



Foto: Andreas Günther

Plantevernmidlerresistens hos skadedyr

Alle skadedyr kan i utgangspunktet bli resistente mot kjemiske midler dersom det sprøytes for ofte og ensidig. I dette temaarket kan du lese om:

1. Hva resistens er
2. Hvordan resistens oppstår
3. Resistensmekanismer
4. Biokjemisk virkemåte
5. Kryssresistens og multiresistens
6. Faktorer som gir risiko for resistensutvikling
7. Tiltak som motvirker resistens

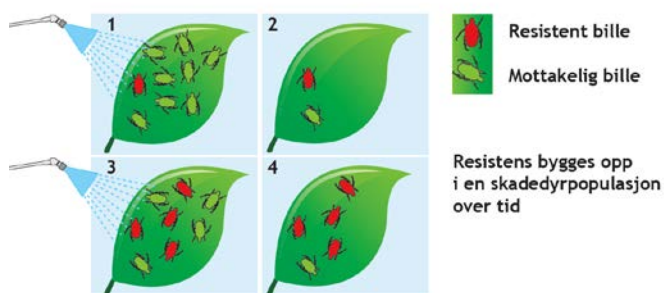
Noen av IPV-veilederne har lenke til kulturspesifikke anti-resistensstrategier

1. HVA ER RESISTENS?

Resistens betyr motstandsdyktighet. Resistente skadedyr har utviklet overlevelsesmekanismer som gjør dem motstandsdyktige mot kjemiske plantevernmidler. Hvis resistensen er høy nok vil de overleve kjemiske behandlinger som normalt skulle ha drept dem. Resistens fører til at plantevernmidlene mister virkningen. Hvis resistensen først har bygd seg opp til et praktisk bekjempelsesproblem er det som oftest vanskelig å gjøre noe med det. Resistens må derfor forebygges.

2. HVORDAN OPPSTÅR RESISTENS?

Det genetiske grunnlaget for resistens finnes i alle skadedyrpopulasjoner, også hos populasjoner som ikke har vært eksponert for kjemiske plantevernmidler noen gang. Dette kan skyldes at noen individer i populasjonen allerede har gener som gjør dem mer tolerante mot et kjemisk middel enn andre. Det kan også oppstå spontane genmutasjoner hos noen individer som gjør dem resistente. Hver gang det sprøytes med et kjemisk middel vil de mest resistente individene overleve og få avkom, mens de følsomme individene dør. Dette er forenklet vist i figur 1. Resistens er arvelig, og overføres derfor fra en generasjon skadedyr til den neste. Hvis den kjemiske behandlingen gjentas ofte og de resistente individene som overlever har god konkurranse- og formeringssevne (har høy fitness), vil andelen av resistente skadedyr utgjøre en stadig større del av populasjonen. Dermed vil skadedyrpopulasjonen over tid bli mindre og mindre følsomme for det kjemiske midlet, og i verste fall kan midlet miste virkningen helt.



Figur 1. Sprøyting med samme skadedyrmiddel mange ganger etter hverandre er i praksis å drive avl på resistente skadedyr. Figuren viser et forenklet eksempel på hvordan resistens kan bygge seg opp i en tenkt billepopulasjon: 1) Det sprøytes på en populasjon med 11% resistente biller. 2) De fleste mottakelige billene dør, mens de resistente billene overlever og oppformerer seg. 3) Det sprøytes på nytt på populasjonen som nå har 50% resistente biller. 4) Seleksjonen og oppformeringen av resistente biller gjentas, og i eksemplet har populasjonen fått 83% resistent biller. Illustrasjon: Erling Fløistad.

3. RESISTENSMEKANISMER

Det kan oppstå flere typer resistensmekanismer hos skadedyr. To mekanismer som ofte blir påvist er:

- **Metabolsk resistens**, dvs. at skadedyret øker produksjonen av enzymer som bryter ned eller bygger om det kjemiske midlet til ufarlige forbindelser.
- **Endret virkested (target-site resistens)**, dvs. at reseptoren for det kjemiske midlet i skadedyret forandres slik at det kjemiske midlet ikke kan binde seg til virkestedet.

Skadedyrene kan også redusere kontakten med, eller opptaket av, det kjemiske midlet, uskadeliggjøre det kjemiske midlet ved å lagre det og skille det ut, eller kompensere for giftvirkningen av midlet. Flere resistensmekanismer kan virke sammen. Hvilke resistensmekanismer som utvikles, og hvordan de nedarves og påvirker skadedyrets biologi (f.eks. formeringsevne), har betydning for hvordan resistensen utvikler seg i skadedyrpopulasjonen og for hvilke tiltak som best kan motvirke resistensutviklingen.

4. BIOKJEMISK VIRKEMÅTE HOS KJEMISKE SKADEDYRMIDLER

For å redusere risikoen for at skadedyrene utvikler resistens er det viktig å veksle mellom å bruke midler som har forskjellige biokjemiske virkemåter (også kalt virkningsmekanismer).

De kjemiske midlene deles opp i grupper etter hvilken biokjemisk virkemåte de har, dvs. hvilke molekyler og fysiologiske prosesser hos skadedyret de angriper. Hver middelgruppe har fått sin unike tall- og bokstavkode etter et internasjonalt klassifiseringsssystem utarbeidet av Insecticide Resistance Action Committee (IRAC 2020). Eksempler på to middelgrupper med forskjellige biokjemiske virkemåter er pyrethroider (gruppe 3A), som virker på en spesifikk prosess i overføringen av nervesignaler hos skadedyret og bifenazat (gruppe 20D) som virker på en spesifikk prosess i energiomsetningen. **Hypig og ensidig bruk av kjemiske midler med samme biokjemiske virkemåte (f.eks. mange behandlinger med pyrethroider etter hverandre) gir sterk seleksjon av de individene i skadedyrpopulasjonen som har utviklet mekanismer som gjør dem resistente mot det aktuelle midlet, og medfører derfor stor risiko for resistens.**

Midler som har bare ett spesifikt virkested («single-site-preparater») har bare ett angrepspunkt i kroppen til skadedyret. Det utvikles lettest resistens mot disse midlene fordi det bare trengs endring i ett enkelt eller få gener for at resistens skal oppstå. Resistens mot midler som har flere virkesteder («multi-site-preparater») oppstår ikke like lett fordi det må en større genetisk endring til for at skadedyrene skal bli resistente. *Se oversikt over biokjemiske virkemåter i tabellen «Info om yrkespreparater».*

5. KRYSSRESISTENS OG MULTIRESISTENS

Dersom skadedyrene utvikler resistens mot ett kjemisk middel kan de samtidig bli resistente mot andre midler i samme gruppe selv om disse ikke har vært brukt mot skadedyret. Årsaken er at midler som har samme biokjemiske virkemåte kan bli uskadeliggjort av samme resistensmekanisme hos skadedyret. Dette kalles kryssresistens. Eksempel: I tabellen nedenfor er det listet opp tre pyretrorider. Disse har samme biokjemiske virkemåte. Dersom skadedyrene utvikler resistens mot Karate 5 SC kan de samtidig bli helt eller delvis resistente mot Decis Mega EW 50, Mavrik og Evure Nevo også.

Handelspreparat	Virksomt stoff	Kode for biokjemisk virkemåte	Kjemisk gruppe
Karate 5 CS	Lambda-cyhalotrin	3A	Pyretrorider og pyretriner
Decis Mega EW 50	Deltametrin	3A	Pyretrorider og pyretriner
Mavrik, Evure Nevo	Tau-fluvalinate	3A	Pyretrorider og pyretriner

Kryssresistens kan også oppstå mellom midler som har litt forskjellige biokjemiske virkemåter. Dette kan f.eks. skje ved at skadedyrene øker produksjonen av en type avgiftningsenzymmer som kan bryte ned flere ulike typer av kjemiske forbindelser. I slike tilfeller vil utvikling av resistens mot en bestemt kjemisk gruppe av skadedyrmidler automatisk kunne føre til helt eller delvis resistens mot midler i en annen kjemisk middelgruppe.

Skadedyrene kan utvikle og akkumulere flere resistensmekanismer som til sammen gir resistens mot flere midler med forskjellige biokjemiske virkemåter. Dette kalles multiresistens. Eksempel: I tabellen nedenfor er det listet opp midler med tre forskjellige biokjemiske virkemåter: Evure Nevo, Movento 100 SC og Teppeki. En skadedyrpopulasjon som blir behandlet for ofte kan i verste fall utvikle flere forskjellige resistensmekanismer som gjør at den blir resistent mot alle de tre midlene.

Handelspreparat	Virksomt stoff	Kode for biokjemisk virkemåte	Kjemisk gruppe
Evure Neo	Tau-fluvalinate	3A	Pyretrorider og pyretriner
Movento 100 SC	Spiro-tetramat	23	Tetronsyre og tetramatsyrederivater (ketoenoler)
Teppeki	Flonikamid	29	Flonikamid

Multiresistens oppstår som en følge av flere atskilte seleksjonsprosesser samtidig eller i tid. Skadedyr kan bli multiresistente hvis:

- midler med forskjellige biokjemiske virkemåter blir brukt for ofte mot en skadedyrpopulasjon, f.eks. at man veksler mellom å bruke Evure Neo (eller et annet pyreteroid, gruppe 3A), Movento 100 SC (gruppe 23) og Teppeki (gruppe 29), men sprøyter mange ganger hver sesong.
- et middel i en ny kjemisk gruppe brukes ensidig etter at skadedyret først har blitt resistent mot et middel i en annen kjemisk gruppe, f.eks. hvis man går over fra ensidig pyreteroid-sprøyting (gruppe 3A) til ensidig sprøyting med Movento (gruppe 23)
- det veksles mellom for få biokjemiske virkemåter i forhold til risikoen for resistens i den gitte situasjonen
- tankblandinger brukes feil. På generell basis frarådes tankblandinger pga. faren for kryss- og multiresistens. Tankblandinger bør brukes under veiledning.

6. RISIKO FOR RESISTENSUTVIKLING

Hvor fort resistensutviklingen skjer og hvor stabil resistensen blir er avhengig av egenskaper både hos skadedyret og det kjemiske midlet, og av hvordan det kjemiske midlet blir brukt mot skadedyret (figur 2). Noen av de viktigste risikofaktorene er nevnt her.

Resistens oppstår gjerne raskest hos **skadedyr** som har kort generasjonstid og stor formeringsevne. Disse artene kan bli behandlet med kjemiske midler i flere generasjoner i løpet av vekstsesongen, og de overlevende resistente individene oppformerer seg raskt etter hver sprøyting. Resistente skadedyr kan følge med importert plantemateriale eller bli fraktet til Norge med vinder fra andre land. I 2016 og 2019 ble det f.eks. funnet pyretroidresistens hos immigrerende kålmøll.

Insektmidler som har kun ett spesifikt virkested, bredspektret virkning og lang virkningstid er mest utsatt for resistensutvikling. Lang virkningstid gjør at skadedyrpopulasjonen blir eksponert over lang tid. Nedbrytingen av det virksomme stoffet vil etter hvert svekke giftvirkningen, samtidig som skadedyrene kanskje utvikler seg til mer motstandsdyktige stadier. Dette kan føre til at individer med lav resistens kan overleve og hopes opp i populasjonen, noe som kan gi høy resistens på sikt. Bredspektrede midler dreper naturlige fiender som ellers kunne bidratt til å holde skadedyrene under den økonomiske skadeterskelen. Dessuten påvirker bredspektrede midler ikke bare de skadedyrartene den kjemiske behandlingen er rettet mot, men også andre skadedyrarter som er tilstede i kulturen når det behandles. Disse kan dermed også utvikle resistens og bli mer alvorlige skadedyr.

Bruken av de kjemiske midlene har stor betydning hvor fort resistensutviklingen skjer. Bekjempelse som i stor grad er basert på kjemiske midler gir stort seleksjonspress på resistens hos skadedyrene og er skadelig for de naturlige fiendene som kunne ha bidratt til å bekjempe dem.

Hypig og ensidig bruk av midler med samme biokjemiske virkemåte gir stor risiko for resistensutvikling. Andre faktorer som kan bidra til økt

resistensrisiko er rutinesprøyting «for sikkerhets skyld», for dårlig dekningsgrad, for sein behandling i forhold til angrepsgrad og feil behandlingstidspunkt i forhold til skadedyrets utviklingsstadium.

Hvordan bruk av lavere dose enn normaldosene virker inn på resistensrisikoen er lite undersøkt når det gjelder skadedyr. Om risikoen øker eller reduseres vil sannsynligvis være avhengig av hvilke andre resistensdrivende eller -hemmende faktorer som er tilstede i den aktuelle situasjonen. For eksempel kan reduserte doser føre til økt overlevelse av delvis resistente individer, noe som igjen kan føre til høyere resistens i skadedyrpopulasjonen på sikt. Men bruk av lavere doser kan også beskytte skadedyrenes naturlige fiender slik at behovet for kjemisk behandling reduseres, noe som kan redusere resistensrisikoen.

Intensiv kjemisk behandling over store, sammenhengende arealer gir potensiell stor fare for resistensutvikling fordi en stor del av skadedyrene i området blir eksponert til de kjemiske midlene gjentatte ganger. Skadedyr som har mange vertplanter kan flytte seg fra kultur til kultur, og bli utsatt for flere kjemiske behandlinger i de ulike kulturene. Resistens som oppstår hos én produsent kan spres seg til flere produsenter. Derfor er det en fordel om dyrkingsdistriktene samarbeider om en felles anti-resistensstrategi.



Figur 2. Det er størst risiko for resistensutvikling når kjemiske midler med samme biokjemiske virkemåte brukes gjentatte ganger mot skadedyr som har flere generasjoner per år og oppformerer seg raskt. Jo oftere og mer ensidig et middel brukes, jo større er resistensrisikoen.

7. GENERELLE TILTAK FOR Å MOTVIRKE RESISTENS

Resistens motvirkes best ved å ta i bruk integrert plantevern, dvs. bruke varsling og skadeterskler der dette finnes, og sette inn alle tilgjengelige ikke-kjemiske tiltak for å redusere angrep og skade slik at behovet for å bruke kjemiske midler blir så lavt som mulig (IPV-prinsippene 1-6).

Kjemiske midler skal brukes på en måte som gir minst mulig risiko for resistensutvikling (IPV-prinsipp 5-8):

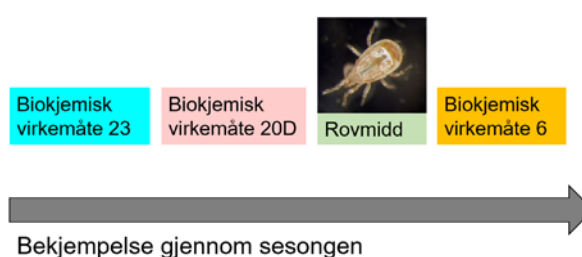
- Lag en plan for hvordan kjemiske midler o.a. plantevern tiltak skal brukes for å minimere risikoen for resistens. Planen bør omfatte alle skiftene på eiendommen.
- Resistens forebygges best over større områder, derfor er samarbeid mellom naboeiendommene om tiltak mot resistens en fordel. Husk at resistente skadedyr kan flytte seg fra en eiendom til en annen.
- Hold oversikt over resistenssituasjonen på egen eiendom og i områdene rundt. Hvilke midler som brukes og behandlingsintensiteten i et område påvirker hvilke midler skadedyrene på stedet utvikler resistens mot og hvor resistente de blir. Det kan derfor være lokale forskjeller i resistensprofilen hos et bestemt skadedyr.
- Vær oppmerksom på faren for å få inn resistente skadedyr med innkjøpte planter (både norske og importerte).

Når det er nødvendig med kjemisk behandling:

- Veksle mellom å bruke midler med ulike biokjemiske virkemåter, både innen og mellom vekstsesonger (figur 3). Dersom kjemiske midler er eneste bekjempelsesmetode og skadedyrene lett kan utvikle resistens (stor resistensrisiko) bør det som en tommelfingerregel veksles mellom midler med minst 3 forskjellige biokjemiske virkemåter.
- Følg dosering og antall behandlinger på etiketten. Sørg for optimal sprøyteteknikk slik at virkningen på skadedyrene blir god.
- Søk råd om tankblanding, feil blanding kan øke risikoen for resistens.
- Ta mest mulig vare på skadedyrenes naturlige fiender, både de som finnes naturlig i kulturen og nyttedyr som er satt ut som biologisk bekjempelse:

- Velg kjemiske midler som er skånsomme mot skadedyrenes naturlige fiender, men pass likevel på at middelbruken ikke blir for ensidig hvis det må sprøytes ofte
- Tilpass sprøytetidspunkt og/ eller la noen steder stå usprøytet for å skåne naturlige fiender hvis dette er mulig uten at dette fører til dårlig kontroll av skadedyret og økt antall kjemiske behandlinger.

- Sjekk effekten av den kjemiske behandlingen. Hvis det oppstår resistens er det viktig å vite dette så fort som mulig slik at riktig mottiltak kan settes inn tidlig.



Figur 3. For å motvirke resistens er det viktig å veksle på å bruke midler med forskjellige biokjemiske virkemåter og la naturlige fiender få gjøre en god jobb.

Ved mistanke om resistens

Dårlig virkning av et plantevern middel kan ha andre årsaker enn resistens. Det kan være mistanke om resistens dersom du kan svare ja på alle punktene nedenfor, og likevel har fått uvanlig dårlig virkning av en behandling:

- Har skadedyret blitt **riktig identifisert**?
- Er plantevern midlet **anbefalt brukt** mot den aktuelle skadedyret?
- Ble behandlingen utført **tidsnok i forhold til angrepsgraden**?
- Var skadedyrene i et **mottakelig utviklingsstadium** da de ble behandlet?
- Har **bruksrettledningen** på plantevern middel-etiketten vært fulgt?
- Var **sprøyteteknikken** og **dekningsgraden** optimal?
- Var **sprøyteutstyret** testet og i orden?
- Var **værforholdene** under behandlingen gode nok?

Søk råd hos den lokale veiledningstjenesten hvis du har mistanke om resistens.

LES MER:

1. Fajardo, M.B., Johansen, N.S., Trandem, N., Henriksen, J.K. 2020. Anti-resistensstrategi: Skadedyr i jordbær på friland NIBIO POP 6 (12): 6 s. <https://hdl.handle.net/11250/2649066>
2. IRAC (2020). The IRAC mode of action classification online. Insecticide Resistance Action Committee IRAC, <https://irac-online.org/modes-of-action/>. Besøkt 16. April 2020
3. Johansen, N.S., Asalf, B., Eikemo, H., Ficke, A., Herrero, M., Le, V.H., Netland, J., Ringselle, B., Schjøll, A.F., Stensvand, A., Strømeng, G.M. 2017. Plantevernmidelresistens hos skadegjørere i norske jord- og hagebrukskulturer. NIBIO Rapport 3 (150): 60 s. <http://hdl.handle.net/11250/2481104>
4. Johansen, N.S., Fajardo, M.B., Schjøll, A.F., Strand, E., Thøming, G. 2019. Glansbillene er resistente. Hva nå? Norsk Landbruk nr. 01/02-2019: 50-51.
5. Johansen, N.S., Trandem, N., Fajardo, M.B., Gauslå, E., Helgheim, M., Henriksen, J.K. 2019. Tegn til resistens hos veksthuspinnmidd i bær. Norsk Frukt og Bær 22 (2)-2019: 30-31.
6. Johansen, N.S., Nielsen, K.A.G., Ringselle, B., Fajardo, M.B., Gauslå, E., Stensvand, A., Strømeng, G.M. 2019. Plantevernmidelresistens i norske jord- og hagebrukskulturer. Resultater fra kartlegging og overvåking i 2018. NIBIO Rapport 5 (25): 25 s. <http://hdl.handle.net/11250/2596512>
7. Johansen, N.S., Trandem, N., Fajardo, M.B., Gauslå, E., Helgheim, M., Henriksen, J.K. 2019. Tegn til resistens hos veksthuspinnmidd i bær. Norsk Frukt og Bær 22 (2)-2019: 30-31.
8. Schjøll, A.F., Johansen, N.S. 2019. Informasjon om resistens hos glansbiller og råd om sprøyting i vekstsesongen 2019. VIPS-landbruk, <https://www.vips-landbruk.no/media/attachments/information/ResistensInfoRapsglansbille2019.pdf>
9. Thøming, G., Strand, E., Waalen, W. 2018: Skadeinsekter i oljevekster. NIBIO POP 4(14): 6 s. <http://hdl.handle.net/11250/2504351>.

Dette fakta-arket er laget som en del av prosjektet «Plantevernmidler: Beredskap og antiresistensstrategier» (2017–2019), finansiert av Handlingsplan for bærekraftig bruk av plantevernmidler (2016–2020) ved Landbruksdirektoratet.

FORFATTER:

NIBIO: Nina Svae Johansen (nina.johansen@nibio.no)