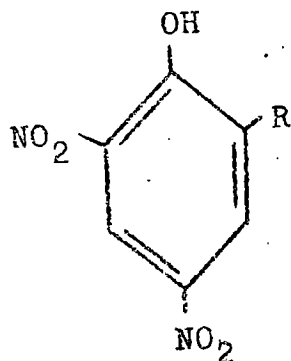
(*)-2-(N-bentsoyyli-3,4-dikloorianiliini)propionihapon etyyliesteri



LD₅₀-arvo > 1000 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; sisävai-
kutteinen lehtiherbisidi; ei
varoaikaa eikä jäämätolerans-
sia.

Bentsoylproppi-etyyli on Shell-yhtiön patentoima ja kaupanimellä Suffix markkinoima. keksintö vuodelta 1969 (T. Chapman et.al.). Se tehoaa hukkakauraan ja eräisiin muihin Avena-suvun rikkaheiniin myöhäisessä pensomisvaiheessa sekä korrenkasvun alkaessa. Bentsoylproppi-etyyli imeytyy hukkakauran johtosolukkoon ja kulkeutuu kasvin kaikkiin osiin hydrolysoituen solukossa vapaaksi hapoksi. Se estää hukkakauran korren pituuskasvun pysäyttämällä solujen laajenemisen. Muihin rikkakasvilajeihin bentsoylproppi-etyyli ei tehoa. Viljelykasveista vehnä ja ristikukkaiset öljykasvit kestävät bentsoylproppi-etyyliä 4 kg/ha vastavan annoksen, ja tämä määrä riittää hukkakauran kasvun pysäyttämiseen.

4.7. Nitrofenolit



LD₅₀-arvo 25-70 mg/kg; myrkyllisyysluokka I; kosketusvaikutteisia lehtiherbisidejä; värjääviä, imeytyvät ihoon, myrkyllisiä mehiläisille; varoaika 14 vrk; jäämätoleranssi 0.05 mg/kg.

Nitrofenolit ovat voimakkaita, mutta melko hidasvaikutteisia kontaktiherbisidejä, ja ne tehoavat useimpiin yrttimäisiin kertarikkakasveihin. Ihmisille ja eläimille nitrofenolit ovat hyvin myrkyllisiä. Ne värjääviä ja imeytyvät herkästi ihoon, jopa muovin ja kumin lävitse. Suojapuku ja kumikäsineet ovat välttämättömiä nitrofenolien käsittelyssä. Ne ovat voimakkaasti keltaiseksi

D N O C

2-metyyli-4,6-dinitrofenoli

(aikaisempi nimitys oli 4,6-dinitro-o-kresoli)

Tämä herbisidi keksittiin Ranskassa jo 1932 ja patentoitiin Englannissa 1935 (G. Truffant et Ciet). Se oli aikanaan ensimmäinen orgaaninen herbisidi. DNOC on muita fenoliherbisidejä valikoivampi, mutta ihmisille ja eläimille myrkyllisempi (LD₅₀-arvo 25-40 mg/kg). Kun DNOC lisäksi on hyvin syövyttävää sekä kuivana herkästi syttyvää ja räjähtävää, on sen käytöstä kaikkialla luovuttu 1960-luvun puoliväliin mennessä. Suomessa DNOC:tä ei koskaan hyväksytty.

D i n o s e b i

2-sec.-butyyli-4,6-dinitrofenoli

Dinosebin fytotoksiset ominaisuudet keksittiin USA:ssa vuonna 1945 (A.S. Crafts). Se tehoaa "hyvin" (A) useimpiin yrttimäisiin kertarikkakasveihin, mutta seuraaviin lajeihin vain "tydyttävästi" tai "välttävästi" (a-k):

a	k
peltohatikka	pihatatar
ukontatar	matarat
orvokki	

Dinosebi vaikuttaa mitokondrioiden lipoidikelmuun siten, että kelmun selektiivinen kyky läpäistä joko H⁺ tai OH⁻ joneja muuttuu ja tämän seurauksena mitokondriot eivät enää pysty valmistamaan adenosiinitrifosfaattia (ATP), joka on välttämätön solujen kaikille energialle vaativille toiminnolle.

Dinosebi on voimakkaampi ja vähemmän valikoiva kuin muut fenoliherbisidit. Dinosebin vaikutuksesta yrttimäisten rikkakasvien lehtisolukko ruskettaa ja menettää nestejännityksensä 3-5 päivän kuluessa. Kuollut solukko alkaa kuivua vasta 7-10 päivän kuluttua. Heinämäiset viljelykasvit sekä apila ja herne kestävät dinosebiä melko hyvin, samoin papu ennen sirkkalehtien avautumista, mutta ei enää myöhemmin. Viljan oraihin dinosebi aiheuttaa mel-

ko voimakkaita polttovioituksia. Vioittuneet oraat toipuvat kuitenkin nopeasti.

Dinosebi on, kuten yleensäkin kosketusvaikutteiset lehtiherbisidit, ruiskutettava rikkakasvien ollessa nuorella taimiasteella ja vesimäärän on oltava vähintään 400 l/ha. Etenkin saunakukan ja savikan kestävyys lisääntyy merkittävästi, jos ne ehtivät ennen ruiskutusta sivuuttaa taimiasteen.

Dinosebi tehoaa parhaiten kostealla säällä. Sen vuoksi ruiskutus on edullisinta tehdä myöhään illalla tai varhain aamulla. Lämpötilan kohoaminen aurinkoisena päivänä yli 25°C:n lisää merkittävästi viljelykasvien vioittumisvaaraa. Ruiskutettaessa on käytettävä suoja-pukua ja kumikäsineitä.

Dinosebi vaikuttaa fytotoksisesti maastakin käsin tappamalla kostean mullan pintakerroksessa itäviä rikkakasvien siemeniä. Se on myrkyllistä myös useimmille maan pieneliöille, mutta hajaantuu kosteassa mullassa muutaman viikon kuluessa. Sen jälkeen maan pieneliöstö palautuu nopeasti ennalleen.

Myrkyllisyytensä vuoksi dinosebin käyttöä on ruvettu useimmissa maissa rajoittamaan. Suomessa dinosebi on sallittu vain niihin tarkoituksiin, joihin ei ole käytettävissä vähemmän myrkyllisiä herbisidejä, nimittäin apilan suojaviljalle ja apilan siemenviljelyksille sekä herneelle ja pavulle. Apilan suojavilja ruiskutetaan silloin, kun apilan taimissa on sirkkalehtien lisäksi yksi kasvulehti. Apilan siemenviljelykset ruiskutetaan myöhään syksyllä tai varhain keväällä, herne ruiskutetaan 5-7 cm:n mittaisena ja papu sirikka-asteella ennen sirkkalehtien avautumista, siis silloin kun pavun sirkkavarsi on näkyvässä, mutta sirkkalehtien kärjet vielä maassa. Dinosebin käyttömäärä on suo-

javiljassa 1.4, herneellä 1.6, pavulla 2.0, apilan siemenviljelyksillä syksyllä 2.9 ja keväällä 4.3 kg/ha tehoaavaa ainetta.

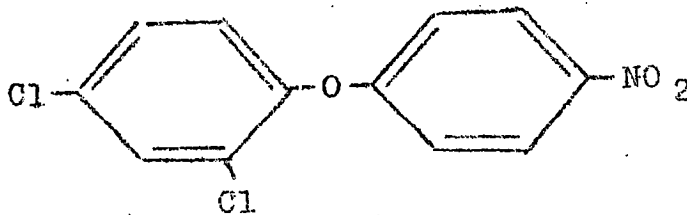
Dinosebin fenolirenkaan hydroksyliryhmä (-OH) on heikko happo ja helposti formuloitavissa esim. ammonium- tai amiinisuolaksi. Suomessa kaupan olevat dinosebivalmisteet ovat nestemäisiä trietanoliamiinisuoloja, pitoisuudeltaan 360 g/l.

4.8. Nitrofenyylietterit

Useimmissa tämän ryhmän herbisideissä on kaksi bentsolirengasta liittynyt toisiinsa happisillan (-O-) välityksellä eetteriksi. Poikkeuksena on bromofenoksiimi, jossa bentsolirenkaiden välinen sidos on mutkikkaampi, nimittäin aldehydistä (-CH=O-) johdettu aldoksiimi (-CH=N-O-).

N i t r o f e e n i

2,4-dikloorifenyyli-4-nitrofenyylietteri



LD₅₀-arvo > 3000 mg/kg; myrkyllisyyslukka II (!); lehti- ja maaherbisidi; ei jäämätoleranssia eikä varoaikaa.

Ulkomaisissa oppikirjoissa nitrofeeni luokitellaan sekä lehti- että maaherbisidiksi ja sitä käytetään ensi sijassa maaherbisidinä. Suomen olosuhteissa nitrofeenilla ei kuitenkaan ole merkittävää vaikutusta maasta käsin. Se nimittäin pidättyy meikäläisten maalajien savikolloideihin ja humukseen menettäen fytotoksisuutensa suurimmaksi osaksi. Lehtiherbisidinä nitrofeeni on Suomessa kuitenkin hyväksytty yrttimäisten rikkakasvien torjuntaan ristikkaisilla öljukasveilla.

Lehtiherbisidinä nitrofeeni on luonteeltaan lähinnä kosketusvaikutteinen, mutta eräiden kasvilajien johtosolukossa se pysyy jonkin verran kulkeutumaan. Maassa nitrofeeni imeytyy kasvien sirkkavarteen ja sirkkalehtien aiheisiin, mutta ei sirkkajuureen eikä yleensäkkään kasvien juuriin.

Nitrofeeni estää solujen hengitystä ja hiilidioksidin yhteyttämistä. Taimettumisen jälkeen käytettäessä sen selektiivisyys perustuu ensisijassa lehtien päällysketon erilaiseen läpäisevyyteen. Siis toisiin kasvilajeihin nitrofeeniä imeytyy enemmän kuin toisiin. Seuraavat yrttimäiset kertarikkakasvit kestävät nitrofeeniä:

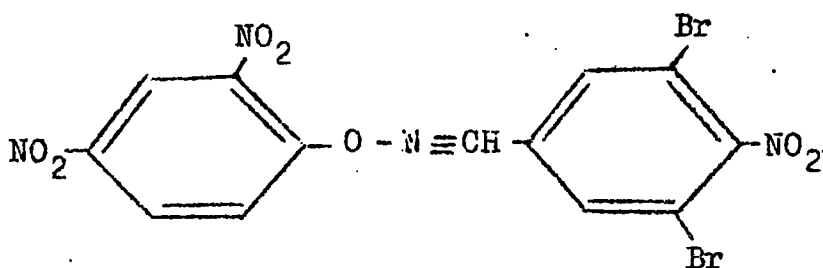
k	K
saunakukka	ristikukkaiset
pihatähtimö	

Nitrofeeni on kaupan Tok E-25-nimisenä valmisteena. Sen käyttöaika öljykasviviljelyksillä on silloin, kun yrttimäisissä kertarikkakasveissa on 3-4 lehteä. Käyttömäärä vastaa 1,25-1,5 kg/ha tehoavaa ainetta.

Uusimmat eläinkokeet ovat osoittaneet nitrofeenin teratogeeniseksi. Tämän perusteella se on vuoden 1978/79 vaihteessa kielletty USA:ssa ja Skandinavian maissa. Myös Suomessa kieltöpäätös on harkittavana.

B r o m o f e n o k s i i m i

3,5-dibromi-4-hydroksibentsaldehydi-2-4-dinitrofenyylioksiimi



LD₅₀-arvo >1000 mg/kg; myrkylyluokka II; kosketusvaikutteinen lehtiherbisidi; ei jäämätoleranssia eikä varoaikaa.

Bromofenoksiimi on sveitsiläisen CIBA-yhtiön (nykyisin CIBA-GEIGY) patentoima ja kauppanimellä Faneron vuonna 1969 markkinoima kosketusvaikutteinen lehtiherbisidi (D.H. Green). Se muistuttaa vaikutustavaltaan hydroksibentsonitriillejä ja kehitettiin kuten hydroksibentsonitriilitkin vaarallisten nitrofenolien korvaajaksi täydentämään fenoksiherbisidien tehoa. Bromofenoksiimi tehoaa hyvin tai tyydyttävästi (A-a) useimpiin yrttimäisiin kertarikkakasveihin, saunakukkaan jopa myöhäisellä kehitysasteella (!). Seuraavat yrttimäiset kertarikkakasvit kuitenkin kestävät bromoksiiniä:

k	K
pihatähtimö	orvokki
	peipit

Myös pillikkeisiin bromofenoksiimi tehoaa heikosti (k) sen jälkeen, kun pillike on sivuuttanut sirkkalehtiasteen.

Bromifenoksiimi oli 1970-luvun puoliväliin saakka kaupan Faneron-nimisenä valmistena. Siihen ei, päinvastoin kuin hydroksibentsonitriilivalmisteisiin (Actril 4 ja Sertrol Trippel), ollut lisätty fenoksiherbisidejä. Faneron oli kuitenkin virallisesti hyväksytty käytettäväksi paitsi yksinään myös fenoksiherbisideihin (mekoproppi ja MCPA) sekoitettuna. Mutta viljelijän oli tässä tapauksessa valmistettava seos itse (= "tankkiseos"). Faneronia käytettiin yrttimäisten kertarikkakasvien torjuntaan syysviljoissa ja heinän siemenviljelyksillä keväällä lämpötilan kohottua yli 8°C:n sekä kevätiljoissa orasasteella. Käyttömäärät olivat seuraavat:

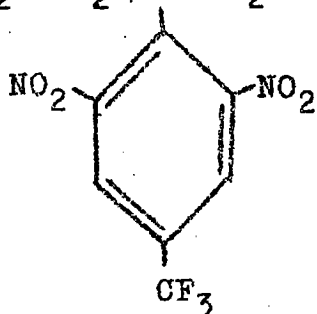
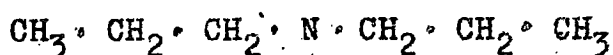
syysviljoissa yksinään	2,0 kg/ha teh.ain.
" mekopropin kanssa	1,0 " "
kevätiljoissa yksinään	1,5 " "
" MCPA:n kanssa	1,0 " "

Bromofenoksiimi on hyvin kallista, ja sen vuoksi Faneron-valmisteen ainekustannus kohosi 80-120 mk:aan hehtaaria kohden. Korkean ainekustannuksen vuoksi Faneronin käyttö jäi melko vähäiseksi, ja niinpä se 1970-luvun puolivälin jälkeen vedettiin markkinoilta pois ja korvattiin Faneron Combi-nimisellä tuotteella, joka sisältää bromofenoksiimin lisäksi erästä lehtien ja maan kautta vaikuttavaa triatsiiniyhdistettä nimeltä terbutylatsiini (vrt. s.). Tämä triatsiini parantaa bromofenoksiimin tehoa niin merkittävästi, että sen käyttömäärä voidaan alentaa 0.5-0.8 kg:aan hehtaaria kohden. Pillikkeet kuitenkin kestävät Faneron Combia (k), jos niissä on sirkkalehtien lisäksi enemmän kuin yksi kasvulehtipari ja orvokki kestää (k), jos se on sivuuttanut sirkkalehtiasteen. Faneron Combi on hyväksytty käytettäväksi syysvehnässä keväällä ja kevätiljoissa orasasteella. Sen ainekustannus on vain 60-100 mk/ha.

4.9. Nitroaniliinit

T r i f l u r a n i i l i

2,6-dinitro-NN-isopropyyli-4-trifluorometyylianiiliini



LD₅₀-arvo >10000 mg/kg;
myrkyllisyysluokka III; erittäin vaikealiukoinen maaherbisidi; ei jäämätoleranssia eikä varoaikaa.

Nitroaniliinit ovat aniliinin johdoksia, joiden fenolirenkassa on 2,6-dinitrosubstituutio ja lisäksi aina jokin 4-substituentti, joskus muitakin. Aniliinin aminoryhmän (-NH₂) toinen tai molemmat vedyt ovat alkaanihiilivedyllä korvautuneita. (Anilideissa ainakin toinen aminoryhmän vedyistä on korvautunut alkaanihapolla, ja tästä syystä niitä nimitetään kyseisen hapon anilideiksi, ei siis anilineiksi.)

Vanhin nitroaniliniherbisidi, trifluraliini, on amerikkalaisen Eli Lilly-yhtiön patentoima ja kauppanimellä Treflan markkinoima keksintö vuodelta 1960. Trifluraliini on erittäin vaikealiukoinen maaherbisidi (vesiliukoisuus 1/1000 mg/kg eli 1 ppb) ja tehoaa sekä yrttimäisten että heinämäisten rikkakasvien itäviin siemeniin. Se estää solujen jakaantumista (mitoosia), mutta yleensä vasta sen jälkeen, kun itäminen on päässyt alkamaan. Itujen kärjet typistyvät, samoin taimettuneiden kasvien versojen ja juurien kärjet. Kasvusolukkaan ilmaantuu paisumia ja heinämäisten lajien koleoptiili sulkeutuu tuppeensa. Vioittuneiden kasvien lehdet värjäytyvät tumman vihreiksi.

Trifluraliini ei imeydy maahan sadeveden mukana kuten useimmat helppoliukoiset maaherbisidit. Sen vuoksi trifluraliini on sekoitettava mullan pintakerrokseen 1-3 cm:n syvyyteen (soil incorporation), jossa useimmat rikkakasvien siemenet itävät. Sekoittaminen tehdään matalapiikkisellä äkeellä juuri ennen kylvöä tai istutusta, sen jälkeen kun maa on ensin muokattu ja tasoitettu kylvökuntoon. Trifluraliini pidättyy maahan ja hajaantuu maassa muutaman viikon tai muutaman kauden kuluessa.

Trifluraliini on Suomessa kaupan Treflan E.C.-2-nimisenä valmisteenä, jossa liuotinaaineena on II-luokan myrky, xyleeni. Tästä syystä valmisteen myrkyllisyysluokka on II, vaikka sen tehoaineen myrkyllisyysluokka onkin III.

Trifluraliini on Suomessa hyväksytty kertarikkakasvien torjuntaan ristikukkaisilla öljykasveilla, kylvettävällä kukka-kaalilla, parsakaalilla ja lantulla sekä istutettavilla kerä-, ruusu- ja parsakaaleilla. Trifluraliinin käyttömäärä on 0.7-1 kg/ha. Se tehoaa kuivassakin maassa, mutta maan humuspitoisuuden on oltava alle 10 %. Seuraavat kertarikkakasvit kestävät trifluraliinia:

K

ristikukkaiset
peltovillakko
sauniot

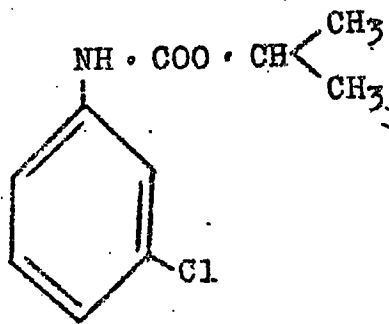
4.10. Karbamaatit

Karbamaatit ovat karbamiinihapon ($\text{NH}_2 \text{ COOH}$) johdoksia. Herbisideinä käytetyissä karbamaateissa toinen aminoryhmän vedyistä on korvattu fenolilla, jossa usein on kloorin tai metyylin 3-substituutio. Itse karbamiinihappo on esteröity.

Ensimmäinen karbamaattiherbisidi profaami (IPC) keksittiin jo vuonna 1945 Englannissa (W.G. Templeman & W.A. Sexton). Profaami on N-fenyylikarbamiinihapon isopropyyliesteri eli isopropyyli-N-fenyylikarbamaatti. Se on tyypillinen mitoosimyrkky ja estää siementen itämistä. Suhteellisen heikkotehoisena profaami on kuitenkin jo jäänyt pois käytöstä.

Klorprofaami

Isopropyyli-N-(3-kloorifenyyli)karbamaatti



LD₅₀-arvo > 5000 mg/kg; myrkyllisyysluokka III; maaherbisidi, vaikuttaa myös lehtien kautta; ei varoaikaa; jäämätoleranssi 0.5 mg/kg.

Klorprofaami kehitettiin USA:ssa tutkimalla systemaattisesti 40:n erilaisen fenyylikarbamaattiesterin fytotoksisuus (H.R. de Rose 1951, E.D. Witman & W.F. Newton 1951, W.C. Shaw & C. R. Swanson 1953). Klorprofaami on johdettu profaamista lisäämällä tämän fenolirenkaaseen 3-kloorisubstituentti. Se on hyvin tehokas mitoosimyrkky ja vaikuttaa lisäksi solujen energia-aineenvaihduntaan (oksidatiivinen fosforylaatio), RNA-synteesiin, valkuaisynteesiin ja fotosynteesiin Hill-reaktioon sekä vähentää adenosinitrifosfaatin (ATP) määrää soluissa.

Klorprofaami estää siementen itämisen ja vaikuttaa fytotoksisesti myös taimettuneisiin rikkakasveihin. Tosin se on

ensi sijassa maaherbisidi, mutta imeytyy kasveihin myös lehtien kautta ja pystyy kulkeutumaan johtojänteissä kasvin osasta toiseen. Klorprofaamin vioitusoireet ilmenevät pääverson ja silmujen sekä juuren kasvun pysähtymisenä ja/tai epämuodostumina. Lehtien väri muuttuu hyvin tumman vihreäksi.

Klorprofaami tehoaa "hyvin" tai "tydyttävästi" (A-a) sekä yrttimäisiin että heinämäisiin kertarikkakasveihin seuraavia lajeja lukuunottamatta:

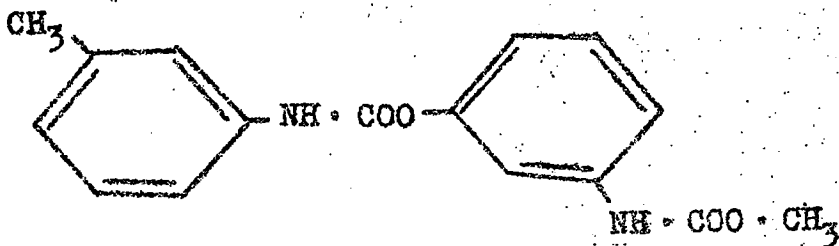
k	K
ristikukkaiset	matarat
	orvokki
	peipit
	peltovillakko
	sauniot

Klorprofaami on Suomessa kaupan Sipulan-nimisenä valmisteena. Se on hyväksytty käytettäväksi siemensipulilla heti kylvön jälkeen tai viimeistään 3-4 vrk:n kuluttua kylvöstä sekä istukas-, taimi- ja purjosipulilla istutuksen jälkeen tai viimeistään 3-4 vrk:n kuluttua istutuksesta, ennen rikkakasvien taimelle tuloa. Tehon laajentamiseksi klorprofaamiin voidaan sekoittaa propakloria. Klorprofaamin käyttömäärä yksinään on 4-6 kg/ha ja propaklorin kanssa 1.6 kg/ha.

Klorprofaami on kaasuuntuvaa ja se saattaa kaasuuntuneena kulkeutua käsitellyn alueen ulkopuolelle estäen mm. rukiin heilimöimisen. Maassa klorprofaami säilyy hajaantumatta muutaman viikon tai muutaman kuukauden ajan ja se saattaa maasta käsin vioittaa mm. kurkkua, kurpitsaa, pinaattia, juurikkaita, perunaa sekä vilja- ja heinäkasveja.

F e n m e d i f a a m i

3-metoksykarbonyyliaminofenyyli-N-(3'metyylifenyyli)karbamaatti



LD₅₀-arvo > 8000 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; sisävaikutteinen lehtiherbisidi; ei varoaikaa eikä jäämätoleranssia.

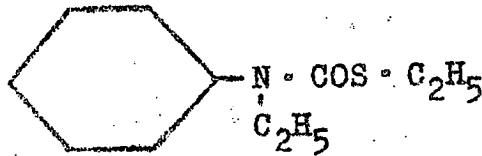
Fenmedifaami on saksalaisen Schering-yhtiön patentoima ja kauppanimeltä Betanal markkinoima keksintö vuodelta 1968. Se vaikuttaa kasveihin pääasiallisesti samalla tavoin kuin muutkin karbamaattiherbisidit, mutta vasta taimettumisen jälkeen ja vain lehtien kautta. Vioitusoireet ilmenevät melko nopeasti ensin lehtien kalpeutumisenä ja lopuksi ruskettumisenä. Fenmedifaami tehoaa yrttimäisiin kertarikkakasveihin seuraavasti:

A	a-k	K
ristikukkaiset	hatikka	linnunkaali
peltovillakko	orvokki	matarat
pihatähtimö	peipit	pihatatar
pillikkeet	peltoemäkki	
savikka	sauniot	
	kiertotatar	
	ukontatar	

Useimmat yrttimäiset rikkakasvilajit ovat "melko arkoja" (a) nuorella taimiasteella; silloin kun niissä on sirkkalehtien lisäksi 2 kasvulehteä. Kun kasvulehtien lukumäärä lisääntyy 4:ksi, muuttuvat monet rikkakasvilajit "melko kestäviksi" (k) fenmedifaamille. Beta-suvun viljelykasvit, sokerijuurikas, rehujuurikas ja punajuurikas, kestävät fenmedifaamia syystä, että aine hajaantuu nopeasti niiden solukossa aniliiniksi ja alkaanihapoiksi.

S y k l o a a t t i

S-etyyli-N-sykloheksyyli-N-etyylitiokarbamaatti

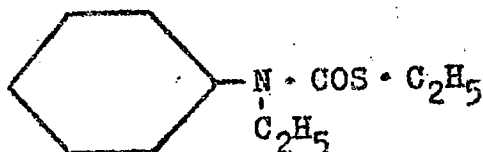


LD₅₀-arvo 2000 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; voimakkaasti kaasuuntuva maaherbisidi; ei jäämätoleranssia eikä varoaikaa.

Sykloaatti on amerikkalaisen Stauffer Chemical-yhtiön patentoima ja kauppanimellä Ro-Neet markkinoima keksintö vuodelta 1963. Se tappaa maassa itäviä rikkakasvien siemeniä ja hajoaa maassa hyvin nopeasti. Aine levitetään ja mullataan maahan ennen kylvöä. Suomessa sykloaatti on hyväksytty käytettäväksi juurikasmailla. Sen käyttömäärä on 2-3 kg/ha tehoavaa ainetta.

S y k l o a a t t i

S-etyyli-N-sykloheksyyli-N-etyylitiokarbamaatti.

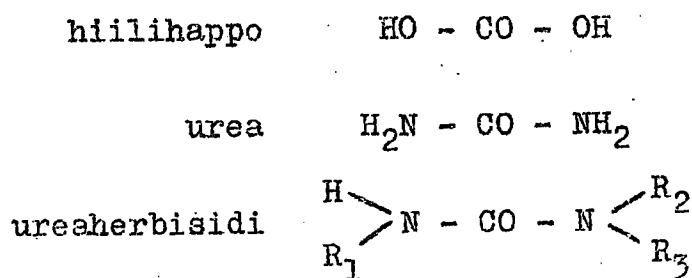


LD₅₀-arvo >2000 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; voimakkaasti kaasuuntuva maaherbisidi; ei jäämätoleranssia eikä varoaikaa.

Sykloaatti on amerikkalaisen Stauffer Chemical-yhtiön patentoima ja kauppanimellä Ro-Neet markkinoima keksintö vuodelta 1963. Se tappaa maassa itäviä rikkakasvien siemeniä ja hajaantuu maassa hyvin nopeasti. Aine levitetään ja mullataan maahan ennen kylvöä. Suomessa sykloaatti on hyväksytty käytettäväksi juurikasmailla. Sen käyttömäärä on 2-3 kg/ha tehoavaa ainetta.

4.12. Ureaherbisidit

Urea on hiilihapon (H₂CO₃) diamidi. Fytotoksisissa ureayhdisteissä on toisen aminoryhmän yksi vety ja toisen aminoryhmän molemmat vedyt korvattu (substituoitu). Tämä pääsääntö johtaa seuraaviin rakennekaavoihin:



Fytotoksisten ureayhdisteiden ensimmäinen substituentti (R₁) on tavallisesti fenoli, ja tähän fenoliin liittyy edelleen 4- tai 3,4-substituentteja. Vain yhdessä fytotoksisessa fenyyliureayhdisteessä (fenuroni) on fenolirengas täysin substituimaton.

Ureaherbisidien toinen substituentti (R_2) on tavallisesti metyyli (CH_3) ja kolmantena (R_3) on joko metyyli tai metoksimetyyli (OCH_3). Tämän mukaan ureaherbisidit jakaantuvat kahteen pääryhmään, N,N-dimetyyli-johdoksiin ja N-metoksi-N-metyyli-johdoksiin.

Ureaherbisidien vaikutus perustuu ensi sijassa siihen, että ne estävät fotosynteesin Hill-reaktion. Tällöin katkeaa se lehtivihreähiukkaselle saapuva elektronivirta, joka syntyy veden hajaantuessa valon vaikutuksesta hapeksi, vetyjoneiksi ja elektroneiksi ($H_2O \rightarrow \frac{1}{2}O_2 + 2H^+ + 2e$). Lehtivihreähiukkaselta poistuva elektronivirta kuitenkin jatkuu, ja tämän seurauksena lehtivihreähiukkanen hapettuu pilalle. Tällä tavoin vaikuttavia herbisidejä nimitetään fotosynteesin inaktivaattoreiksi.

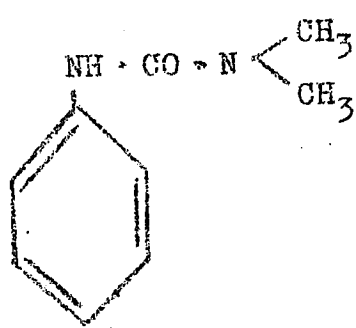
Kaikki ureaherbisidit ovat maavaikutteisia, mutta monet niistä imeytyvät kasveihin lehtienkin kautta. Imeytyminen maasta juuriin on passiivista ja lämpötilasta riippumatonta. Juurista ureaherbisidit kulkeutuvat varsiin ja hakeutuvat ensiksi vanhimpiin lehtiin, ei siis kasvupisteisiin. Kulkeutumista versoista juuriin ei ole todettu.

Ensimmäiset fytotoksiset oireet ilmenevät vanhimmissa lehdistä lehdenkärkien kuolemisenä. Tätä seuraa kasvin vihreiden osien kalpeutumista eli klorocsia, sitäkin vanhimmista lehdistä alkaen, ja lopulta kasvi kuolee. Oireet vaihtelevat riippuen kasvilajista ja solukon rakenteesta sekä ureaherbisidin imeytymistavasta ja -määrästä. Kuollut solukko vetistyy ja lysähtää kasaan tai kuivettuu. Fenoksiherbisideille tyypillistä versojen epämuodostumista (epinastiaa) ei ilmene, ei myöskään karbamaattiherbisideille tyypillistä kasvusolukon epämuodostumista.

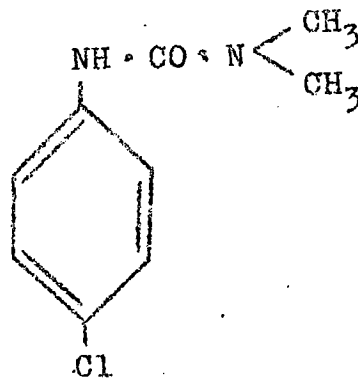
Eräät ureaherbisidit ovat hyvin pysyviä ja valikoimattomia, toiset taas ovat nopeasti hajaantuvia ja valikoivia. Ne

saattavat tehoa sekä yrttimäisiin että heinämaisiin lajeihin, eräät jopa puuvartisiin rikkakasveihin. Selektiivisyys perustuu, silloin kun sitä ilmenee, aineen imeytymisen, kulkeutumisen ja hajoamisnopeuden eroihin. Hajoaminen kasvissa alkaa metyyli- ja metoksiyhmien irtaantumisella. Näin syntyneet yksinkertaisemmat ureajohdokset ($R-NH-CO-NH_2$) ovat kasveille myrkyttömiä.

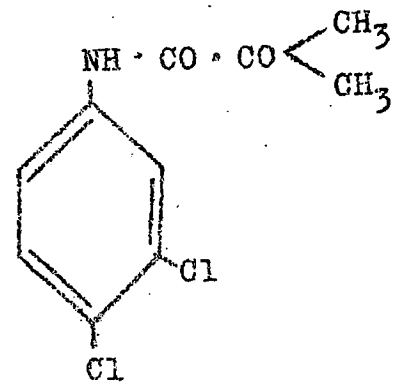
Valikoimattomat kolme fenyyliureaherbisidiä, fenuroni, monuroni ja diuroni, keksittiin USA:ssa 1951 (H. Bucha ja C.W. Todd). Ne ovat N,N-dimetyylijohtoksia ja fenolirenkaan substituoinniltaan seuraavanlaisia:



fenuroni



monuroni



diuroni

Fenuroni, monuroni ja diuroni ovat vaikutustavaltaan hyvin voimakkaita, pysyviä ja valikoimattomia maaherbisidejä. Ne imeytyvät kasveihin miltei yksinomaan maasta käsin ja tehoavat hyvin tai tyydyttävästi muihin ruohovartisiin rikkakasveihin paitsi ei seuraaviin.

K
hanhikit
hierakat
kortteet
peltovillakko

K
piharatamo
sananjalka
takiainen
vuohenputki

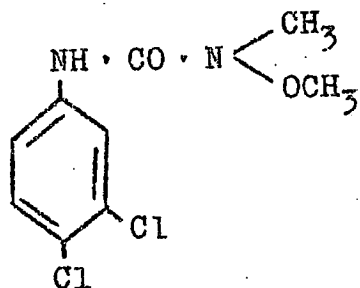
Monuroni ja etenkin fenuroni tehoaa myös puuvartisiin rikkakasveihin.

Suomessa monuronia oli kaupan 1970-luvun puoliväliin saakka boraatin ja kloraatin kanssa seoksena nimeltä Kloreä Rae ja diuronia vuoteen 1977 saakka Karmex-80-nimisenä ruiskutejauheena.

V a l i k o i v a m p i a , nopeammin hajaantuvia ja paitsi maasta myös lehtien kautta vaikuttavia ureaherbisidejä ruvettiin kehittämään 1950-luvun lopulla. Parisenkymmentä niistä on nykyisin käytössä eri puolilla maailmaa, mutta vain seuraavat neljä ovat olleet Suomessa kaupan tai kokeilutavina.

L i n u r o n i

N'-(3,4-dikloorifenyyl)-N-metoksi-N-metyyliurea



LD₅₀-arvo > 4000 mg/kg; myrkyllisyysluokka III; lehti/maaherbisidi; ei varoaikaa; jäämätoleranssi 0.1 mg/kg.

Linuroni on amerikkalaisen E.I. du Pont de Nemours-yhtiön ja saksalaisen Hoechst-yhtiön samanaikaisesti vuonna 1962 patentoima keksintö. Sen rakennekaava poikkeaa diuronista siten, että diuronin toisen aminoryhmän kahdesta metyyli-substituentista toinen on korvattu metoksisubstituentilla. Tämän muutoksen ansiosta aine on muuttunut valikoivaksi ja melko nopeasti hajaantuvaksi. Linuroni imeytyy kasveihin hyvin myös lehtien kautta ja sen vuoksi sitä voidaan käyttää paitsi maaherbisidinä myös lehtiherbisidinä, siis sekä taimettumista edeltävään että taimettumisen jälkeiseen käsittelyyn.

Linuronin käyttömäärä eri tarkoituksiin on 0,5-1,75 kg/ha (5-17,5 g/aari). Se tehoaa "hyvin" tai "tyydyttävästi" (A-a) muihin yrttimäisiin kertarikakasveihin paitsi ei seuraaviin:

k	K
pihatatar	matarat
orvokki	peltovillakko
	sauniot

Taimettumista edeltävä linuronikäsittely tehdään muutaman päivän kuluttua kyivöstä. Aine ruiskutetaan maan pinnalle, josta se sadeveden mukana imeytyy mullan pintakerrokseen ja tappaa siellä itäviä rikkasiemeniä. Linuroni ei tehoa kulvassa maassa eikä multa- ja turvemaassa. Aine hajaantuu maassa 3-4 kuukauden kuluessa.

Taimettumisen jälkeinen linuronikäsittely tehdään rikkakasvien ollessa nuorella taimiasteella. Tyydyttävä teho voidaan saavuttaa myöhemminkin, rikkakasvien ollessa 5-10 cm:n mittaisia. Tällöin on kuitenkin käytettävä suurehkoja linuroninannoksia. Taimettumisen jälkeisellä linuroniruiskutuksella saadaan paras teho silloin, kun ilman suhteellinen kosteus on korkea ja kasvusto sateen tai aamukasteen jälkeen märkää. Ruiskutusta seuraava vähäinen sade ei yleensä huononna tehoa vaan pikemminkin parantaa sitä. Taimettuneiden rikkakasvien solukko vetistyy ja kuolee noin viikon kuluttua käsittelystä.

Lehtien kautta linuronilla saadaan parempi teho kuin maasta käsin. Sen vuoksi on edullisempaa turvautua taimettumisen jälkeiseen käsittelyyn kuin taimettumista edeltävään käsittelyyn, jos se vain suinkin on mahdollista.

Kasvinsuojelulaitos on hyväksynyt linuronin Suomessa seuraaviin tarkoituksiin:

Kasvilaji	Käyttöaika	
	Ennen taimettumista	Taimettumisen jälkeen
(a) Syys- ja talviporkkana Palsternakka	+	+
(b) Persilja Kesäporkkana Papu Peruna (Herne)	+	
(c) Selleri Pisto- ja ryvæssipuli		+

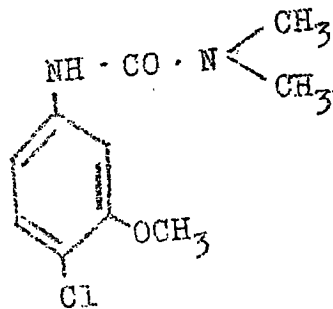
- (a) Syys- ja talviporkkana sekä palsternakka kestävät sekä taimettumista edeltävän että taimettumisen jälkeisen käsittelyn. Juuri taimettumisvaiheessa ne kuitenkin saattavat vioittua.
- (b) Persilja on ruiskutettava aina ennen taimettumista syystä, että siihen tulee muutoin liian suuria linuronijäämiä. Papu, peruna ja herne eivät kestä taimettumisen jälkeistä linuronikäsittelyä. Varhaisporkkana kyllä kestää, mutta sen kasvu hidastuu 5-10 päivän verran. Näistä syistä papu, peruna, herne ja varhaisporkkana on aina ruiskutettava ennen taimettumista.
- (c) Selleri, pisto- ja ryvæssipuli kestävät linuronikäsittelyn vasta sitten, kun ne ovat ehtineet juurtua. Tästä syystä linuronia voidaan käyttää näillä kasveilla vain taimettumisen jälkeen. Sipulit vioittuvat herkästi, varsinkin jos kasvuolosuhteet ovat huonot. Sen vuoksi sipulilla on aina käytettävä hyvin pieniä linuroniannoksia.

Linuronilla käsitelty riviviljelys kannattaa pitää mahdollisimman pitkään haraamattomana, sillä se pysyy näin menetellen kauimmin puhtaana. Haraaminen nostaa uusia, itämiskykyisiä rikkasiemeniä maan pintakerrokseen ja tämän seurauksena maa alkaa pian uudelleen rikkaruohottua.

Linuronia on Suomessa kaupan Afalon-, Loro- ja Lorox-nimisinä ruiskutejauheina. Niitä käytettäessä ainekustannus on 200-250 mk/ha (2-2,5 mk/aari).

Metoksuroni

N'-(3-kloori-4-metoksifenyyli)-N,N-dimetyyliurea



LD₅₀-arvo > 3000 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; lehti/maa-herbisidi; ei varoaikaa; jäätoleranssi 0.1 mg/kg.

Metoksuroni on sveitsiläisen Sandoz-yhtiön patentoima ja kauppanimellä Dosanex markkinoima keksintö vuodelta 1968. Se on johdettu diuronista vaihtamalla diuronin fenolirenkään 3-kloorisubstituentti metoksisubstituentiksi. Metoksuroni muistuttaa ominaisuuksiltaan linuronia, mutta vaikuttaa lehtien kautta voimakkaammin ja maasta käsin heikommin sekä hajaantuu nopeammin, 1-2 kuukauden kuluessa.

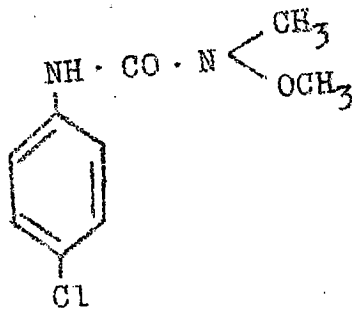
Metoksuroni on Suomessa hyväksytty talviporkkanalle täimettämistä edeltävään ja taimettumisen jälkeiseen käsittelyyn sekä kesäporkkanalle taimettumista edeltävään käsittelyyn. Se tehoaa hyvin tai tyydyttävästi samoihin rikkakasvilajeihin kuin linuroni ja seuraaviin lajeihin paremmin kuin linuroni:

A	a	k
kylänurmikka	matarat	peltovillakko
	orvokki	
	pihatatar	
	sauniot	

Metoksuronin käyttömäärä vastaa 2,5 - 5 kg/ha (25-50 g/aari).
tehoavaa ainetta ja ainekustannus 250-500 mk/ha (2,5-5,0
mk/aari).

Monolinuroni

N¹-(4-kloorifenyli)-N-metoksimetyyliurea

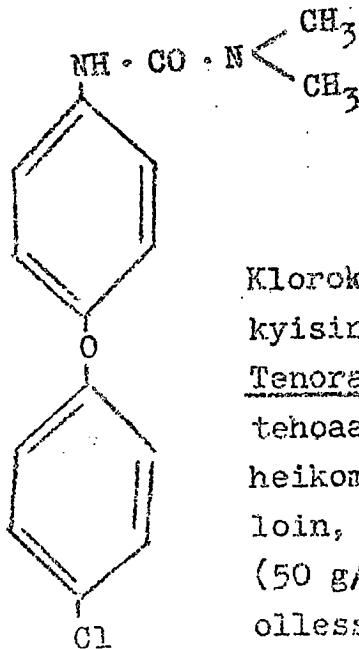


LD₅₀-arvo > 2000 mg/kg;
myrkyllisyysluokka II; leh-
ti/maaherbisidi; ei varoaia-
kaa eikä jäämätoleranssia.

Monolinuroni on saksalaisen Hoechst-yhtiön patentoima ja kauppanimellä Aresin markkinoima keksintö vuodelta 1958. Se on johdettu monuronista samaan tapaan kuin linuroni on johdettu diuronista, siis korvaamalla toisen aminoryhmän toinen metyyliisubstituentti metoksisubstituentilla.

Monolinuroni on hiukan helppoliukoisempi kuin linuroni. Se tehoaa yrttimäisiin kertarikkakasveihin linuronia huonommin, mutta sillä saavutetaan "hyvä teho" (A) kylänurmikkaan. Kasvinsuojelulaitoksen 1960-luvulla tekemissä kenttäkokeissa monolinuroni osoittautui hyvin käyttökelpoiseksi porkkanal-
le silloin, kun maassa on runsaasti kylänurmikkaa. Vähäisen kysynnän vuoksi monolinuronia ei kuitenkaan kannattanut Suo-
messa markkinoida ja nykyisin se voidaan korvata teholtaan monipuolisemmalla joskin kalliimmalla metoksuronilla.

Kloroksuroni

N^o-4-(4-kloorifenoksi)fenyyli-N,N-dimetyyliurea

LD₅₀-arvo >3000 mg/kg; myrkyllisyysluokka III; lehti/maaherbisidi; ei varoaikaa; jäämätoleranssi 0.1 mg/kg.

Kloroksuroni on sveitsiläisen CIBA-yhtiön (nykyisin CIBA-Geigy) patentoima ja kauppanimellä Tenoran markkinoima keksintö vuodelta 1960.¹⁾ Se tehoaa samoihin lajeihin kuin linuroni, mutta heikommin. Hyvä teho saavutetaan kuitenkin silloin, kun käyttömäärä nostetaan yli 5 kg/ha (50 g/aari) ja ruiskutus tehdään rikkakasvien ollessa hyvin pienellä taimiasteella.

Kloroksuroni soveltuu samoihin tarkoituksiin kuin linuroni. Lisäksi mansikka kestää kloroksuronia.

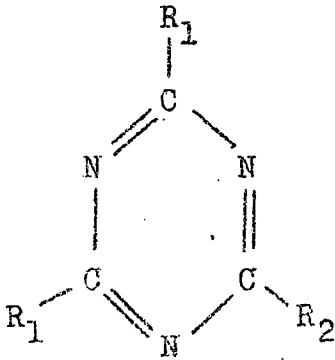
Suomessa kloroksuroni oli kaupan 1960-luvulla Tenoran-nimisenä ruiskutejauheena. Se oli virallisesti hyväksytty mansikalle käytettäväksi yrttimäisten kertarikkkasvien torjuntaan istutusvuonna sekä istutusta seuraavana vuonna.

1) Se on johdettu monuronista korvaamalla sen fenolirenkaan 4-kloori-substituentti 4-kloorifenoksi-substituentilla.

4.13. Triatsiinit

Ensimmäiset fytotoksiset triatsiini johdokset, simatsiini ja atratsiini keksittiin Sveitsissä 1950-luvulla. Ne tulivat yleiseen käyttöön maissinviljelyssä Länsi-Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa jo vuosina 1959-1960 ja pian sen jälkeen myös Neuvostoliitossa. Vuosittain käsitelty maissiala kohosi 1960-luvulla 40-50 milj. hehtaariin. Myöhemmin on erilaisiin tarkoituksiin kehitetty kaikkiaan parisenkymmentä triatsiiniherbisidiä, joista seitsemän on Suomessakin kaupan.

Triatsiinit ovat heterosyklisiä typpiyhdisteitä, joissa fenolirenkaan kolme hiiliatomi on korvattu tyvellä. Sen molekyyli- renkaan numerointi aloitetaan typestä. Tavallisin triatsiini- isomeeri on symmetrinen, siis 1,3,5-triatsiini, ja sen rakennekaava piirretään siten, että yksi typpi-atomeista sijoitetaan molekyyli- renkaan alakulmaan sekä yksi oikeaan ja yksi vasempaan yläkulmaan.



Fytotoksisissa triatsiini johdoissa molekyyli- renkaan jokaiseen hiiliatomiin liittyy vedyn substituentti cheisen mallin mukaisesti (R_1 , R_2 ja R_3). Ensimmäisenä substituenttina (R_1) on tavallisesti joko kloori (Cl) tai metyyli-merkaptani (SCH_3). Toisena ja kolmantena substituenttina (R_2 ja R_3) on alkyloitu aminoryhmä (NH_2), jonka toinen tai molemmat vedyt on korvattu seuraavasti:

	R_1	R_2	R_3
Klooritriatsiinit:			
- simatsiini	-Cl	-NHC ₂ H ₅	-NHC ₂ H ₅
- atratsiini	- " -	- " -	-NHCH(CH ₃) ₂
- trietatsiini	- " -	- " -	-N(CH ₃) ₂
- terbutylatsiini	- " -	- " -	-NHC(CH ₃) ₃
- syanatsiini	- " -	- " -	-NHC(CH ₃) ₂ CH

	R ₁	R ₂	R ₃
Metyylimerkaptaanitriatsiinit:			
- prometryyni	-SCH ₃	-NHCH(CH ₃) ₂	-NHCH(CH ₃) ₂
- desmetryyni	- " -	- " -	-NHCH ₃
- terbutryyni	- " -	-NHC ₂ H ₅	-NHC(CH ₃) ₃

K l o o r i t r i a t s i i n e i s t a simatsiini ja atratsiini muistuttavat vaikutustavaltaan monuronia ja dinronia. Ne ovat voimakkaita, heikosti valikoivia ja hyvin pysyviä maaherbisidejä. Trietatsiini on hiukan valikoivampi, samoin terbutylatsiini ja syanatsiini, jotka lisäksi ovat nopeammin hajaantuvia sekä pysyvät imeytymään kasveihin paitsi juurien myös lehtien kautta.

M e t y y l i m e r k a p t a a n i t r i a t s i i n i t , prometryyni, desmetryyni ja terbutryyni ovat vieläkin valikoivampia ja nopeammin hajaantuvia. Prometryyni ja desmetryyni pysyvät imeytymään kasveihin lehtien kautta vähintään yhtä tehokkaasti tai tehokkaammin kuin juurien kautta ja muistuttavat vaikutustavaltaan ureaherbisidien linuroni-metoksuroni-kloroksuronijondoksia. Terbutryyni sen sijaan vaikuttaa maasta käsin voimakkammin kuin lehtien kautta, mutta selektiivisyytensä puolesta sekin on rinnastettavissa muihin metyylimerkaptaanitriatsiineihin.

Biokemiallisen vaikutustapansakin puolesta triatsiinit muistuttavat ureaherbisidejä. Ne ovat tyypillisiä fotosynteesin inaktiivaattoreita ja katkaisevat Hill-reaktion siinä vaiheessa, jolloin vesi hajaantuu valon vaikutuksesta hapeksi, vetyjoneiksi ja elektroneiksi ($H_2O \rightarrow 1/2 O_2 + 2H + 2e$). Lehtivihreähiukkaset eivät tällöin enää saa hiilidioksiidin yhteyttämiseen tarvitsemaansa energiaa. Yhteyttämistuotteet jäävät syntymättä ja kasvi ikään kuin kuolee glukoosin puutteeseen. Oireet häviävät suurimmaksi osaksi, mutta eivät kokonaan, kun kasville annetaan keinotekoisesti glukoosia.

Ureaherbisidien vaikutustavasta triatsiiniherbisidien biokemiallinen vaikutusmekanismi poikkeaa siten, että fotosynteesin reaktioketjussa estyy flaviinimononukleotidin (FMN) katalysoima adenosiinitrifosfaatti (ATP)-synteesi (fotofosforylaatio), mutta K₃-vitamiinin katalysoima ATP-synteesi ei esty. Ureaherbisidit sen sijaan ehkäisevät molemmat synteesit. Myöskään N-metyylifenatsoniumin (PMS) katalysoimaa fotofosforylaatiota triatsiiniherbisidit eivät ehkäise.

Triatsiinit tehoavat sekä heinämaisiin että yrttimäisiin rikkakasveihin, mutta eivät puuvartisiin. Triatsiinien selektiivisyys perustuu ensi sijassa siihen, että muutamissa kasveissa on erästä glukosidia (bentsoksatsiini), joka aiheuttaa R₁-substituentin irtoamisen ja korvautumisen hydroksyyli-ryhmällä (-OH). Hydroksi-triatsiinit ovat kasveille lähes myrkyttömiä. Jatkossa triatsiiniherbisideistä irtoavat myös aminoryhmien substituentit ja tämän seurauksena syntyy 2-hydroksi-4,6-diaminotriatsiinia, joka aikanaan hajaantuu edelleen.

Triatsiinien selektiivisyyttä lisää niiden erilainen imeytyminen ja erilainen kulkeutuminen eri kasvilajien johtosolukossa. Imeydyttyään juuriin ne kulkeutuvat johtosolukossa ylöspäin ja hakeutuvat lehtien kärkeihin ja reunoihin. Kulkeutumisesta lehdistä alaspäin juuriin ei ole todettu.

Triatsiiniherbisidien aiheuttamat oireet vaihtelevat riippuen kasvilajista ja solukon laadusta. Oireet ilmenevät tavallisesti ensin lehdenkärkien ja lehdenreunojen kuolemisenä sekä kloroosina ja joko kasvinosien kuivettumisena tai vetistymisenä. Subletaaliset annokset saattavat aiheuttaa lehtien vihreän värin tummumista. Lisäksi ne aktivoivat nitraattireduktaasi-entsyymien toimintaa ja edistävät välillisesti valkuaissynteesiä. Kun toisaalta subletaalisetkin triatsiiniannokset heikentävät hiilidioksidin yhteyttämistä, aiheutuu tästä kasvun hidastumista, ja sen vuoksi valkuaissynteesin kokonaismäärä ei lisääny, vaikka sen suhteellinen osuus hiilihydraattisynteesiin verrattuna lisääntyy. Subletaalisilla triatsiiniannoksilla ei siis voida lisätä

viljelykasvien valkuais sadon määrää, vaan ainoastaan kasvien valkuaispitoisuutta ja sitäkin ainoastaan silloin, kun kasvu- alusta on hyvin typpiköyhä.

S i m a t s i i n i

2-kloori-4,6-di(etyyliamino)-1,3,5-triatsiini ¹⁾

LD₅₀-arvo > 5000 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; maaherbisidi, ei varoaikaa eikä jäämätoleranssia.

Simatsiini on sveitsiläisen Geigy-yhtiön patentoima keksintö vuodelta 1956. Se liukenee veteen ja lipoiideihin hyvin huonosti eikä sen vuoksi pysty lainkaan imeytymään kasveihin lehtien kautta. Vaikealiukoisuutensa vuoksi simatsiini imeytyy maahankin hyvin hitaasti pidättyen maan pintakerrokseen, 1-5 cm:n syvyyteen, jossa se säilyy hajaantumatta 2-3 vuotta. Simatsiinin teho maassa riippuu ratkaisevasti maan kosteussuhteista ja sademäärästä. Kuivissa olosuhteissa saattaa kestää viikkokausia, ennenkuin simatsiini alkaa vaikuttaa. Siksi se ^{on} levitettävä maahan hyvissä ajoin ennen rikkakasvien kasvun alkamista, mieluummin jo syksyllä hiukan ennen talven tuloa.

Simatsiini tehoaa useihin yrttimäisiin ja heinämäisiin rikkakasveihin. Puuvartiset viljelykasvit ja maissi kestävät käsittelyn.

1) Olen kirjoittanut triatsiinien kemialliset nimet tässä oppikirjassa IUPACin suosituksesta poiketen siten, että R₁-substituentin numeroksi tulee aina 2, R₂-substituentin numeroksi 4 ja R₃-substituentin 6. IUPACin suositus on tässä kohden huonosti opetukseen sovellettavissa syystä, että substituenttien numerjärjestys muuttuu riippuen substituenttien molekyyllipainosta.

Suomessa simatsiini hyväksyttiin jo vuonna 1959 käytettäväksi viljelemättömissä paikoissa, hedelmäpuiden ja marjapensaiden alustalla, vadelmalla ja mansikalla sekä puu- ja pensastaimistoissa. Aine on kaupan Primatol Simatsin-nimisenä ruiskutejauheena, jonka käyttömäärä eri tarkoituksiin vastaa 0.5-15 kg/ha (5-150 g/aari) tehoavaa ainetta. Hitaan vaikutuksensa vuoksi simatsiinin käyttö on Suomessa jäänyt vähäiseksi.

A t r a t s i i n i

2-kloori-4-etyyliamino-6-isopropyyliamino-1,3,5-triatsiini.

LD₅₀-arvo > 3000 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; maaherbisidi; ei varoaikaa, jäämätoleranssi 0.2 mg/kg.

Atratsiini on Geigy-yhtion patentoima keksintö vuodelta 1958. Sekin on hyvin pysyvä maaherbisidi, mutta hiukan helppoliukoisempi kuin sinatsiini ja vaikutustavaltaan simatsiinia huomattavasti nopeampi ja voimakkaampi. Atratsiini imeytyy kasveihin hiukan lehtienkin kautta aiheuttaen lehdistä lieviä polttovioituksia. Helppoliukoisuutensa ansiosta atratsiini imeytyy maassa 5-8 cm:n syvyyteen saakka, mutta säilyy hajaantumatta vain 1-2 vuotta.

Atratsiini tehoaa hyvin tai tyydyttävästi useimpiin yrttimäisiin ja heinämäisiin rikkakasveihin. Mm. seuraavat kestorikkakasvit ovat kuitenkin melko kestäviä (k) tai hyvin kestäviä (K):

k	K
hierakat	kortteet
leinikit	leskenlehti
ohdakkeet	nurmilauha
voikukka	takiainen

Maissi ja puuvartistet viljelykasvit kestävät atratsiinia.

Suomessa atratsiini on kaupan Atra- ja Gesaprim-nimisinä ruiskutejauheina. Ne on hyväksytty käytettäväksi rikkakasvien torjuntaan viljelemättömissä paikoissa, maissilla, hedelmäpuiden ja marjapensaiden alustalla sekä puu- ja pensastaimistoissa, mutta ei vadelmalla eikä mansikalla kuten simatsiini. Atratsiinin käyttömäärä eri tarkoituksiin vaihtelee 2-12,5 kg/ha (20-125 g/aari) tehoavaa ainetta.

Atratsiinia on Suomessa kaupan myös erään valikoimattoman sisävaikutteisen lehtiherbisidin, amitrolin (s.) kanssa seoksena Campaprim 231-nimisenä ruiskutejauheena sekä toisen maaherbisidin, diklopeniilin (s.) kanssa seoksena Silvex Metsän Rikkaruohontuho- nimisenä sirotteena. Nämä seokset tehoavat lähes kaikkiin yrttimäisiin rikkakasveihin. Ne on hyväksytty käytettäväksi rikkakasvien torjuntaan metsäpuiden taimitarhoissa ja metsänistutusaloilla, Campaprim 231 kuitenkin vain "ohjattuna" käsittelynä, siis suojaamalla puuntaimet ruiskutteilta.

T r i e t a t s i i n i

2-kloori-4-etyyliamino-6-dietyyliamino-1,3,5-triatsiini

LD₅₀-arvo < 3000 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; maaherbisidi.

Trietatsiini on, kuten atratsiininikin, Geigy-yhtiön patentoima keksintö vuodelta 1958. Se on hiukan vaikealiukoisempi kuin atratsiini, mutta helppoliukoisempi kuin simatsiini. Teholtaan trietatsiini on simatsiinia ja atratsiinia heikompi, mutta huomattavasti niitä valikoivampi.

Trietatsiinia käytetään Englannissa linuronin kanssa seoksena herneellä ja perunalla. Tällainen seos, kauppanimellä Bromox, on Suomessakin kokeiltavana, mutta Kasvinsuojelulaitos ei ole sitä kotimaisten tutkimustulosten puuttumisen vuoksi hyväksynyt.

Terbutylatsiini

2-kloori-4-tert-butyylimino-6-etyylimino-1,3,5-triatsiini

LD₅₀-arvo > 2000 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; maa/
lehtiherbisidi; ei varoaikaa eikä jäämätoleranssia.

Terbutylatsiini on sveitsiläisen Geigy-yhtiön patentoima ja kauppanimellä Gardoprim vuonna 1966 markkinoima keksintö. Se on hyvin huonosti veteen liukeneva, mutta pystyy siitä huolimatta imeytymään kasveihin paitsi maasta käsin myös lehtien kautta. Pääasiallinen teho rikkakasveihin saadaan kuitenkin maasta käsin. Vaikealiukoisuutensa vuoksi terbutylatsiini vaikuttaa maassa hitaasti ja pidättyy maan pintakerrokseen, jossa se säilyy hajaantumatta 1-3 vuotta.

Terbutylatsiini tehoaa samoihin yrttimäisiin ja heinämäisiin lajeihin kuin atratsiini, mutta vaikealiukoisuudestaan huolimatta huomattavasti atratsiinia tehokkaammin ja nopeammin. Se on Suomessa kaupan Gardoprim 80-nimisenä ruiskutejauheena, joka on hyväksytty seuraaviin tarkoituksiin:

	kg/ha	g/aari
- viljelemättömät alueet	12-16	120-200 teh. ain.
- havupuiden istutusalat	8-12	80-120 " "
- lehtipuiden - " -	5-6,5	50-65 " "
- taimitarhat	2-2,5	20-25 " "

Terbutylatsiinia käytetään pieninä annoksina myös bromofenoksiimin kanssa seoksena yrttimäisten kertarikkakasvien torjuntaan korsiviljoilla. Seos tehoaa taimettumisen jälkeen "hyvin" tai "tydyttävästi" (A-a) useimpiin yrttimäisiin kertarikkakasveihin, pillikkeisiin ja orvokkiin kuitenkin heikosti (k), jos ne ovat ehtineet sivuuttaa sirkkalehtiasteen.

Terbutylatsiinin ja bromofenoksiimin seos on Suomessa kaupan Faneron Combi-nimisenä valmisteena. Terbutylatsiinin käyttömäärä tässä seoksessa vastaa 250-425 g/ha.

S y a n a t s i i n i

2-kloori-4-etyyliamino-6-(1-syaani-1-metyylietyyliamino)-1,3,5-triatsiini

LD₅₀-arvo 180 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; lehti/
maaherbisidi.

Syanatsiini on Shell-yhtiön patentoima keksintö vuodelta 1966. Se tehoaa paitsi maasta käsin myös lehtien kautta ja imeytyy lehtiin helpommin kuin muut klooritriatsiinit. Lisäksi se on muita klooritriatsiineja valikoivampi ja nopeammin hajaantuva, mutta samalla myös teholtaan heikompi.

Syanatsiini tehoaa taimettumisen jälkeen tyydyttävästi useihin yrttimäisiin kertarikkakasveihin. Sitä kokeillaan Suomessa herneellä Basagran-nimisenä seosvalmisteena, joka sisältää syanatsiinin lisäksi bentatsonia (s.). Kasvinsuojelulaitos ei ole toistaiseksi hyväksynyt tätä valmistetta.

P r o m e t r y y n i

2-metyylitio-4,6-di(isopropyliamino)-1,3,5-triatsiini

LD₅₀-arvo > 3000 mg/kg; myrkyllisyysluokka III; lehti/
maaherbisidi; ei varoaikaa, jäämätoleranssi 0.1 mg/kg.

Prometryyni on Geigy-yhtiön patentoima keksintö vuodelta 1962. Se on, kuten metyylimerkaptaanitriatsiinit yleensäkin, valikoivampi ja nopeammin hajaantuva kuin klooritriatsiinit ja imeytyy kasveihin paitsi maasta käsin myös lehtien kautta. Maassa se hajaantuu 3-4 kuukauden kuluessa.

Prometryyni tehoaa "hyvin" tai "tyydyttävästi" (A-a) samoihin yrttimäisiin kertarikkakasveihin kuin linuronin (s. 104) ja lisäksi tyydyttävästi (a) peltoemäkkiin ja orvokkiin. Keskimääräi-

nen teho, kaikki lajit huomioon ottaen, on kuitenkin hiukan heikempi kuin linuronin.

Prometryyni on Suomessa kaupan Gesagard 50-nimisenä ruiskutejauheena. Se on hyväksytty samoihin tarkoituksiin kuin linuronivalmisteet (s. 105) ja sen käyttömäärätkin ovat samat, 0,5-1,75 kg/ha (5-17,5 g/aari) tehoavaa ainetta.

D e s m e t r y y n i

2-metyyli-4-isopropyyliamino-1,3,5-triatsiini

LD₅₀-arvo > 1000 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; lehti/maaherbisidi ; varo aika 42 vrk; ei jäämätoleranssia.

Desmetryyni on Geigy-yhtiön patentoima ja kauppanimellä Semeron markkinoima keksintö vuodelta 1962. Se vaikuttaa lehtien kautta voimakkaammin, mutta maasta käsin heikommin kuin prometryyni.

Desmetryyni tehoaa samoihin yrttimäisiin kertarikkakasveihin kuin linuroni (s. 104) ja edellä mainittu prometryyni, mutta vain nuorella taimiasteella, ei siis ennen taimettumista. Lisäksi desmetryyni tehoaa tyydyttävästi (a) eräisiin heinämaisiin kertarikkakasveihin, kuten kylänurmikkaan, mutta ei hukkakauraan.

Desmetryyni on Suomessa hyväksytty käytettäväksi rehukaalille ja keriville kaalilajeille - keräkaali, kupukaali, punakaali, Savoyn kaali ja ruusukaali - yrttimäisten kertarikkakasvien torjuntaan taimettumisen jälkeen. Rehukaali ruiskutetaan silloin, kun rehukaalin taimissa on sirkkalehtien lisäksi 3-4 kasvulehteä. Kerivät kaalit taas ruiskutetaan 2-3 viikon kuluttua istutuksesta. Desmetryynin käyttömäärä on 325-450 g/ha tehoavaa ainetta. Käyttömäärän ylittäminen vioittaa viljeltäviä kasveja, samoin liian aikainen ruiskutus. Käyttömäärän alittaminen ja erityisesti käsittelyn myöhästymisen huonontavat tehoa. Jos savikka on yli 5-7 cm mittaista, se kestää käsittelyn. Desmetryynin käyttö vaatii siis erittäin suurta tarkkuutta.

T e r b u t r y y n i

2-metyylitio-4-etyyliamino-6-tert-butyyliamino-1,3,5-triatsiini

LD₅₀-arvo > 2000 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; maa/
lehtiherbisidi; ei varoaikaa eikä jäämätoleranssia.

Terbutryyni on Geigy-yhtiön patentoima keksintö vuodelta 1965. Klooritriatsiineihin kuuluvasta terbutylatsiinista se poikkeaa vain R₁-substituutioltaan, joka terbutryynissä on metyyli-merkapp-taani (SCH₃). Terbutryyni vaikuttaa melko voimakkaasti sekä maas-ta käsin että lehtien kautta ja tehoaa useimpiin yrttimäisiin ja heinämäisiin rikkakasveihin, ei kuitenkaan hukkakauraan. Teho saunakukkaan on huomattavasti parempi (A) kuin muiden triatsiini-herbisidien.

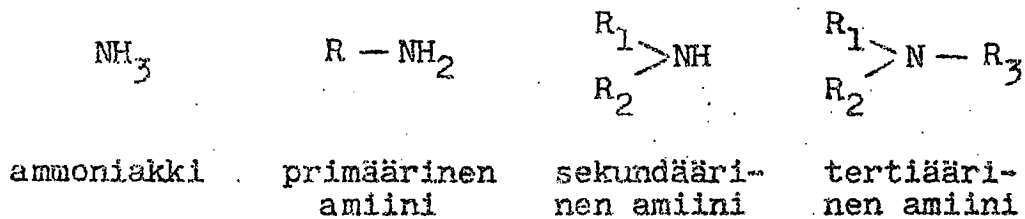
Terbutryyni on Suomessa kaupan Igran 50-nimisenä valmisteena. Se on hyväksytty käytettäväksi perunalla ennen taimettumista, viimeistään silloin, kun 10 % perunan taimista on näkyvissä. Lisäksi terbutryyni on ainoana valmisteena Suomessa hyväksytty käytettäväksi syysviljoilla kylvön jälkeen ennen viljan orastu-mista. Herbisidien syyskäytöllä saavutetaan syysviljoissa pa-rempi teho kuin kevätkäytöllä, mutta orastumisajan jälkeen pel-lot ovat useimmiten niin syyssateiden liettämiä, etteivät ne kannata traktoriruiskua. Sen sijaan ennen orastumista olosuhteet ovat usein vielä traktorijolle otolliset.

Terbutryynin käyttömäärä on 1,5-2,5 kg/ha tehoavaa ainetta ja ainekustannus 135-200 mk/ha.

4.14. Pyridiinit

Pyridiinit ovat monatsiineja, siis bentseenistä johdettuja heterosyklisiä typpi-yhdisteitä, joissa bentseenirenkaan kuudesta hiilijäsenestä yhden tilalla on typpi. Herbisidialan fakkikirjallisuudessa pyridiinin yhdisteitä nimitetään tavallisesti pyridyleiksi. Fenoksialkaanihappoja vastaava pyridiiniyhdiste on siis pyridyylialkaanihappo. Bentsoehappoja vastaavalla pyridiiniyhdisteellä on oma yleisnimensä, pikoliinihappo.

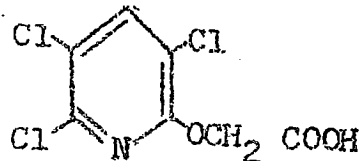
Typpiyhdisteinä pyridiinit voidaan tulkita ammoniakista johdetuiksi tertiäärisiksi amiineiksi seuraavasti:



Amiinien tavoin pyridiinit ovat lievästi emäksisiä. Niiden typpiatomilla on vapaana yksi elektronipari ja näiden elektronien välityksellä typpeen voi vielä sitoutua neljäskin orgaaninen atomiryhmä. Tällöin typpi atomi saa positiivisen varauksen kuten ammoniumsuoloissa. Näin syntynyt neljä orgaanista substituenttia sisältävä ioni on nimeltään kvartäärinen ammoniumioni ja sen yhdisteet ovat kvartäärisiä ammoniumyhdisteitä, tavallisimmin suoloja. Pyridiiniä vastaava kvartäärinen ioni on nimeltään pyridium. Herbisidialan fakkikirjallisuudessa siitä käytetään tavallisesti nimitystä pyridyylium.

T r i k l o p y r i

3,5,6-trikloori-2-pyridyylietikkahappo

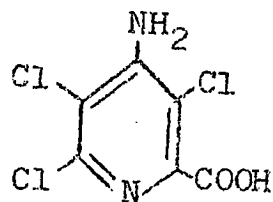


LD₅₀-arvo 700 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; lehtiherbisidi.

Triklopyri on amerikkalaisen Dow Chemical-yhtiön patentoima ja kauppanimellä Garlon markkinoima keksintö vuodelta 1977. Se on sisävaikutteinen lehtiherbisidi ja muistuttaa vaikutustavaltaan fenoksiherbisidejä. Alustavien kokeiden mukaan triklopyri soveltuu hyvin vesakontorjuntaan havumetsän uudistusaloilla. Se tehoaa kaikkiin Suomessa esiintyviin puuvartisiin rikkakasveihin eikä vioita aluskasvillisuutena esiintyvää mustikkaa ja puolukkaa yhtä herkästi kuin fenoksiherbisidit. Tiedot männyn ja kuusen kestävydestä ovat toistaiseksi puutteellisia.

P i k l o r a a m i

4-amini-3,5,6-triklooripikoliinihappo



LD₅₀-arvo >8000 mg/kg; myrkyllisyysluokka III; lehti/maaherbisidi; huuhtoutuu herkästi pohjaveteen; ei varoaikaa eikä jäämätoleranssia.

Pikloraami on Dow Chemical-yhtiön patentoima ja kauppanimellä Tordon markkinoima keksintö vuodelta 1963. Se on erittäin voimakas, pysyvä ja heikosti valikoiva sisävaikutteinen herbisidi. Pikloraami imeytyy kasveihin sekä lehtien kautta että maasta käsin. Helppoliukoisena ja helposti pidätyvänä se saattaa huuhtoutua maasta pohjaveteen ja kulkeutua pohjavesivirtausten mukana kohdealueen ulkopuolelle. Myös kasveissa pikloraami kulkeu-

tuu herkästi johtojänteiden putkiloissa - ei siis nilaosassa, kuten fenoksiherbisidit - ja se saattaa siirtyä putkiloita pitkin sekä ylöspäin että alaspäin.

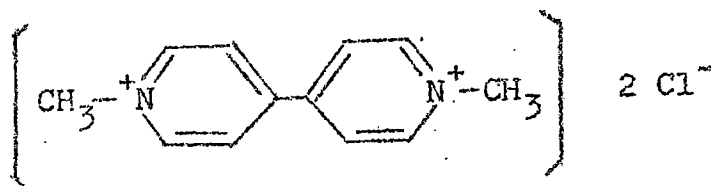
Pikloraami tehoaa sekä yrttimäisiin että puuvartisiin rikkakasveihin, mutta ei heinämäisiin lajeihin. Sen aiheuttamat oireet kasveissa ovat samankaltaisia kuin fenoksiherbisidien aiheuttamat, siis kasvukäyrityksiä, pääverson haaroittumista (proliferaatio), lehtien epämuodostumista (epinastia) ja lisäjuurien muodostumista.

Ympäristöhaittojen välttämiseksi pikloraami on hyväksytty vain haapojen hävittämiseen metsänuudistusalueilta ja ainoastaan yksilökäsittelyinä. Tämä tapahtuu sivelemällä ainetta katkaistun haavan kantaan tai kaatamalla ainetta haavan runkoon veistettyihin koloihin eli "taskuihin".

Pikloraami on Suomessa kaupan Lovi Pikoliini- ja Tordon 101- nimisinä seosvalmisteina, jotka sisältävät pikloraamin lisäksi 2,4-D:n amiinisuoloa. Havupuut, etenkin kuusi ovat erittäin arkoja pikloraamille ja ne saattavat vioittua, jos ne kasvavat pikloraamilla käsiteltyjen haapojen juuriston ulottuvilla.

P a r a k v a t t i

1,1'-dimetyyli-4,4'-dipyridyyliumdikloridi



LD₅₀-arvo 150 mg/kg; myrkyllisyysluokka I (kroonisten oireiden vuoksi korkeampi kuin mitä LD₅₀-arvo edellyttäisi); valikoimaton kosketusvaikutteiden lehtiherbisidi; vaarallista mehiläisille ja kimalaisille; ei varoaikaa; jäämätoleranssi 0,05 mg/kg.

Parakvatti on englantilaisen ICI-yhtiön patentoima ja kauppanimellä Gramoxone markkinoima keksintö vuodelta 1958. Se on tois-
taiseksi maailman voimakkain ja eniten käytetty valikoimaton
kosketusvaikutteinen lehtiherbisidi. Parakvatilla vuosittain
käsitelty pinta-ala ylitti 1960-luvulla 1 milj. ha ja 1970-lu-
vulla 10 milj. ha.

Parakvattimolekyylissä on kaksi pyridiiniumionia, jotka positiivisen varauksensa ansiosta tarttuvat (adsorboituvat) erittäin tiukasti lehtien negatiivisesti varautuneeseen pintaan ja imeytyvät (absorboituvat) nopeasti solukkaan, jossa ne valon vaikutuksesta hapen läsnäollessa luovuttavat ylimääräiset elektrosensa (2e) pelkistyen vapaiksi radikaaleiksi. Näiden hapettuessa takaisin ionimuotoon syntyy hapesta ja vedestä kasveille myrkyllistä vetyperoksidia ($\frac{1}{2}O_2 + H_2O \rightarrow H_2O_2$), jonka vaikutuksesta solukko vetistyy ja kuolee. Vaikutus on niin nopea, että parakvatti ehti vain hyvin vähäisessä määrin kulkeutua johtojänteisiin. Kuollut solukko värjäytyy ruskeaksi ja kuivettuu 1-3 vuorokauden kuluessa.

Maassa parakvatti-ionit tarttuvat (adsorboituvat) maahiukkasten negatiivisesti varautuneille pinnoille samaan tapaan kuin vaihtuvat emäkset (Na^+ , K^+ , Ca^{++}) niin tiukasti, että ne menettävät biologisen aktiivisuutensa eivätkä pysty lainkaan imeytymään kasveihin.

Parakvatti imeytyy kasveihin siis vain lehtien kautta ja se on fytotoksinen ainoastaan ionimuodossa. Jos kasvien lehdillä on negatiivisesti varautuneita pölyhiukkasia, parakvatti sitoutuu niihin ja menettää tehonsa. Samoin käy, jos parakvatin laimentamiseen käytetään likaista vettä, joka sisältää negatiivisesti varautuneita maahiukkasia tai veteen liuennutta humusta (ruskea suovesi) tai jos parakvattiliuokseen ylipäänsä sekoitetaan jotakin ioneja sisältävää ainetta. Parakvatti ei yleensä kulkeudu johtojänteissä lehdiltä juurakoihin, tai se kulkeutuu vain hyvin vähäisessä määrin. Sen vuoksi parakvatti pystyy tuhoamaan kesto-

rikkakasveista vain niiden maanpäälliset versot. Juurakot jäävät eloon ja niistä kehittyy uusia versoja 3-5 viikon kuluessa. Sen vuoksi parakvattiruiskutus on kestorikkakasvien hävittämiseksi toistettava 2-3 kertaa kasvukauden aikana.

Parakvatti on käytännöllisesti katsoen lähes valikoimaton. Heinämäisiin lajeihin se kuitenkin vaikuttaa hiukan voimakkaammin kuin yrttimäisiin. Suomessa esiintyvistä yrttimäisistä rikkakasveista vain peltoemäkki kestää (k) parakvattia. Parhaiten parakvatti tehoaa iltapäivällä tai illalla ruiskutettuna.

Koska parakvatilla ei ole lainkaan fytotoksista vaikutusta maasta käsin, se soveltuu rikkakasvien torjuntaan ainoastaan lehdille ruiskutettuna, siis rikkakasvien taimettumisen jälkeen. Toisaalta parakvattia voidaan sen valikoimattomuuden vuoksi käyttää viljelysmaalla vain ennen viljelykasvien kylvöä tai istutusta sekä ennen viljelykasvien taimettumista ja sadonkorjuun jälkeen. Ohjattuna ruiskutteena parakvattia on tosin mahdollista käyttää myös viljelykasvien ollessa taimella, mutta viljeltävät kasvit on tällöin suojattava.

Rikkakasvien taimettuminen ennen viljeltävää kasvia edellyttää tavanomaisesta poikkeavaa kylvötekniikkaa. Maa on tällöin muokattava ja tasoitettava kylvökuntoon muutamaa päivää ennen kylvöä. Näin menetellen rikkakasvit saavat viljeltävään kasviin nähden etumatkaa ja itävät ja taimettuvat ennen viljeltävää kasvia.

Paitsi rikkakasvien torjuntaan parakvattia käytetään nykyisin myös laittomien huumekasviviljelysten (hamppu ja ooppiumiunikko) hävittämiseen Meksikossa. Aine levitetään Andien vuoristoissa sijaitseville viljelyksille helikoptereilla. YK:n huumekomissio on ilmoittanut tarvittaessa antavansa asiantuntija-apua vastaavanlaisten huumekampanjojen käynnistämiseksi muuallakin yhteistoiminnassa asianomaisten maiden viranomaisten kanssa.

Parakvatti on kaupan Gramoxone-nimisenä valmisteena. Se sisältää parakvaattia diklorodina 200 g/l (20 %). Sen käyttömäärä vaihtelee käyttötarkoituksen mukaan 1-7 l/ha (0,3-1,0 %), mikä vastaa 0,2-1,4 kg/ha tehoavaa ainetta.

Gramoxone on Suomessa hyväksytty käytettäväksi seuraaviin tarkoituksiin:

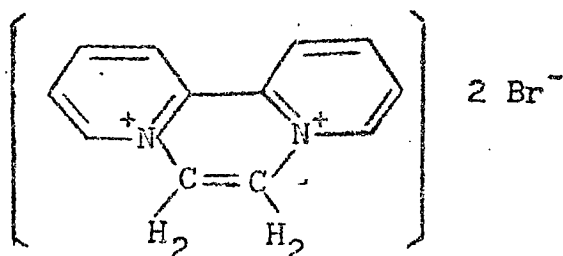
Käyttökohde	Käyttöaika	Valmisteen ¹⁾ käyttömäärä tai käyttöväkyys
(a) Juurikasvi- ja vihannesmaat sekä taimistojen kylvöpenkit	2-3 vrk ennen viljelykasvin taimettumista tai istutusta	1,0-1,5 l/ha
(b) Peruna	juuri ennen perunan taimelle tuloa	1,5-3,0 l/ha
(c) Mansikan rivivälit rikkakasvien ja rönsyjen torjumiseksi	keväällä ennen kunkintaa ja kesällä sadonkorjuun jälkeen	3-5 l/ha (0,3-0,5 %)
(d) Hedelmäpuiden, koristepuiden ja pensaiden alustat	kasvukauden aikana	0,3-0,5 %
(e) Viljelysten rivivälit	kasvukauden aikana	0,3-0,5 %
(f) Kaavihuoneruusu- penkit	vain vanhalle ruusukasvustolle	0,3-0,5 %
(g) Metsänviljelyalat	kesäkuussa	0,8-1,0 %
(h) Viljelemättömät alueet	kasvukauden aikana	5-7 l/ha (0,5-0,7 %)

1) Tässä taulukossa on käyttömäärä tavallisesta poiketen ilmoitettu valmisteen määränä eikä tehoavan aineen määränä.

- (a) Juurikasvi- ja vihannesmaita ja kylvöpenkkejä ruiskutettaessa rikkakasvien tulee olla taimella, mutta viljelykasvin taimia ei saa näkyä maan pinnalla.
- (b) Peruna on ruiskutettava viimeistään silloin, kun 10% perunasta on taimella.
- (c) Mansikan ja muiden viljelysten rivivälit ruiskutetaan ohjattuna käsittelynä käyttämällä suojasuppiloa tai Polijet-viuhkasuuttimia.
- (d) Hedelmäpuiden sekä koristepuiden ja -pensaiden alustat ruiskutetaan rikkakasvien ollessa taimella toukokuun lopulla tai kesäkuun alkupuolella.
- (e) Kasvihuoneruusupenkit ruiskutetaan alhaisella paineella ja suurta pisarakokoa käyttäen. Valmistetta ei saa joutua ruusujen lehdille eikä (nuorten) versojen vihreälle kuorelle.
- (f) Metsänviljelyaloilla ruiskutetaan heinittymisen estämiseksi taimien ympäriltä 1 metrin läpimittainen ala kesäkuussa. Suojasuppiloa on käytettävä taimien vioittumisen estämiseksi.

D i k v a t t i

1,1'-etylenei-2,2'-dipyridylyliumdibromidi



LD₅₀-arvo 230 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; kosketusvaikutteinen valikoimaton lehtiherbisidi; vaarallista mehiläisille ja kimalaisille; ei varoaikaa, jäämätoleranssi 0,2 mg/kg.

Dikvatti on, kuten parakvattikin, ICI-yhtiön vuonna 1958 patentoima keksintö vuodelta 1958, kauppanimeltään Reglone. Dikvatti muistuttaa ominaisuuksiltaan ja vaikutustavaltaan parakvattia, mutta tehoaa yrttimäisiin lajeihin hiukan paremmin kuin heinämäisiin eikä lainkaan pysty kulkeutumaan kasvien johtojänteissä (parakvatti kulkeutuu hiukan).

Dikvattia käytetään samoihin tarkoituksiin kuin parakvattia silloin, kun rikkakasvien joukossa ei esiinny heinämäisiä lajeja. Lisäksi dikvattia käytetään etenkin Hollannin kanavissa haitallisten vesikasvien, kuten vesiruton (Elodea canadensis), torjuntaan sekä perunan varsiston hävittämiseen ja eräiden viljelykasvien "pakkotuleennuttamiseen" ennen sadonkorjuuta.

Kaupan oleva dikvattivalmiste Reglone sisältää dikvattia dibromidina 200 g/l (20 %). Sen käyttömäärä vaihtelee käyttötarkoituksen mukaan 1,5-3 l/ha, mikä vastaa 0,3-0,6 kg/ha tehoavaa ainetta. Reglone on Suomessa hyväksytty käytettäväksi seuraaviin tarkoituksiin:

Käyttökohde	Käyttöaika	Valmisteen ¹⁾ käyttömäärä
(a) Juurikasvi- ja vihannesmaat, kylvöpenkit rikkakasvien torjunta	kylvön jälkeen 2-3 vrk ennen viljelykasvin taimelle tuloa	1,5-2 l/ha
(b) Peruna, rikkakasvien torjunta	istutuksen jälkeen juuri ennen perunan taimelle tuloa	1,5-2 l/ha
(i) Apila, varsiston kuivattaminen ja rikkakasvien tuhoaminen	4-7 vrk ennen leikkuupuintia	2-3 l/ha
(j) Perunan varsiston ja rikkakasvien tuhoaminen	7-10 vrk ennen perunan nostoa kertakäsittelynä tai	3-5 l/ha
	7-10 vrk ennen perunan nostoa 3 vrk väliajoin	2 x 2-2,5 l/ha

1) Tässä taulukossa on käyttömäärä tavallisesta poiketen ilmoitettu valmisteen määränä eikä tehoavan aineen määränä.

(a) Juurikasvi- ja vihannesmaita sekä kylvöpenkkejä ruiskutettaessa rikkakasvien tulee olla taimella, mutta viljelykasvien taimia ei saa näkyä maan pinnalla.

(b) Peruna ruiskutetaan rikkakasvien torjumiseksi viimeistään silloin, kun 10% perunasta on taimella.

(i) Peruna ruiskutetaan varsiston hävittämiseksi noin 10 vrk ennen nostoa. Käyttömäärä on 3-5 l/ha kasvuston rehevyydestä ja lämpötilasta riippuen. Rehevässä kasvustossa saadaan paras tulos ruiskuttamalla kaksi kertaa 2-2,5 l/ha 3 vrk:n väliajoin. Ei saa ruiskuttaa pitkäaikaisen kuivuuden vallitessa ja poudan päätyttyä kasvuston saa ruiskuttaa vasta 3 vuorokauden kuluttua maan läpikotaisin kastuttua.

Tässä mainittujen käyttötarkoitusten lisäksi dikvattia on kehitetty yrttimäisten kertarikkakasvien torjuntaan myös öljyunikolla. Tämän kasvin viljely on tosin Suomessa hyvin vähäistä. Öljyunikko kestää dikvattia 6-7 lehtiasteella 0,4 kg /ha (Reglonea 2 l/ha). Käsittely aiheuttaa unikon lehdistä jonkin verran polttovioituksia, mutta unikontaimet toipuvat vioituksista melko nopeasti. Toistaiseksi menetelmää ei ole virallisesti hyväksytty.

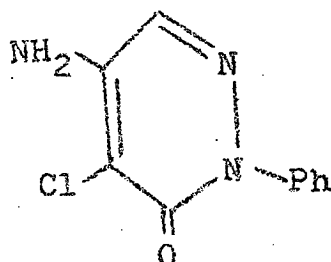
4.15. Pyridatsiinit



Pyridatsiinit ovat bentseenistä johdettuja heterosyklisiä typpiyhdisteitä, joissa bentseenirenkaan kuudesta hiilijäsenestä kahden vierekkäisen hiiliatomin tilalla on typpiatomi. Molekyyliarenkaan typpiatomien lukumäärän ja sijainnin mukaan pyridatsiinit ovat siis 1,2-diatsiineja.

Kloridatsoni (aik. pyratsoni)

5-amino-4-kloori-2-fenyylipyridatsiini



1) LD_{50} -arvo > 4000 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; lehti/maaherbisidi; ei varoaikaa eikä jäämätoleranssia.

Kloridatsiini on saksalaisen Badische Anilin- und Sodafabrik'in (BASF) patentoima ja kauppanimellä Pyramin markkinoima keksintö vuodelta 1962. Kloridatsoni tehoaa useihin yrttimäisiin kertarikakasveihin sekä lehtien kautta että maasta käsin. Beta-suvun viljelykasvit - sokerijuurikas, rehujuurikas ja punajuurikas - kestävät kloridatsonia sekä ennen taimettumista että taimettumisen jälkeen. Kloridatsonin keksijä A. Fisher sai vuonna 1964 Ranskan presidentiltä Charles de Gaullelta mitalin tunnustukseksi tästä, EEC-maiden sokerintuotantoa suuresti edistäneestä keksinnöstään. Fisher on DDT:n keksijän Paul Müllerin ohella tiettävästi ainoa kansainvälisesti palkittu torjunta-aineen keksijä.

Kloridatsoni ehkäisee mm. klorofyllin muodostumista ja eräitä valkuaisaineiden synteesejä (Andersson ja Schaelling 1970). Lisäksi se ehkäisee fotosynteesin Hill-reaktiota, mutta huomattavasti heikommin kuin esim. atratsiini (Hilton ym. 1969). Kloridatsoni kulkeutuu johtojänteiden nilaosassa lehdiltä juuriin, mutta vain hyvin vähäisessä määrin. Sen sijaan juurista lehtiin kloridatsoni kulkeutuu huomattavasti herkemmin, mutta tämä kulkeutuminen tapahtuu johtojänteiden putkilo-osassa.

Kloridatsonin aiheuttamat oireet ilmenevät kasvien lehdissä muutaman päivän kuluttua käsittelystä, ensin kloroosina ja

1) Ph=fenyyli (phenyl)

sitten solukon rusketumisena ja kuolemisena. Beta-lajien kloridatsonin kestävyys perustuu siihen, että kloridatsoni sitoutuu näissä kasveissa 5-aminosubstituenttinsa välityksellä glukosideihin myrkyttömiksi yhdisteiksi. Maassa kloridatsoni menettää fytotoksisuutensa 2-fenyylisubstituentin irtoamisen vuoksi. Tähän inaktivoitumiseen kuluu aikaa 3-4 kuukautta.

Suomen olosuhteissa kloridatsoni tehoa huonommin kuin Keski-Euroopassa. Maasta käsin saadaan tyydyttävä teho vain hikevillä hietamailla. Savimailla ja etenkin multa- ja turvemilla teho on huono, varsinkin kuivissa olosuhteissa. Taimettumisen jälkeen kloridatsoni tehoa tyydyttävästi silloin, kun rikkakasvit ovat sirkkalehtiasteella, mutta ei enää myöhemmin. Ilman korkea suhteellinen kosteus sekä kostutusaineen (Citowett) käyttö parantavat kloridatsonin tehoa.

Edullisissa olosuhteissa kloridatsoni tehoa "hyvin" (A) muihin kertarikkasveihin paitsi ei seuraaviin:

a	k	K
savikka	peltoenäkki	hukkakaura
	pelto villakko	matarat
	tattaret	orvokki

Kloridatsoni on kaupan Pyramin-nimisenä ruiskutejauheena. Sen käyttömäärä vastaa 2,6 kg/ha tehoavaa ainetta.

Kloridatsoni on Suomessa hyväksytty käytettäväksi kertarikkasvien torjuntaan sokeri-, rehu- ja punajuurikasvilla seuraavasti:

- (a) ennen kylvöä matalaan (1-3 cm) muokattuna 10-14 vrk ennen kylvöä;
- (b) heti kylvön jälkeen ennen taimettumista;
- (c) juurikkaan taimettumisen jälkeen, joko kostutusaineen (Citowett) kanssa tai tankkiseoksena fenmedifaamin (Betanal) kanssa.

Maleiinihydratsidi (MH)

6-hydroksi-3-(2H)-pyridatsinoni



LD₅₀-arvo 7000 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; lehtiherbisidi; ei varoaikaa eikä jäämätoleranssia.

Maleiinihydratsidi eli MH on amerikkalaisen U.S. Rubber-yhtiön patentoima keksintö vuodelta 1948. Sitä käytetään pääasiallisesti kasvunsäätteenä hillitsemään ruohon kasvua nurmikentillä. Tietyissä olosuhteissa maleiinihydratsidi on heinäkasveille fytotoksinen. Sen käyttömahdollisuuksiin juolavehnan torjunta-aineena kiinnitettiin USA:ssa huomiota jo 1953 (K.P. Bucholtz). Käytännössä tulokset osoittautuivat kuitenkin heikoiksi. Vasta Suomessa 1955/56 tehdyt kokeet osoittivat, että maleiinihydratsidi heikentää juolavehnan juurakoiden talvenkestävyyttä. Kun käsittely ajoitetaan syyskuulle, saadaan juolavehnan juurakoista 70-80 % tuhotuksi. Menetelmä soveltuu käytettäväksi sänkipellossa viljankorjuun jälkeen. Oljet on haravoitava pois käsiteltävältä alueelta ja ruiskutus tehtävä kuivalla säällä. Käsittely tehoa parhaiten silloin, kun juolavehnessä on runsaasti maanpäällisiä versoja. Ruiskutettu alue kynnetään aikaisintaan kolmen viikon kuluttua käsittelystä.

Maleiinihydratsidi on mitoosimyrkky. Se estää solujen jakaantumisen, mutta ei solujen laajuuskasvua. Aine kulkeutuu johtojänteiden putkilo-osassa lehdistä ja varsista juurakoihin. Oireet ilmenevät kasvun pysähtymisenä sekä kloroosina ja solukon ruskettumisena.

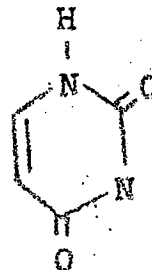
Maleiinihydratsidi ei imeydy kasveihin maasta, joten sillä käsitellyllä alueella voidaan seuraavana kasvukautena viljellä mitä tahansa viljelykasvia.

Maleiinihydratsidia on Suomessa kaupan amiinisuolavalmisteina. Niiden käyttömäärä vastaa 10 kg/ha tehovaa ainetta ja ainekustannus on 400 mk/ha. Maleiinihybratsidivalmisteiden rekisteröintiäika päättyy vuonna 1981 eikä niiden rekisteröintiä todennäköisesti enää uusita.

4.16. Pyrimidiinit (urasiilit)



pyrimidiini eli
1,3-diatsiini



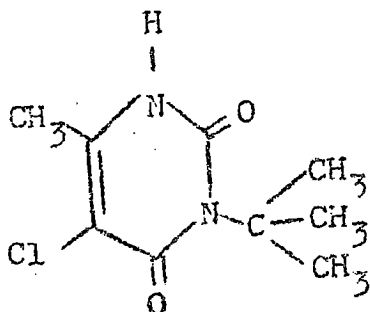
urasiili eli
2,6-dioksi-pyrimidiini

Pyrimidiinit ovat, kuten pyridatsiinitkin, bentseenistä johdettuja heterosyklisiä typpiyhdisteitä, joissa bentseenirenkaan kuudesta hiilijäsenestä kahden tilalla on typpi. Pyrimidiinien typpiäsenet sijoittuvat 1,3-asemiin, joten ne ovat 1,3-diatsiineja kun taas pyridatsiinit ovat 1,2-diatsiineja.

Pyrimidiinien 2,6-dioksi johdoksia nimitetään **urasiileiksi**. Näistä eräät ovat voimakkaita maaherbisidejä ja vaikuttavat kasveissa fotosynteesin Hill-reaktiota sekä nitraattireduktaasientsyymin aktivoitumista ehkäisevästi. Lisäksi niillä on taipumus hakeutua voimakkaassa jakautumisvaiheessa oleviin solukoisiin ja siten vaikuttaa kasvusolukoiden tuhoutumiseen. Tämän ominaisuutensa perusteella eräitä urasiilijohdoksia käytetään myös ihmisten syöpälääkkeenä.

Terbasiili

3-tert-butyyli-5-kloori-6-metyyliurasiili



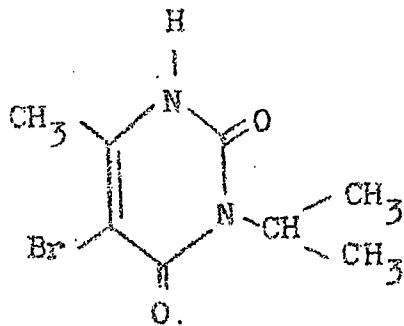
LD₅₀-arvo > 5000 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; maaherbisidi; ei varoaikaa eikä jäämätoleranssia.

Terbasiili on amerikkalaisen du Pont-yhtiön patentoima ja kauppanimellä Sinbar markkinoima keksintö vuodelta 1962. Se on melko voimakas ja nopeavaikutteinen maaherbisidi ja tehoaa useihin ruohovartisiin rikkakasveihin, etenkin heinälajeihin, kuten juolavehnään. Terbasiili säilyy maassa hajaantumatta noin 1-1½ vuoden ajan.

Terbasiili oli Suomessa kaupan ja hyväksyttyä rikkakasvien torjuntaan viljelemättömissä paikoissa sekä omenapuiden alustalle vuoteen 1978 saakka. Sen käyttömäärä vastasi 4-8 kg/ha tehoavaa ainetta.

B r o m a s i i l i

5-bromi-3-sec.-butyyli-6-metyyliurasiili



LD₅₀-arvo > 5000 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; maaherbisidi; ei varoaikaa eikä jäämätoleranssia.

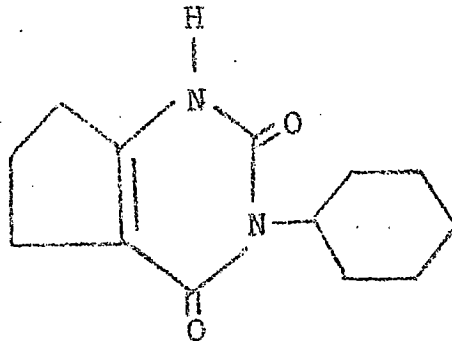
Bromasiili on du Pont-yhtiön patentoima ja kauppanimellä Hyvar X markkinoima keksintö vuodelta 1963. Se on edellistä voimakkaampi ja valikoimattomampi maaherbisidi ja soveltuu käytettäväksi vain viljelemättömissä paikoissa. Se tehoaa hyvin tai tyydyttävästi (A-a) muihin ruohovartisiin rikkakasveihin paitsi ei seuraaviin:

k	K
kortteet	hierakat
maitohorsma	kannusruoho
ohdakkeet	takiainen
volkukka	vesitatar

Bromasiili on helppoliukoisempi kuin esim. simatsiini, atratsiini, monuroni ja diuron, ja sen vuoksi se myös vaikuttaa nopeammin. Toisaalta bromasiili säilyy maassa hajaantumatta vain 1-1½ vuotta. Sen käyttömäärä on 4-8 kg/ha tehoavaa ainetta.

L e n a s i i l i

3-sykloheksyyli-5,6-trimetyyleniurasiiili



LD₅₀-arvo >11000 mg/kg; myrkyllisyysluokka III; ei varoaikaa eikä jäämätoleranssia.

Lenasiili on du Pent-yhtiön patentoima ja kauppanimellä Venzar markkinoima keksintö vuodelta 1966. Se on vaikealiukoisempi, hitaammin vaikuttava ja valikoivampi kuin muut urasiiliherbisidit. Beta-suvun viljelykasvit (juurikkaat) ja mansikka kestävät lenasiilia. Niiden kestävyysbiokemiallisia perusteita ei kuitenkaan tunneta.

Juurikasmailla lenasiilia käytetään ennen kylvöä matalaan (1-3 cm) muokattuna. Käyttömäärä on sokerijuurikkaalla ja rehujuurikkaalla 0,8-1,2 kg/ha tehoavaa ainetta ja punajuurikkaalla 0,8 kg/ha.

Mansikalla lenasiilia käytetään varhain keväällä ennen rikkakasvien kasvun alkamista tai syksyllä sadonkorjuun jälkeen. Aine imeytyy mansikkamaahan sadeveden ja/tai lumen sulamisveden mukana, joten sitä ei tarvitse mullata. Lenasiilin käyttömäärä mansikalla on 1,6-2,4 kg/ha tehoavaa ainetta.

Lenasiili tehoa parhaiten hikevillä hietamultamailla ("keveillä" kivennäismailla). Savimailla teho on heikompi ja multa- ja turve- mailla huono. Toisaalta vähämulltaisilla, karkeilla kivennäis- mailla, kuten moreenipohjaisilla harju- ja vaaraviljelyksillä, lenasiili tehoa "liian voimakkaasti" aiheuttaen viljeltävien kasvien viciittumista.

Lenasiili tehoa parhaiten hikevillä hietamultamailla ("keveillä" kivennäismailloilla). Savimailloilla teho on heikompi ja multa- ja turvemailloilla huono. Toisaalta vähämulltaisilla, karkeilla kivennäismailloilla, kuten moreenipohjaisilla harju- ja vaareviljelyksillä, lenasiili tehoa "liian voimakkaasti" aiheuttaen viljeltävien kasvien viottumista.

4.17. Luokittelemattomat heterosykliset typpiyhdisteet

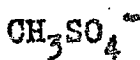
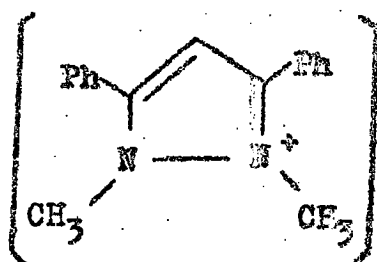
Edelliset neljä lukua (4.13.-4.16.) käsittelivät alla mainittuihin heterosyklisiin typpiyhdisteisiin luokiteltuja herbisidejä.

monatsiineja:	pyridiinit
1,2-diatsiineja:	pyridatsiinit
1,3-diatsiineja:	pyrimidiinit (urasili)
1,3,5-triatsiineja:	symmetriset triatsiinit

Näiden lisäksi käytetään herbisideinä muitakin, molekyyli- rakenteeltaan vaihtelevia ja sen vuoksi tässä lähemmin luokittelemattomia heterosyklisiä typpiyhdisteitä. Tärkeimmät näistä ovat seuraavat:

D i f e n t s o k v a t t i

1,2-dimetyyli-3,5-difenyylipyratsolium-ioni



LD₅₀-arvo 470 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; sisävaikutteinen lehtiherbisidi; ei varoaikaa eikä jäämätoleranssia.

Difentsokvatti on American Cyanamid-yhtiön vuonna 1973 patentoinut kationiherbisidi. Se on kaupan Avenge-nimisenä metyyli-sulfat-tisuolaksi (CH_3SO_4^-) formuloituna valmisteena.

Difentsokvatti on sisävaikutteinen lehtiherbisidi ja soveltuu vain hukkakeuran torjuntaan ohran viljelyssä. Aine levitetään kasvustoon myöhäisellä orasasteella eli oraiden pensomisvaihees-

sa, juuri ennen korrenkasvun alkua. Difentsokvatti imeytyy lehtiin ja versojen kasvusolukkaan, jossa se estää solujen jakaantumisen ja pituuskasvun. Tämän seurauksena hukkakauran kasvu pysähtyy ja se jää pensasasteelle kehittämättä tähkiä. Lisäksi hukkakauran lehtiin syntyy kellertäviä tai kloroottisia juovia.

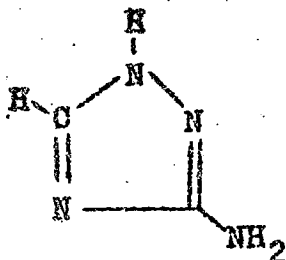
Difentsokvatti tehoa vain hukkakauraan. Sen vaikutuksen biokemiallista mekanismia ja selektiivisyyden perusteita ei lähemmin tunneta.

Difentsokvatti on, samoin kuin parakvatti ja dikvatti (vrt. s. 121-127), fytotoksinen vain ionimuodossa (katiooinina). Sen vuoksi difentsokvattia ei saa ruiskutettaessa sekoittaa muihin torjunta-aineisiin ja ruiskutukseen käytetyn veden tulee olla puhdasta. Jos ohraviljelyksellä halutaan käyttää muitakin herbisidejä, ne on ruiskutettava erikseen ja vähintään 5 vrk ennen difentsokvatin käyttöä.

Difentsokvatti on Suomessa kaupan Avenge 200 A-nimisenä 20-%:isena valmisteena. Sen käyttömäärä vastaa noin 1,5 kg/ha tehoavaa ainetta (6-7 l/ha 20-%:ista Avenge valmistetta) ja 250-300 mk/ha ainekustannusta.

A m i n o t r i a t s o l i

3-amino-1,2,4-triatsoli



ID₅₀-arvo 1100-2500 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; sisävaikutteinen lehtiherbisidi; ei varoaikaa; jäämätoleranssi 0,01 mg/kg.

Aminotriatsolin fytotoksiset ominaisuudet keksi sattumalta Amchem-yhtiön laboratorion kemisti W.W. Allen vuonna 1951. Hän oli käyttänyt aminotriatsolia yhtiön valokuvauslaboratoriossa kiinnittinä. Huuhdeltuaan käyttämänsä lasiastiat hän heitti huuhteluveden laboratorion pihanurmikolle. Viikon kuluttua nurmikko värjäytyi valkeaksi. Lisäksi Allenin kotipihan nurmikolle ilmaantui valkeita jalanjälkiä! Vuonna 1953 Amchem-yhtiö päätti Allenin ehdotuk-

sesta lähettää aminotriatsolinäytteitä eräisiin tutkimuslaitoksiin herbisidinä kokeiltavaksi. Tulosten osoittauduttua myönteiseksi Amchem-yhtiö patentoi ja markkinoi tuotteen vuonna 1954 kauppanimellä Weedazol.

Aminotriatsoli imeytyy kasvien lehdistä johtosolukkoon ja kulkeutuu johtojänteissä sekä alaspäin että ylöspäin. Se estää lehtivihreähiukkasten eli kloroplastien kehittymisen ja tämän seurauksena kasvit muuttuvat väriltään aivan valkeiksi (albino). Terveen ja sairastuneen solukon raja-alue on punertavaa. Oireet ilmaantuvat noin viikon kuluttua käsittelystä.

Aminotriatsoli inaktivoi kasveissa erään histidi^{1/}isyynteesissä tarpeellisen entsyymin ja tämä osaltaan myötävaikuttaa amitroliin fytotoksisuuteen.

Aminotriatsoli imeytyy kasveihin hiukan myös maasta käsin ja hajaantuu maassa vasta 1-3 kuukauden kuluessa.

Aminotriatsoli on lähes valikoimaton. Vain eräät Vaccinium-suvun kasvit, kuten karpalo ja mustikka kestävät vioittumatta melko suuriakin amitroliannoksia. Pieniä amitroliannoksia kestävät lisäksi havupuut sekä kauran oraat 2/3-lehtiasteella.

Aminotriatsolia käytettiin 1950- ja 1960-luvuilla yleisesti ruohovartisten rikkakasvien valikoimattomaan torjuntaan, etenkin syväjuuristen kestorikkakasvien hävittämiseksi viljelemättömissä paikoissa, yleisimmin rautateiden kiskotusalueella, peltoviljelyksillä kesannossa ja sadonkorjuun jälkeen, puutarhanviljelyssä omenapuiden alustalla sekä metsätaloudessa ohjattuina käsittelyinä havupuiden taimipenkeissä ja istutusaloilla.

USA:ssa aminotriatsolia käytettiin vuoteen 1960 saakka myös valikoivaan rikkakasvien torjuntaan karpaloviljelyksillä. Jäämien välttämiseksi aine oli hyväksytty vain karpaloviljelysten syksykäsittelyyn. Vuonna 1959 eräät Oregonin osavaltion karpaloviljelijät käyttivät aminotriatsolia vastoin ohjeita keväällä, ja tämän seurauksena karpalosadossa todettiin aminotriatsolijäämiä. Liittovaltion elintarvikeviranomaiset julistivat sen

vuoksi takavarikkoon USA:n koko vuoden 1959 karpolosadon, raharvoltaan 15 milj. dollaria.

Ruotsissa havaittiin 1960-luvun puolivälissä, että kaura kestää 2/3-lehtiasteella amitrolia pienen annoksen, 0,8 kg/ha. Tämä annos riittää vioittamaan juolavehnän oraita siinä määrin, että kaura pääsee kasvilajien keskinäisessä kilpailussa juolavehnästä voitolle ja tukehduttaa juolavehnän kasvun. Samalla aminotriatsoli tuhoaa useimmat yrttimäiset kertarikkkakasvit, ei kuitenkaan savikkaa eikä tatarlajeja (k). Aminotriatsolin käyttö juolavehnän torjuntaan hyväksyttiin virallisesti Ruotsissa ja Norjassa 1966 ja Suomessa 1969.

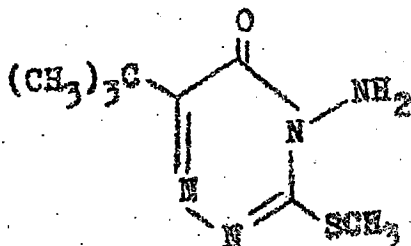
Aminotriatsolia koskevat toksikologiset tutkimukset olivat kuitenkin jo 1950-luvulla osoittaneet, että tämä aine heikentää kilpirauhasen toimintaa ja saattaa suurina annoksina aiheuttaa koe-eläimissä struuman kehittymisen. Useimmissa koe-eläinlajeissa tämä oire todettiin ohimeneväksi (palautuvaksi eli reversiibeliksi), mutta eräissä koe-eläimissä struuma jäi pysyväksi (krooniseksi). Myöhemmin (1960-luvulla) amitrolin todettiin aiheuttavan koe-eläimissä myös kroonisia maksaoireita. Lisäksi Ruotsin rautateillä 1970-luvun alkupuolella tehdyn epidemiologisen tutkimuksen tulokset viittaavat mahdollisuuteen, että pitkäaikainen altistuminen aminotriatsolille saattaisi aiheuttaa ruiskutustyötä suorittavissa henkilöissä keuhkosityöpää. Näiden tutkimustulosten nojalla aminotriatsolin käyttö kiellettiin monissa maissa. Myös Suomessa aminotriatsolin käyttöä rajoitettiin. Nykyisin se on Suomessa sallittu (hyväksytty) käytettäväksi vain kasvavassa kaurassa.

Aminotriatsolin käyttömäärä 0,8 kg/ha tehoavaa ainetta vastaa vain 50 mk/ha ainekustannusta. Sen vuoksi aminotriatsoli on Suomessa hyvin suosittu juolavehnän torjunta-aine. Sillä vuosittain käsitelty kaura-ala on noin 70 000-80 000 ha.

Jos kaurapellossa esiintyy runsaasti savikkaa, voidaan aminotriatsoliin lisätä MCPA:ta puolet kevätiljoissa normaalisti käytettävästä määrästä.

M e t r i b u t s i i n i

4-amino-6-tert.-butyyli-4,5-dihydro-3-metyylitio-1,2,4-triat-
siini-5-oni



LD₅₀-arvo > 2000 mg/kg; myrkylli-
syyssluokka II; lehti/maaherbisidi;
ei varoaikaa eikä jäämätoleranssia.

Metributsiini on saksalaisen Bayer-yhtiön patentoima ja kaup-
panimellä Sencor markkinoima keksintö vuodelta 1968. Metribut-
siini imeytyy kasveihin sekä lehtien kautta että maasta käsin.
Se on voimakas fotosynteesin inhibiittori ehkäisten elektronien
siirron lehtivihreähiukkaselle sekä fotosynteesin I vaiheessa
(Hill reaktio) että fototynteesin II vaiheessa (plastokinoni).
Oireet ilmenevät ensin lehtien kalpeutumisenä ja sitten lakastu-
misena, samaan tapaan kuin urea-, triatsiini- ja urasiiliherbi-
sidien aiheuttamat oireet.

Metributsiini tehoaa hyvin tai tyydyttävästi muihin yrttimäi-
siin kertarikkasveihin paitsi ei seuraaviin:

k
matarat

K
kiertotatar

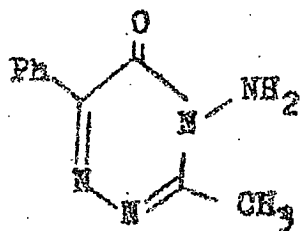
Suomessa viljellyistä peltokasveista vain peruna kestää metri-
butsiinia. Perunamaa ruiskutetaan istutuksen jälkeen, ennen pe-
runan taimelle tuloa tai viimeistään perunan ollessa 5-6 cm:n
mittaisella taimiasteella. Metributsiinin käyttömäärä on vähä-
multaisilla hietamailla 0,5 kg/ha, savimailla ja eloperäisillä
mailla 1,0 kg/ha tehoavaa ainetta (0,75-1,5 kg/ha 70-%:ista
Sencor-valmitetta).

Metributsiini hajaantuu maassa vain osittain yhden kasvukauden
kuluessa. Jos käsitellyssä maassa viljellään seuraavana vuonna

muuta kasvia kuin perunaa, on maa kynnettävä syksyllä noston jälkeen. Ristikukkaisia kasveja ei metributsiinilla käsittelyssä maassa voi viljellä vielä seuraavanakaan vuonna.

M e t a m i t r o n i

4-amino-6-fenyyli-4,5-dihydro-3-metyyli-1,2,4-triatsiini-5-oni



LD₅₀-arvo > 3000 mg/kg; myrkyllisyyslukka II; lehti/maaherbisidi; ei varoaikaa eikä jäämätoleranssia.

Metamitroni on Bayer-yhtiön patentoima ja kauppanimellä Goltix markkinoima keksintö vuodelta 1975. Metamitroni muistuttaa metributsiinia sekä molekyyliarakenteeltaan että vaikutustavaltaan, mutta poikkeaa siitä erilaisen selektiivisyytensä puolesta. Suomessa viljellyistä peltokasveista vain sokerijuurikas kestää metributsiinia. Aine tehoaa useimpiin yrttimäisiin kertarikkasveihin.

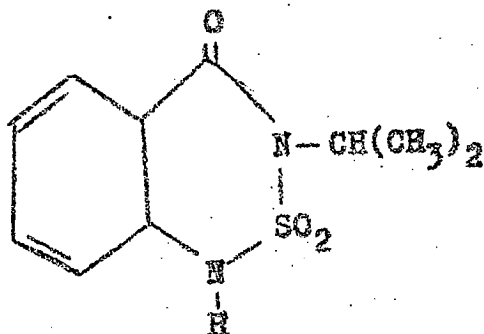
Metamitroni levitetään juurikasmaalle joko (a) kylvön yhteydessä, ennen viimeistä kylvömuokkausta, (b) heti kylvön jälkeen tai (c) sokerijuurikkaan taimettumisen jälkeen, aikaisintaan silloin, kun juurikkaan taimissa on sirkkalehtien lisäksi yksi kasvulehtipari. Metamitronin käyttömäärä kylvön yhteydessä on 3,5 kg/ha ja taimettumisen jälkeen 2-3 kg/ha tehoainetta (3-5 kg/ha 70-%:ista Goltix-valmistetta).

4.18. Muita heteroatomeja sisältävät sykliiset yhdisteet

Tähän ryhmään luetaan ne herbisideinä käytetyt heterosykliset yhdisteet, joiden molekyyliarenkaaseen sisältyy muitakin heteroatomeja kuin typpeä.

Bentatsoni

3-isopropyyli-(1 H)-bentso-2,1,3-tiadiatsiini-4-oni-2,2-dioksidi



ID₅₀-arvo > 1000 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; kosketusvaikutteinen lehtiherbisidi.

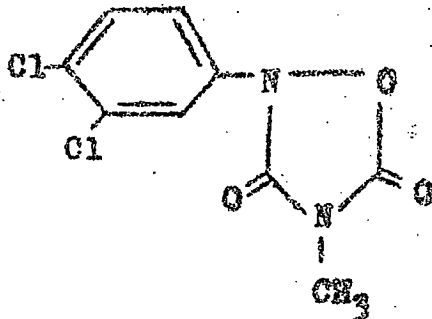
Bentatsoni on BASF-yhtiön patentoima ja kauppanimellä Basagran markkinoima keksintö vuodelta 1968. Se on kosketusvaikutteinen lehtiherbisidi ja tehoa lehtien kautta useihin yrttimäisiin kertarikkakasveihin nuorella taimiasteella. Maasta käsin bentatsonilla on vain lievä vaikutus ja se hajaantuu maassa 1-3 kauden kuluessa.

Bentatsonin vaikutuksen biokemiallisia perusteita ei tunneta. Sen aiheuttamat oireet muistuttavat urea- ja triatsiiniherbisidien aiheuttamia. Heinämäiset viljelykasvit kestävät bentatsonia crasasteella, samoin apilat, herne ja härkäpapu taimiasteella.

Suomessa esiintyvistä yrttimäisistä kertarikkakasveista ovat matarat sekä eräät mykerökukkaisten heimoon kuuluvat lajit, kuten saunakukka ja linnunkaali, melko arkoja (a) bentatsonille. Sen sijaan pillikkeet ja orvokki ovat melko kestäviä (k), ja tämä seikka rajoittaa suuresti bentatsonin käyttömahdollisuuksia. Aine on meillä kaupan sekä pelkkänä (Basagran) että MCPA-pitoisena seoksena (Basagran M). Edellinen on hyväksytty käytettäväksi kevätiljoissa, myös apilanurmen suojaviljassa, sekä herneellä ja härkäpavulla. Jälkimmäinen on hyväksytty samoille kasveille paitsi ei härkäpavulle. Bentatsonin käyttömäärä on yksinään 0,75-1 kg/ha ja MCPA-pitoisena seoksena 1-1,5 kg/ha tehoainetta. MCPA:n osuus Basagran M-seoksessa vastaa 0,4-0,5 kg/ha tehoainetta.

M e t a t s o l i

2-(3,4-dikloorifenyyl)-4-metyyli-1,2,4-oksadiatsolidiini-3,5-dioni



LD₅₀-arvo > 1000 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; lehti/maaherbisidi.

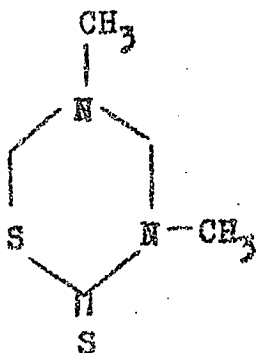
Metatsoli on amerikkalaisen Velsicol-yhtiön patentoima ja kaupanimellä Probe markkinoima keksintö vuodelta 1968. Se tehoaa useihin yrttimäisiin ja heinämäisiin kertarikkakasveihin, suurina annoksina myös kestorikkakasveihin, sekä lehtien kautta että maasta käsin. Metatsoli säilyy maassa hajaantumatta ainakin 6 kuukautta.

Metatsolin vaikutuksen biokemiallisia perusteita ei tunneta. Sen aiheuttamat oireet muistuttavat urea- ja triatsiiniherbisidien aiheuttamia.

Metatsoli on Kasvinsuojelulaitoksella kokeiltavana käytettäväksi hedelmäpuiden ja marjapensaiden alustalla (10 kg/ha) sekä perunalla istutuksen jälkeen ennen taimettumista (6 kg/ha) ja sipulilla taimettumisen jälkeen (2,5 kg/ha). Ainetta ei ole Suomessa toistaiseksi virallisesti hyväksytty.

D a t s o m e t t i

tetrahydro-3,5-dimetyyli-2H-1,3,5-tiadiatsiini-2-tioni



LD₅₀-arvo 640 mg/kg; myrkyllisyysluokka II; kaasuntuva maandefiointiaine.

Datsometti on amerikkalaisen Stauffer-yhtiön patentoima ja kaupanimellä Mylone markkinoima keksintö vuodelta 1952. Datsomettia

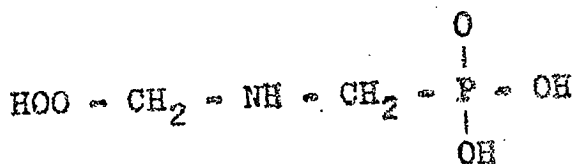
käytetään kasvihuone- ja lavamullan desinfiointiin. Se tappaa maasta kasvitautoja aiheuttavat tuhosienet sekä ankeroiset ja rikkasiemenet. Aine levitetään hienoksi muokattuun maahan ja sekoitetaan multa ankerasvärmällä tai muulla tavoin muokkaamalla. Datsometin käyttömäärä on 25 g/m^2 tehcainetta (30 g/m^2 85-%:ista Mylone-valmistetta). Muokkauksen jälkeen maa kastellaan perusteellisesti (vesimäärä 5 l/ha).

Datsometti on myrkyllistä kaikille kasveille, joten maa voidaan kylvää tai istuttaa viljelykasveille vasta datsometin hajaannuttua. Tähän kuluu 10°C :n lämpötilassa noin 12 kuukautta, $10\text{--}15^\circ\text{C}$:ssa 6-8 viikkoa ja $15\text{--}20^\circ\text{C}$:ssa 2-3 viikkoa.

4.19. Luokittelemattomat orgaaniset herbisidit

G l y f o s a a t t i

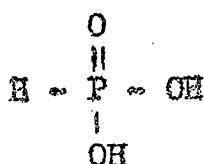
N-(fosfonometyyli)-glysiini



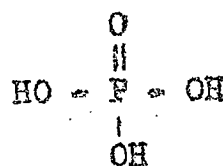
(sisävaikutteinen)
 LD_{50} -arvo $> 4000 \text{ mg/kg}$; myrkyllisyysluokka III; lehtiherbisidi; varoaika 7 vrk; jäämätoleranssi $2,0 \text{ mg/kg}$.

Glyfosaatti on Monsanto-yhtiön patentoima ja kauppanimellä Roundup markkinoima keksintö vuodelta 1971. Sen molekyyli-runko koostuu kahdesta komponentista, joista toinen on glysiini eli glykogolli eli aminoetikkahappo $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$ ja toinen on fosforihapokkeen metyyliyhdiste eli fosfonometyyli $\text{CH}_3\text{-H}_2\text{PO}_3$.¹⁾

1) Fosforihapoketta nimitetään fosforihapoksi silloin, kun se muodostaa orgaanisia yhdisteitä. Fosforihapokkeen metyyliyhdiste on sen vuoksi nimeltään fosfonometyyli. Fosforihapokkeen rakennekaava puuttuu useimmista kemian oppikirjoista. Se poikkeaa ortofosforihapon rakennekaavasta seuraavasti:



fosforihapoke



ortofosforihappo

Glyfosaatti on 1970-luvun herbisidikeksinnöistä merkittävin, ja sen vuotuinen käyttö ylitti jo 1970-luvun lopulla 10 milj. ha. Glyfosaatti on lähes valikoimaton lehtiherbisidi ja kulkeutuu johtojänteitä pitkin lehdistä juurakkoihin tehokkaammin kuin mikään tähän asti tunnettu herbisidi. Kulkeutumisen on todettu tapahtuvan hyvin nopeasti, 24 tunnin kuluessa. Toisaalta glyfosaatin aiheuttamat fytotoksiset oireet ilmenevät hyvin hitaasti, vasta noin 10-15 päivän kuluttua käsittelystä. Glyfosaatin hyvä kulkeutuminen johtuneekin juuri sen myrkyvaikutuksen hitaudesta, ts. glyfosaatti ei turmele johtosolukkoa liian nopeasti.

Glyfosaatin myrkyvaikutuksen oletetaan perustuvan siihen, että se häiritsee erään aromaattisen aminohapon, tryptofaanin synteesiä. Ruohovartisissa kasveissa oireet ilmenevät versojen lakastumisena. Puuvartisissa kasveissa esiintyy usein myös lehtien epämuodostumista (epinastia) ja versojen epätavallisen runsasta haaroittumista (proliferaatio).

Lähes kaikki ruohovartiset kasvit ovat osoittautuneet glyfosaatille hyvin arkoiksi (A). Erityisen herkkiä ovat eräät heinämäiset lajit, kuten juolavehänä ja järviruoko eli "kaisla" (A+). Vain kortteet ovat osoittautuneet glyfosaatille melko kestäviksi (k).

Puuvartisista kasveista kaikki Suomessa esiintyvät lehtipuut ovat glyfosaatille hyvin arkoja (A). Havupuut ovat hyvin kestäviä (K), puolukka ja sammalet melko kestäviä (k) sekä mustikka ja poronjäkälä melko arkoja (a).

Glyfosaatti vaikuttaa kasveihin miltei yksinomaan lehtien kautta. Maasta kasvit pystyvät imemään glyfosaattia vain vajaa 0,3 % käytetystä määrästä. Glyfosaatilla ei sen vuoksi ole fytotoksista vaikutusta maasta käsin. Glyfosaatin puoliintumisaika maassa on alle kaksi kuukautta.

Glyfosaatti hajaantuu kasvien vegetatiivisissa osissa yleensä hyvin nopeasti, muutaman viikon kuluessa. Pääasiallinen hajoantumistuote on aminometyylifosforihapoke, joka nopeasti hajaantuu

edelleen hiilidioksidiksi ym. Metsämarjoissa ja poronjäkälässä glyfosaatin on todettu säilyvän hajaantumatta kasvukauden loppuun saakka.

Glyfosaatti tehoaa parhaiten keski- ja loppukesällä sekä yleensä silloin, kun rikkakasvit ovat rehevässä kasvuvaiheessa. Suomessa glyfosaatti on hyväksytty käytettäväksi ruohovartisten rikkakasvien valikoimattomaan torjuntaan viljelemättömissä paikoissa sekä viljelysmaalla kesannoimisen aikana ja sadonkorjuun jälkeen. Lisäksi glyfosaatti on hyväksytty vesakoiden torjuntaan havumetsän uudistusaloilla. Glyfosaatin käyttömäärä on ruohovartisten rikkakasvien torjunnassa noin 1,5-2 kg/ha ja vesakontorjunnassa 0,5-0,75 kg/ha tehoavaa ainetta (4-6 l/ha ja 1,5-2 l/ha 36-%:ista Roundup-valmistetta).

