



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Plantevernmiddelresistens i norske jord- og hagebrukskulturer

Resultater fra kartlegging og overvåking i 2019 og vurdering av resistensrisiko

NIBIO RAPPORT | VOL. 6 | NR. 159 | 2020



Johansen NS, Brurberg MB, Ficke A, Kaczmarek-Derda W, Nielsen KAG, Ringselle B, Schjøll AF, Skårn MN, Stensvand A, Tørresen K, Antzée-Hyllseth HA, Fajardo MB, Gauslå E, Wærnhus K
Divisjon for Bioteknologi og Plantehelse, Avdelingene for Skadedyr og ugras i skog-, jord og hagebruk, Soppsjukdommer i skog-, jord og hagebruk og Molekylær plantebiologi

TITTEL/TITLE

Plantevernmiddelresistens i norske jord- og hagebrukskulturer. Resultater fra kartlegging og overvåking i 2019 og vurdering av resistensrisiko.

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Johansen NS, Brurberg MB, Ficke A, Kaczmarek-Derda W, Nielsen KAG, Ringselle B, Schjøll AF, Skårn MN, Stensvand A, Tørresen K, Antzée-Hyllseth HA, Fajardo MB, Gauslå E, Wærnhus, K

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
10.12.2020	6/159/2020	Åpen	10684	17/01223
ISBN:		ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:
978-82-17-02701-0		2464-1162	33	

OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:

Landbruksdirektoratet

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Nina Svae Johansen

STIKKORD/KEYWORDS:

Fungicidresistens, gjetertaske, gråskimmel, hønsegras, herbicidresistens, hveteaksprikk, hvetebladprikk, insekticidresistens, kålmøll, markrapp, plantesjukdommer, resistens, resistensrisiko, skadedyr, tunrapp, ugras

Botrytis, Capsella bursa-pastoris, fungicide resistance, herbicide resistance, insecticide resistance, Parastagonospora nodorum, Persicaria maculosa, pests, plant diseases, Plutella xylostella, Poa annua, Poa trivialis, resistance risk, Septoria tritici, weeds

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Plantevernmiddelresistens

Pesticide resistance

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Resistens mot kjemiske plantevernmidler hos skadedyr, plantepatogene sopper og ugras er et alvorlig problem i flere matkulturer. Resistens oppstår som følge av for hyppig og ensidig bruk av plantevernmidler med samme biokjemiske virkemåte. Resistente skadegjørere kan også spre seg over landegrensene ved immigrasjon eller ved at de følger med importert plantemateriale. Vi har hatt mistanke om at immigrerende kålmøll og gråskimmel som følger med importerte småplanter av jordbær kan være resistente mot kjemiske plantevernmidler som brukes til å bekjempe disse skadegjørerne i Norge. I 2016 immigrerte store mengder kålmøll (*Plutella xylostella*) til Norge, og det ble påvist resistens mot insektmiddelet (insekticidet) lambda-cyhalotrin hos kålmøll-larver som ble samlet inn fra to kålfelt i Viken og Trøndelag. I 2019 var det en ny kålmøllinvasjon, og vi samlet inn og testet kålmøll-larver fra tre kålfelt i Rogaland og Viken. Larvene på alle de tre stedene var resistente mot lambda-cyhalotrin.

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

I 2018 og 2019 ble det samlet inn isolater av gråskimmel (*Botrytis* spp.) fra importerte og norskproduserte småplanter av jordbær. Disse ble testet for følsomhet for seks soppmidler (fungicider) i fem ulike middelgrupper (SDHI, QoI, AP, PP og hydroksyanilider). Det var en tendens til at *Botrytis*-isolater fra de importerte småplantene hadde høyere fungicidresistens sammenlignet med *Botrytis*-isolater fra norskproduserte småplanter. Flere av isolatene fra både norskproduserte og importerte prøver var multiresistente, som betyr at de var resistente mot flere fungicider.

Vi har også testet ugras i korn for resistens mot ugrasmidler (herbicider) (ALS-hemmere), og fant resistens mot tre aktive stoff hos hønsegras (*Persicaria maculosa*) og en mutasjon som kan gi resistens mot ALS-hemmere hos gjetertaske (*Capsella bursa-pastoris*). En resistenstest utført på 11 ulike populasjoner av tunrapp (*Poa annua*) viste at noen av populasjonene var mindre følsomme mot jodsulfuron metyl-natrium enn det som normalt ville vært forventet. Molekylære hurtigtester for identifisering av mutasjoner assosiert med resistens mot ALS-hemmere i balderbrå (*Tripleurospermum inodorum*) og stivdylle (*Sonchus asper*) har blitt utviklet og testet på planter og frø fra felt- og veksthusforsøk.

Denne rapporten gir også en kort oversikt over resistensproblemer og vurdering av resistensrisiko i noen utsatte plantekulturer. Resistensproblematikk er i dag særlig knyttet til: I) ALS-hemmere hos ugras i korn, II) triazoler hos hveteaksprikk (*Parastagonospora nodorum*) og hvetebbladprikk (*Septoria tritici*) i korn, III) pyretroider hos glansbiller (*Brassicogethes* og *Meligethes* spp.), jordlopper (*Phyllotreta* spp.) og kålmøll i oljevekster, IV) pyretroider hos kålmøll i kålvekster, V) bifenazat, spirodiklofen og fenpyroksimat hos veksthusspinnmidd (*Tetranychus urticae*) i jordbær og bringebær og VI) multiresistens hos gråskimmel (*Botrytis* spp.) i jordbær, bringebær og eple samt i gran i granplanteskoler. Det er også risiko for resistensutvikling hos andre skadegjørere og i andre kulturer pga. kritisk lavt utvalg av aktive stoff med forskjellige biokjemiske virkemåter og mangel på effektive alternative bekjempelsesmetoder.

LAND/COUNTRY:	Norge
FYLKE/COUNTY:	Viken
KOMMUNE/MUNICIPALITY:	Ås
STED/LOKALITET:	Høgskolevegen 7

GODKJENT /APPROVED

Ingeborg Klinge

NAVN/NAME

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

Nina Svae Johansen

NAVN/NAME

Forord

Denne rapporten er skrevet på oppdrag fra Landbruksdirektoratet, og oppsummerer resultatene fra de resistensundersøkelsene som NIBIO har utført i 2019. Undersøkelsene har blitt gjennomført for å følge opp tilfeller med mistanke om og tidligere påvisninger av plantevernmiddelresistens, med sikte på å skaffe kunnskapsgrunnlag for å utarbeide forvaltningsmessige og praktiske tiltak for å håndtere resistenssituasjonen.

Rapporten inneholder også en kort vurdering av resistensrisiko i noen plantekulturer basert på kunnskap om resistenssituasjonen per i dag, bekjempelsesbehov og hvilke muligheter brukerne har til gjennomføre resistensmotvirkende tiltak (vekt på tilgang på aktive stoff med forskjellige biokjemiske virkemåter og alternative bekjempelsesmetoder).

Arbeidet har vært finansiert av prosjektene «Plantevernmidler: Beredskap og antiresistensstrategier» (2017-2019, Landbruksdirektoratet), «Virkemåter av PVM, plantevernmiddelresistens» (2016-2019, Landbruks- og Matdepartementet), «Forekomst av pesticidresistens hos gråskimmelsoppen i importerte og norskproduserte småplanter av jordbær» (2018-2019, Forskningsmidlene for jordbruk og matindustri), «Plantevernmiddelresistens: Mutasjon, seleksjon og spredning-RESISTOPP» (2017-2021, NIBIO Strategisk Instituttsetning, Norges Forskningsråd) og «Følge utviklingen av plantevernmiddelresistens (2019-20, Landbruks- og Matdepartementet). Arbeidet er gjort i samarbeid med produsenter og Norsk Landbruksrådgiving. Vi takker for godt samarbeid.

Ås, 10.12.20

Nina Svae Johansen

Innhold

1	Innledning.....	7
2	Insecticidresistens hos kålmøll fra kål.....	8
2.1	Materiale og metode.....	8
2.2	Resultater og diskusjon.....	8
3	Fungicidresistens hos gråskimmel i importerte og norskproduserte småplanter av jordbær	
	10	
3.1	Materiale og metode.....	10
3.2	Resultater og diskusjon.....	10
4	Herbicidresistens hos ugras i korn.....	13
4.1	Materiale og metode.....	13
4.1.1	Sprøyteforsøk med hønsegras og rapp-arter.....	13
4.1.2	Artsbestemmelse av då.....	14
4.1.3	CAPS (Cleaved Amplified Polymorphic Sequences).....	14
4.1.4	Resistensmutasjonstesting av gjetertaske.....	14
4.1.5	Feltforsøk i vårkorn og høsthvete.....	14
4.2	Resultater og diskusjon.....	14
4.2.1	Sprøyteforsøk med hønsegras og rapp-arter.....	14
4.2.2	Morfologisk artsbestemmelse av då.....	17
4.2.3	CAPS-testing av balderbrå og stivdylle.....	17
4.2.4	Resistensmutasjonstesting av gjetertaske.....	17
4.2.5	Feltforsøk i vårkorn og høsthvete.....	17
5	Resistensrisiko i utvalgte plantekulturer.....	19
5.1	Korn.....	19
5.1.1	Skadedyr.....	19
5.1.2	Plantesjukdommer.....	19
5.1.3	Ugras.....	20
5.2	Oljevekster.....	20
5.2.1	Glansbiller (rapsglansbille o.a. glansbillearter).....	20
5.2.2	Jordlopper.....	21
5.2.3	Kålmøll.....	21
5.3	Potet.....	22
5.3.1	Potetsikade.....	22
5.3.2	Potettørråte.....	22
5.4	Kålvekster.....	22
5.4.1	Kålmøll.....	23
5.4.2	Jordlopper.....	23
5.5	Løk.....	23
5.5.1	Løkgråskimmel.....	23
5.6	Bær.....	24
5.6.1	Jordbærnsutebille.....	24
5.6.2	Veksthusspinnmidd.....	24

5.6.3	Gråskimmel	25
5.6.4	Jordbærmjøldogg	25
5.7	Frukt	26
5.7.1	Gråskimmel	26
5.7.2	Epleskurv	26
5.7.3	Pæreskurv	27
5.8	Prydplanter i veksthus	27
5.8.1	Gråskimmel	27
5.8.2	Mjøldogg	27
5.9	Gran i planteskoler	27
5.9.1	Gråskimmel	27
6	Konklusjon	29
	Referanser	30

1 Innledning

Det er påvist nedsatt følsomhet (indikasjon på begynnende resistensutvikling) og resistens mot kjemiske midler hos viktige skadegjørere i flere matkulturer. Resistensgraden varierer fra lav til høy resistens hos de ulike skadegjørerne og på de ulike lokalitetene. Noen skadegjørere har også blitt multiresistente (resistente mot flere aktive stoff). For å unngå større bekjempelsesproblemer er det nødvendig å følge opp de tilfellene der det allerede er etablert resistens, de tilfellene der det er tegn til at resistens er i ferd med å bygge seg opp og de tilfellene der det er mistanke om at resistente skadegjørere introduseres til Norge. Det er også viktig å gjennomføre løpende vurderinger av resistensrisiko også i kulturer der resistens enda ikke har oppstått, slik at det kan settes inn resistensmotvirkende tiltak og overvåking for å oppdage begynnende resistensutvikling i kulturer med høy risiko.

Resistensutvikling som ikke holdes i sjakk vil føre til at aktive stoff mister virkningen og ikke kan brukes lengre. Dette, i tillegg til at stadig flere aktive stoff trekkes tilbake uten at disse erstattes, gjør at utvalget av effektive aktive stoff med forskjellige biokjemiske virkemåter allerede er, eller ser ut til å bli, kritisk lavt når det gjelder å motvirke resistens hos viktige skadegjørere i flere kulturer. Dette gjelder bl.a. korn, oljevekster, potet, kålvekster, løk og bær, der det i mange tilfeller også mangler effektive og praktisk anvendbare alternativer til kjemiske midler når det er nødvendig å sette inn bekjempelsestiltak. Denne situasjonen gjør produksjonen av viktige matkulturer sårbar dersom det oppstår resistens mot de få aktive stoffene som er tilgjengelige.

For å motvirke at skadegjørere utvikler resistens trengs det flere aktive stoffer med forskjellige biokjemiske virkemåter (også kalt virkningsmekanismer). Hvor mange biokjemiske virkemåter som trengs for å unngå resistens hos en skadegjører i en kultur er situasjonsbetinget, og er avhengig av egenskaper hos både skadegjøreren og det aktive stoffet, og av hvordan og hvor mye det aktive stoffet brukes i praksis (EPPO 2015).

I 2019 undersøkte vi forekomsten av insecticidresistens hos immigrerende kålmøll (*Plutella xylostella*) i kålvekster, fungicidresistens hos gråskimmel (*Botrytis* spp.) på norskproduserte og importerte småplanter av jordbær, og herbicidresistens hos hønsegras (*Persicaria maculosa*), tunrapp (*Poa annua*), markrapp (*P. trivialis*), gjetertaske (*Capsella bursa-pastoris*) og balderbrå (*Tripleurospermum inodorum*) i korn. Det ble også utviklet mer arbeidsbesparende metoder for påvisning av resistens hos veksthusspinnmidd (*Tetranychus urticae*), hos balderbrå (*Tripleurospermum inodorum*) og stivdylle (*Sonchus asper*). Denne rapporten beskriver resultatene fra resistensundersøkelsene. Rapporten inneholder også en kort vurdering av resistensrisiko i noen kulturer. Vurderingene er basert på kunnskap om resistenssituasjonen per i dag, bekjempelsesbehov og hvilke muligheter brukerne har til gjennomføre resistensmotvirkende tiltak (vekt på tilgang på aktive stoff med forskjellige biokjemiske virkemåter og effektive alternative bekjempelsesmetoder).

2 Insecticidresistens hos kålmøll fra kål

Kålmøll (*Plutella xylostella*) er den skadedyrarten hvor det foreligger flest rapporter om resistens på verdensbasis (IRAC 2017). Arten er et vanlig og alvorlig skadedyr i kålvekster i Norge, og i enkelte år kan kålmøll også gjøre økonomisk skade i oljevekster. Det antas at kålmøll i liten grad overvintrer i Norge. Tidspunkt og størrelse av kålmøllangrep i Norge bestemmes derfor for en stor del av immigrasjon av kålmøll fra andre land. Kålmøllene kan migrere over svært store avstander, og de kan komme fra områder der de har utviklet resistens mot de virksomme stoffene som er godkjent til bekjempelse av sommerfugllarver i kålvekster i Norge. Både 2016 og 2019 var herjings-år med store kålmøllskader i kål- og oljevekster. Resistenstesting utført i 2016 påviste resistens mot pyretroider. For å undersøke om det også i 2019 forekom resistens hos de store populasjonene av kålmøll, som sannsynligvis besto av en stor del immigrerende kålmøll, ble larver samlet inn fra tre kålfelt i Rogaland og tidligere Østfold og Buskerud og sendt til NIBIO for testing. Kålmøll-larvene ble samlet inn av Norsk Landbruksrådgiving.

2.1 Materiale og metode

Kålmøll-larver ble samlet fra tre usprøytede, kommersielle kålfelt (Tabell 1). NLR Rogaland samlet larver fra et felt på Jæren, NLR Øst samlet larver fra et felt i Kråkstad og NLR Viken samlet larver fra et felt i Lier. Larvene ble testet i bioassay med en modifisert metode som er utviklet og validert av Insecticide Resistance Action Committee (IRAC 2010). Kontakt- og magevirkning av Karate 5 CS (lambda-cyhalotrin, Insecticide Resistance Action Committee-IRAC gruppe 3A Pyretroider og pyretriner), Steward (indoksakarb, IRAC gruppe 22A Oksadiaziner) og Conserve (spinosad, IRAC gruppe 5 Spinosyner) ble testet ved at unge larver (3-5 mm lange) ble overført til kinakålblader som på forhånd var dyppet i full, halv og kvart anbefalt dose av hvert av midlene. For Karate 5 CS ble det benyttet hhv. 25,0 mg, 12,5 mg og 6,25 mg lambda-cyhalothrin/L vann. For Steward ble det benyttet hhv. 127,5 mg, 63,8 mg og 31,9 mg indoksakarb/L vann. For Conserve ble det benyttet hhv. 120 mg, 60 mg og 30 mg spinosad/L vann. Antall døde, påvirkede (døende) og friske larver ble registrert etter tre døgn. Virkningen av midlene ble sammenlignet med en ubehandlet kontroll. Det ble gjort fire gjentak av hver dose og kontrollen, med 10 larver i hvert gjentak. Kun larver som viste normal aktivitet og atferd ble brukt i testene. Umiddelbart etter at larvene ble overført til bladene i testbeholderne ble de observert på nytt for å sjekke at de var i god vigør og uskadet. Testbeholderne med kålmøll-larver og -blader ble inkubert i et forsøksrom ved 18°C, 60 % RF og 16:8 timer lys:mørke i 72 timer før antall påvirkede, døde og friske larver ble registrert. En følsom kålmøllstamme som holdes i kultur hos NIBIO ble brukt som referanse.

2.2 Resultater og diskusjon

Det ble påvist varierende grad av resistens mot lambda-cyhalotrin (Karate 5 CS) hos larver samlet fra alle de tre lokalitetene (Tabell 2). Ved full anbefalt dose var observert mortalitet 55 %, 67,5 % og 87,5 % hos larver samlet fra hhv. Jæren, Kråkstad og Lier, dvs. at det var moderat til høy resistens på de tre lokalitetene. Alle larver av referansestammen døde ved kvart dose av Karate 5 CS. Indoksakarb (Steward) og spinosad (Conserve) hadde fullgod effekt mot kålmøll-larver fra alle feltlokaliteter for alle de testede dosene. Alle midlene hadde fullgod effekt mot kålmøll-larver fra referansestammen. Kontroll dødeligheten var under 10 %. Med bakgrunn i resultatene fra resistentstesting ble det i sesongen 2019 anbefalt å unngå bruk av pyretroider mot kålmøll, og å veksle mellom behandlinger med Conserve og Steward.

Tabell 1: Sted og tidspunkt for innsamling av kålmøll-larver (*Plutella xylostella*) samt tidspunkt for resistenstesting

Lokalitet	Kultur	Midler brukt i det norske feltet før innsamling	Dato samlet fra felt	Dato start reistenstest	Dato sluttregistrering resistenstest
Jæren, Rogaland	brokkoli	ingen	3. juli 2019	5. juli 2019	8. juli 2019
Kråkstad, Akershus	hodekål	ingen	27. juni 2019	28. juni 2019	1. juli 2019
Lier, Buskerud	brokkoli	ingen	21. juni 2019	24. juni 2019	27. juni 2019

Tabell 2: Testing av følsomhet for Karate 5 CS (lambda-cyhalotrin), Steward (indoksakarb) og Conserve (spinosad) hos larver av kålmøll (*Plutella xylostella*) samlet fra kålvekster i 2019, sammenlignet med en følsom referansestamme. Tall innenfor hver lokalitet som er etterfulgt av ulike bokstaver er signifikant forskjellige (ANOVA, Fisher LSD Method, $p < 0,05$, DF 33).

Lokalitet	Midler testet	% observert mortalitet			
		Full dose	Halv dose	Kvart dose	Kontroll (vann)
Referansestamme	Karate 5CS	-	-	100 ^a	
	Steward	100 ^a	100 ^a	100 ^a	7 ^b
	Conserve	100 ^a	100 ^a	100 ^a	
Jæren	Karate 5CS	55 ^b	65 ^b	35 ^c	
	Steward	100 ^a	100 ^a	100 ^a	0 ^d
	Conserve	100 ^a	100 ^a	100 ^a	
Kråkstad	Karate 5CS	68 ^b	45 ^c	25 ^d	
	Steward	100 ^a	100 ^a	100 ^a	8 ^e
	Conserve	100 ^a	100 ^a	100 ^a	
Lier	Karate 5CS	86 ^b	85 ^b	60 ^c	
	Steward	100 ^a	100 ^a	100 ^a	3 ^d
	Conserve	100 ^a	100 ^a	100 ^a	

3 Fungicidresistens hos gråskimmel i importerte og norskproduserte småplanter av jordbær

Gråskimmel, forårsaket av *Botrytis* spp., er den viktigste sopp sykdommen og den største årsaken til økonomisk tap i norsk jordbærproduksjon. Fungicidbehandling mot gråskimmel skjer gjentatte ganger under blomstring for å beskytte blomster og dermed bær mot infeksjon. Fungicidresistens hos *Botrytis* i jordbær er vanlig og ofte høy. Det er kjent fra utenlandske studier at latent gråskimmelsmitte kan følge med småplanter av jordbær som brukes til å etablere nye felt. Latent *Botrytis* kan også være resistent mot én eller flere fungicider. Før 2015 var det kun norskproduserte småplanter av jordbær som var tilgjengelig for dyrkere i Norge. I 2015 ble det tillatt å importere produksjonsklare småplanter av jordbær fra Nederland. Gjennom prosjektet «Forekomst av pesticidresistens hos gråskimmelsoppen i importerte og norskproduserte småplanter av jordbær» (2018-2019, Forskningsmidlene for jordbruk og matindustri) har NLR Innlandet og NIBIO jobbet sammen for å kartlegge fungicidresistens hos *Botrytis* i småplanter av jordbær før de blir plantet ut i felt.

3.1 Materiale og metode

I 2018 og 2019 ble prøver av småplanter av jordbær tatt ut til analyse. *Botrytis* ble isolert fra ni av 10 prøver importert fra Nederland og 13 av 14 norskproduserte prøver. I alt ble 365 isolater av *Botrytis* testet for resistens mot seks fungicider (middelgruppe og Fungicide Resistance Action Committee (FRAC) gruppe i parentes): boskalid (SDHI, «succinate dehydrogenase inhibitors», FRAC 7), pyraklostrobin (QoI, «quinone outside inhibitors», FRAC 11), fluopyram (SDHI, FRAC 7), fenheksamid (HA, «hydroxylanilide», FRAC 17), pyrimetanil (AP, «anilinopyrimidines», FRAC 9), og fludioksonil (PP, «phenylpyrroles», FRAC 12).

Prøver tatt ut i 2018 ble testet for fungicidresistens med en spirehyfetest i laboratorium (Weber & Hahn, 2011). Sopp sporer ble overført til næringsagar i Petri-skåler tilsatt ulike konsentrasjoner av fungicider og ble deretter inkubert i ca. 14 timer ved 20 °C. Lengden på spirehyfene ble målt i mikroskop, og resistenskategori for de enkelte soppisolatene ble avgjort ved bruk av tabellen hos Weber & Hahn (2011). Resistenskategoriene for spirehyfetesten inkluderer ss (sensitiv), s (reduert sensitivitet), mR (moderat resistens) og R (resistent).

For prøver tatt ut i 2019 ble det benyttet en annen, mer tidsbesparende metode kalt mycelveksttest (Schnabel m. fl., 2015). Testen ble utviklet med utgangspunkt i spirehyfetesten, og Fernández-Ortuño m. fl. (2014) har publisert en sammenligning av de to metodene. Sopp sporer ble overført til næringsagar tilsatt fungicider på 24-brønnsplater. Resistenskategoriene for isolatene ble avgjort ved å se på diameter mycelvekst i brønnene etter fire dagers inkubasjon ved 20 °C. Resistens kategorier for mycelveksttesten inkluderer S (sensitiv), LR (lav resistens), MR (moderat resistens) og R (resistent).

3.2 Resultater og diskusjon

Det var en tendens til at *Botrytis*-isolater fra importerte småplanter av jordbær hadde høyere fungicidresistens sammenlignet med *Botrytis*-isolater fra norskproduserte småplanter (Tabell 3).

Resistens mot pyraklostrobin (QoI, FRAC 11), et av de aktive stoffene i produktet Signum, var veldig høy i alle de importerte prøvene. Resistens var også vurdert som høy i åtte av de 13 norskproduserte småplantep prøvene. Resistens mot boskalid (SDHI, FRAC 7), det andre aktive stoffet i Signum, var også vanlig i både norskproduserte og importerte prøver. Grunnet noen forskjeller i fungicidkonsentrasjonene som ble brukt for de ulike test-metodene, er det regnet med at både MR- and R-isolater fra mycelveksttest tilsvarer R-isolater fra spirehyfetesten (Fernández-Ortuño m. fl., 2014). Det var noe nedgang i resistens mot boskalid fra 2018 til 2019 i både importerte og norskproduserte prøver. Det kan spekuleres i at dette skyldes mindre bruk av Signum på grunn av utbredt resistens.

Resistens mot fenheksamid (HA, FRAC 17) det aktive stoffet i produktet Teldor, var høy i flere prøver fra både Norge og Nederland. En større andel av importerte prøver hadde høy resistens mot fenheksamid i 2018, men gjennomsnittstallene for prøver tatt ut i 2019 var like.

Tabell 3: Gjennomsnittsverdier for fungicidresistens hos gråskimmelsoppen, *Botrytis* spp., isolert fra småplantep prøver av jordbær fra Nederland og Norge i 2018 og 2019. Fem og fire prøver fra Nederland og fem og åtte prøver fra Norge ble analysert i henholdsvis 2018 og 2019. Fungicidresistens mot boskalid, pyraklostrobin, fluopyram, fenheksamid, pyrimetanil og fludioksonil ble testet med spirehyfetesten i 2018 og mycelveksttesten i 2019. Standardfeil (SEM) for verdiene er i parentes.

	Boskalid ^c	Pyraklostrobin	Fluopyram	Fenheksamid	Pyrimetanil ^d	Fludioksonil ^e
2018^a	% R	% R	% R	% R	% mR+R	% s+mR
Nederland (5)	88.67 (4.57)	98.75 (1.25)	47.67 (8.13)	22.92 (1.73)	75.33 (7.98)	16.67 (5.19)
Norge (5)	28.72 (16.63)	31.64 (15.48)	4.40 (2.89)	8.57 (5.71)	15.71 (7.95)	1.67 (1.67)
2019^b	% MR+R	% R	% R	% R	% R	% R
Nederland (4)	27.50 (16.14)	100.00 (0.00)	0.00 (0.00)	37.50 (17.85)	22.70 (10.85)	42.83 (12.85)
Norge (8)	17.07 (5.40)	35.63 (9.90)	1.25 (1.25)	37.89 (9.21)	12.57 (4.62)	18.85 (6.17)

^aResistens kategorier for spirehyfetest (2018): ss (sensitiv), s (reduert sensitivitet), mR (moderat resistens) og R (resistent)

^bResistens kategorier for mycelveksttest (2019): S (sensitiv), LR (lav resistens), MR (moderat resistens) og R (resistent)

^cR i spirehyfetest brukt i 2018 tilsvarer MR og R i mycelveksttest brukt i 2019.

^dmR og R i spirehyfetest brukt i 2018 tilsvarer R i mycelveksttest brukt i 2019.

^es og mR i spirehyfetest brukt i 2018 tilsvarer R i mycelveksttest bruk i 2019.

Resistens mot trifloksystrobin (QoI, FRAC 11), et av de aktive stoffene i Luna Sensation, er antatt å være det samme som for pyraklostrobin i Signum på grunn av kryss-resistens innenfor QoI-fungicidene. Resistens mot trifloksystrobin antas derfor å være generelt veldig høy i importerte prøver og høy i norskproduserte prøver. Det var stor forskjell i resistens mot fluopyram (SDHI, FRAC 7), det andre aktive stoffet i Luna Sensation, fra importerte prøver mellom 2018 og 2019. Alle importerte prøver fra 2018 hadde høy resistens og ingen hadde resistens i 2019. Dette var uforventet siden de to ulike metodene bruker den samme fungicidkonsentrasjon for å teste for resistens. Resistens mot fluopyram var på middels risikonivå for én av de norskproduserte prøvene som ble tatt ut i 2019. Fluopyram er et SDHI-fungicid (FRAC 7), som boskalid i Signum, men kryss-resistens innenfor denne gruppen kan være kompleks. Noen mutasjoner som oppstår hos *Botrytis* kan gjøre at soppen blir resistent mot boskalid og ekstra sensitiv mot fluopyram, mens andre mutasjoner kan gjøre at soppen blir resistent mot både boskalid og fluopyram. I dette prosjektet ble det funnet *Botrytis*-isolater som var moderat resistente eller resistente mot både boskalid og fluopyram i både importerte og norskproduserte prøver. Selv om noen av tallene for resistens mot fluopyram fremdeles er lave, vil videre bruk av Luna Sensation kunne føre til videre seleksjon av mutasjoner som gir resistens mot både boskalid og fluopyram. Det kan heller ikke forventes at trifloksystrobin, som er blandet med fluopyram i Luna Sensation, vil bidra til å hindre resistensutvikling mot fluopyram siden resistens mot QoI-fungicider er så utbredt i *Botrytis*-populasjonen.

Resistens mot pyrimetanil (AP, FRAC 9) ble funnet i både norskproduserte og importerte prøver, men i høyere grad i importerte prøver. Pyrimetanil har kryss-resistens med cyprodinil, et av de aktive stoffene i Switch. Isolater som var mR eller R i spirehyfetesten tilsvarer isolater som ble R i mycelveksttesten (Fernández-Ortuño m. fl., 2014). Full resistens mot fludioksonil (PP, FRAC 12), det andre aktive stoffet i Switch, er sjelden påvist, men både redusert sensitivitet (s) og moderat resistent (mR) *Botrytis* har tidligere blitt påvist med spirehyfetesten i Norge. Under arbeid med å ta i bruk mycelveksttesten hadde vi kommunikasjon med de som utviklet testen i USA. Konsentrasjonen av fludioksonil som brukes i mycelveksttesten, er valgt ut for å kunne fange opp den graden av resistens mot fludioksonil hos soppen som har konsekvenser for virkning i felt. Det som har blitt omtalt som «delresistens» mot fludioksonil forårsakes av en efflukspumpe-mekanisme. For *Botrytis*, kan

genetiske endringer gi økt produksjon av en type efflukspumpe hos soppen som er i stand til å pumpe ut fungicider. Dette kalles for multidrug-resistens (MDR). *Botrytis* med MDR1- og MDR1h-genotyper kan pumpe ut nok fludioksonil til at soppen overlever fungicidbehandling. Ifølge litteraturen skal redusert sensitivitet (s) og moderat resistens (mR) i spirehyfetesten tilsvare den typen multidrug-resistens som er R i mycelveksttesten (Kretschmer m. fl., 2009; Weber & Hahn, 2011; Fernández-Ortuño m. fl., 2014). Resultater fra dette prosjektet viser økende resistens mot fludioksonil i både importerte og norskproduserte prøver fra 2018 til 2019. Det var høyere grad av resistens mot fludioksonil i de importerte prøvene.

Flere av isolatene fra både norskproduserte og importerte prøver var multiresistente, som betyr at de var resistente mot flere fungicider. Multiresistente *Botrytis*-isolater ble funnet i prøver med både høye og lave tall for resistens. Multiresistente soppisolater vil kunne overleve behandling med alle de fungicidene de er resistente mot. Siden de overlever, kan de også formere seg og bidra til videre spredning av multiresistens. Når det er multiresistens, vil bruk av et fungicid kunne bidra til å opprettholde resistens mot andre fungicider.

I tolkning av resistensdata har terskler blitt brukt for å si noe om konsekvenser for virkning i felt. Det er de samme tersklene som har blitt brukt i et screening-program for resistens hos *Botrytis* i jordbær i USA av de som utviklet mycelveksttesten. Hvis minst 20 % av isolatene i en prøve er resistente mot et fungicid, er det høy risiko for resistens mot fungicidet. Hvis minst 10 % men mindre enn 20 % av isolatene i en prøve er resistente mot et fungicid, er det middels risiko (Schnabel m. fl., 2015). For alle fungicidene som ble testet, var det en større andel importerte prøver som hadde høy risiko sammenlignet med norskproduserte prøver, men det var også mange norskproduserte prøver i både høy og middels risikokategoriene.

Resultater fra dette prosjektet viser at fungicidresistent *Botrytis* følger med både importerte og norskproduserte småplanter av jordbær. Generelt var det høyere resistens hos *Botrytis* fra småplanter produsert i Nederland. Resistens mot de aktive stoffene i Signum og Teldor var utbredt i importerte prøver. Det var mer variasjon i resistens mellom norskproduserte prøver, men også her var resistens mot de aktive stoffene i Signum og Teldor mest vanlig. Resistens mot fludioksonil på nivået som tilsvarende multidrug-resistens ble påvist hos *Botrytis* fra både importerte og norskproduserte prøver, men i høyere grad i importerte prøver. Denne typen resistens skal ha konsekvenser for virkning i felt for de aktive stoffene i produktet Switch. Resistens mot fluopyram ble påvist i prøver fra både Nederland og Norge, og det ble også funnet soppisolater som var resistente mot både boskalid og fluopyram.

Latent smitte som kommer inn i felt med plantematerialet, er en viktig smittekilde for *Botrytis*, men det finnes også andre smittekilder til soppen. Når *Botrytis* som følger med planter allerede er resistent mot flere fungicider, kan kjemisk kontroll av gråskimmel være vanskelig. Det ble funnet resistens mot alle de aktive stoffene i produktene som kan brukes mot gråskimmel i Norge. Dette inkluderer også de aktive stoffene i Luna Sensation som var tillat brukt i 2017-2019 og er nå godkjent igjen. Resistens mot fluopyram er lav enda, så bruken av Luna Sensation må være forsiktig for om mulig å utsette resistensutviklingen. Resultater fra dette prosjektet er publisert i fagtidsskrift for næringen (Nielsen m. fl., 2020).

4 Herbicidresistens hos ugras i korn

Herbicidresistens er et økende problem internasjonalt. Den raskeste økningen av resistens har skjedd innen gruppen ALS-(acetolactate synthase)-hemmere (Heap 2020), de såkalte lavdosmidlene. Denne middelgruppen er først og fremst brukt mot tofrøblada ugras. Det er godkjent over ti forskjellige ALS-hemmere i Norge. De ulike midlene er effektive mot forskjellige ugrasarter. I Norge har det per 2018 blitt påvist resistens mot ALS-hemmere hos syv ugrasarter: vassarve (*Stellaria media*), balderbrå (*Tripleurospermum inodorum*), stivdylle (*Sonchus asper*), linbendel (*Spergula arvensis*), då (*Galeopsis* sp.), hønsegras (*Persicaria maculosa*) og kamilleblom (*Matricaria recutita*). Graden av resistens bestemmes i sprøyteforsøk i veksthus, der responsen på sprøytingen hos populasjoner med mistenkt resistens sammenlignes med følsomme populasjoner. Disse testene er dyre og tidkrevende, men kan gi gode råd til plantedyrkerne. NIBIO jobber også med å utvikle mindre tidkrevende molekylære tester for å identifisere herbicidresistente ugras. Disse testene kan gi spesifikk informasjon om hvilken mutasjon plantene har som gjør dem resistente, og kan brukes for å sammenligne resistens mellom norske populasjoner og med resistens hos populasjoner som beskrives i internasjonal litteratur.

4.1 Materiale og metode

I 2019 ble det gjennomført forsøk i laboratorium, veksthus og felt for å undersøke resistens mot kjemiske ugrasmidler i gruppene ALS-hemmere (Herbicide Resistance Action Committee-HRAC gruppe B, HRAC 2020), ACCase-hemmere (HRAC gruppe A), lipidhemmere (HRAC gruppe N) og hemmere av auxinsyntesen (HRAC gruppe O) hos ulike ugrasarter.

4.1.1 Sprøyteforsøk med hønsegras og rapp-arter

Det ble gjennomført sprøyteforsøk i veksthus med tre populasjoner av hønsegras (*P. maculosa*) etablert i pletter fra frø som ble samlet inn i 2018 fra tre ulike gårder av NLR-Østafjells, og 11 populasjoner av tunrapp (*Poa annua*) og en populasjon av markrapp (*P. trivialis*) etablert i pletter fra frø som ble samlet inn i 2019 fra ulike felt på Østlandet. Sprøytingen ble utført ved utviklingsstadium BBCH 13 (tre fullt utvikla blad) på rapp-populasjonene og BBCH 12 (to fullt utvikla blad) på hønsegraspopulasjonene.

Hønsegrasplantene ble sprøytet med ALS-hemmerne Express (tribenuron-metyl; ledd 2-4), Hussar OD (jodsulfuron-metyl natrium; ledd 5-7), Primus (florasulam; ledd 8-10), eller hemmer av auxinsyntesen Ariane S (fluroksypyr-meptyl+ klopyralid+MCPA; ledd 11). I hvert ledd var det etablert åtte parallelle pletter for hver av de tre (1, 2, 3) hønsegras-populasjonene.

Rapp-plantene ble sprøytet med ALS-hemmerne Hussar OD og Atlantis OD (jodsulfuron-metyl natrium+mesosulfuron-metyl), lipidhemmeren Boxer (prosulfokarb) eller ACCase-hemmeren Select (kletodim). Det var ni pletter per ledd for tunrapp-populasjonene 1-8, ni pletter per ledd for markrapp-populasjonen (nr. 9), og seks, fire og to pletter per ledd for hhv. tunrapp-populasjon nr. 10, 11 og 12.

Tre uker etter sprøyting ble overlevelsen av hønsegras- og rapp-plantene vurdert. Hønsegrasplantene ble vurdert etter friskvekt av overjordiske plantedeler per potte (Figur 2) og rappplantene ble vurdert etter en skala fra 0-4 (0=døde, 4= uskadd, se Figur 3 for mer forklaring). Plantene ble høstet ved å klippe de av ved jordoverflata og friskvekt av overjordiske plantedeler registrert. Sprøyteforsøk gir et godt estimat på hvor følsom en populasjon er for ulike ugrasmidler, men gir ingen informasjon om hva som forårsaker resistens. Derfor ble planter fra sprøyteforsøkene også testet med molekylære metoder for å identifisere spesifikke mutasjoner som kan være årsak til resistens.

4.1.2 Artsbestemmelse av då

Då (*Galeopsis* spp.) er en samling av ulike arter som er vanskelig å skille fra hverandre. Når det har blitt påvist resistens hos dåpopulasjoner har man tidligere kun sagt at «då-arter» er resistente. Det kan imidlertid være viktige forskjeller mellom artene som kan påvirke resistensutviklingen og resistensgraden. Frø fra en dåpopulasjon i Viken (tidligere Akershus) med kjent ALS-hemmerresistens ble samlet inn i 2019 for å identifisere dåarten. Frøene ble sådd for å bli dyrket fram til blomsterstadiet da det kan hjelpe til med å identifisere de ulike dåartene.

4.1.3 CAPS (Cleaved Amplified Polymorphic Sequences)

CAPS er en relativt rask molekylær metode som benyttes til å identifisere mutasjoner i et spesifikt område. Effektive CAPS-tester for påvisning av mutasjoner som gir resistens mot ALS-hemmere i både balderbrå (*T. inodorum*) og stivdylle (*S. asper*) ble utviklet og testet på planter og frø med kjent eller mistenkt resistens.

4.1.4 Resistensmutasjonstesting av gjetertaske

Det har ikke blitt påvist resistens mot ALS-hemmer hos gjetertaske (*Capsella bursa-pastoris*) i Norge hittil, men resistente populasjoner av denne arten har oppstått flere steder i verden (Heap, 2020). Norsk landbruksrådgiving (NLR-Viken) sendte inn to gjetertaskeplanter med mistenkt resistens mot ALS-hemmere til NIBIO i 2019. Disse ble sekvensert og analysert for å undersøke om populasjonene hadde mutasjoner som kan gi resistens mot ALS-hemmere.

4.1.5 Feltforsøk i vårkorn og høsthvete

Åtte feltforsøk i korn ble gjennomført i vekstsesongen 2019 på steder med mistanke om resistens mot ALS-hemmere. To forsøk i bygg ble anlagt av NIBIO Plantehelse (Ås) og NLR-Trøndelag (Kvithamar), to forsøk i vårhvete ble anlagt av NLR-Øst (Hvam) og NLR-Østafjells (Modum). Fire forsøk ble anlagt i høsthvete på Østlandet av NIBIO (Ås), NLR Innlandet (Blæstad), NLR Viken (Gjennestad) og NLR Øst (Øsaker). Metodene er nærmere beskrevet hos Wærnhus m.fl. (2020).

4.2 Resultater og diskusjon

4.2.1 Sprøyteforsøk med hønsegras og rapp-arter

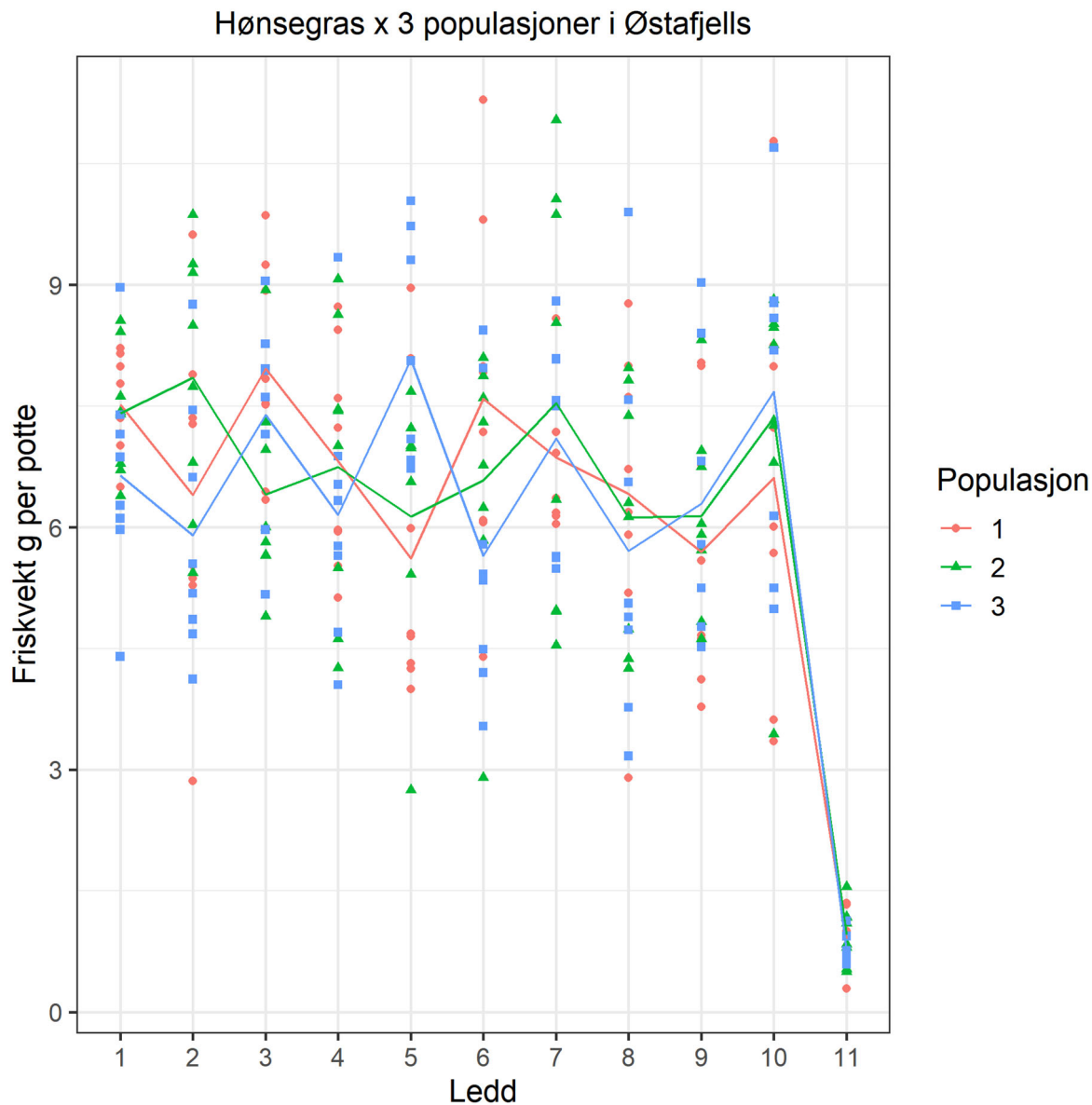
4.2.1.1 Hønsegras

Av de tre testede hønsegraspopulasjonene hadde alle tre svært sterk resistens mot Express, Hussar OD og Primus (Figur 2). Disse populasjonene overlevde også sprøyting med Ariane S, men var så sterkt redusert at de sannsynligvis ikke ville vært i stand til å klare konkurransen i felt.

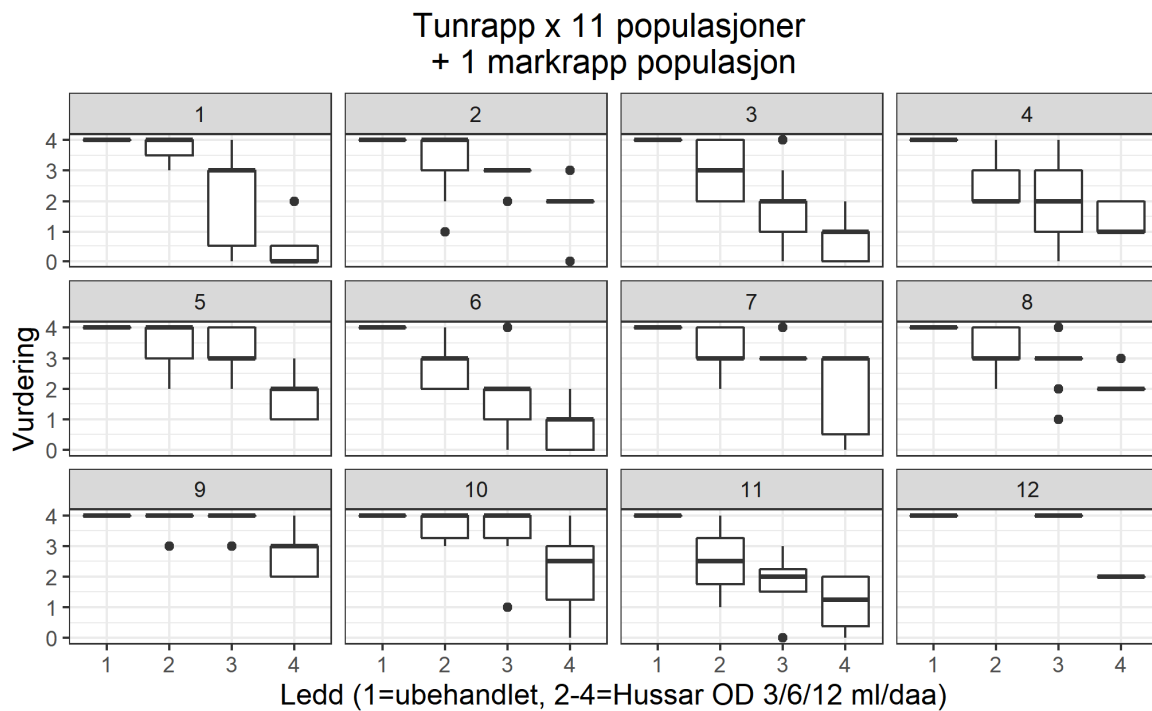
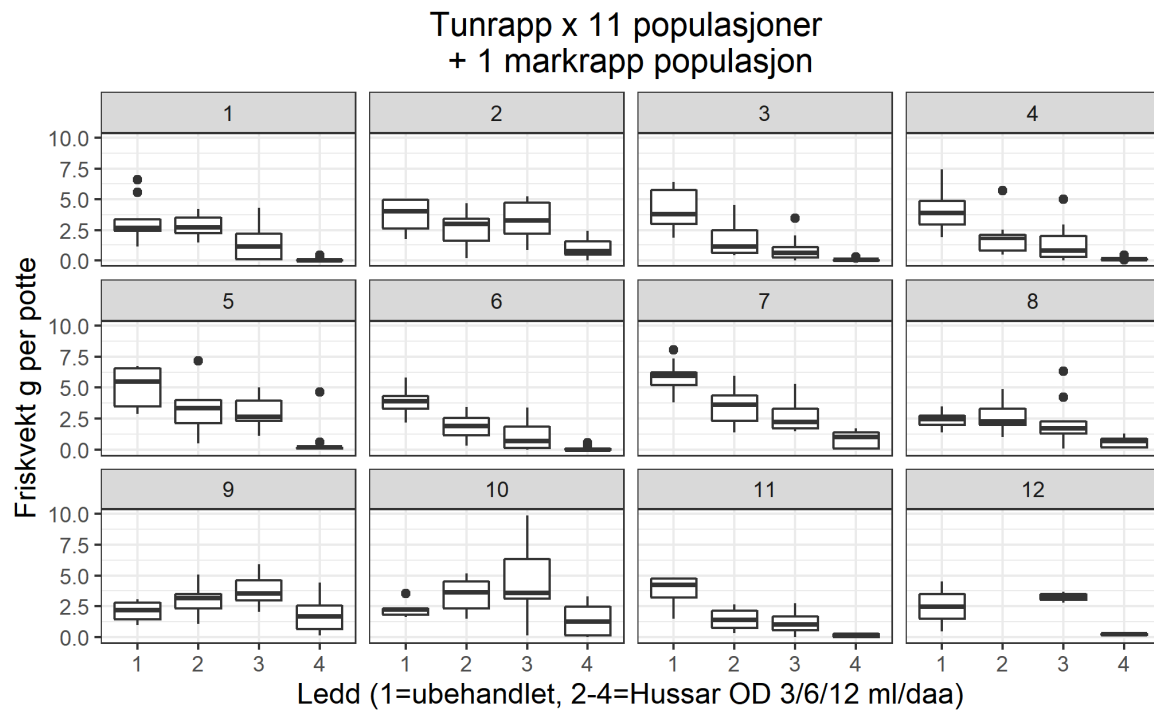
4.2.1.2 Tunrapp og markrapp

De 11 populasjonene av tunrapp (nr. 1-11) og populasjonen av markrapp fra Østlandet, inkludert en antatt følsom populasjon (nr. 1) var alle tolerante mot den laveste testdosen av Hussar OD (3 ml/daa). Noen planter var også tolerante for dosen på 6 ml/daa (Figur 3). Ved den høyeste dosen av Hussar OD (12 ml/daa) var det noen populasjoner (særlig nr. 2, 5 og 7-10) som hadde bedre overlevelse enn den antatt følsomme populasjonen, men friskvekten var generelt redusert (Figur 3). Det trengs nærmere undersøkelse for å konkludere om resistens i dette tilfellet siden effekten av Hussar OD på grasugrasene markrapp og tunrapp kan variere mye. Med de laveste doser som ble testet (3 og 6 ml/daa) kan man ikke forvente å bekjempe tunrapp og markrapp (jf. etiketten til Hussar OD). Behandling ved tidligere utviklingsstadium og høyere dosering bør derfor testes. Atlantis OD og Select hadde god virkning mot alle populasjonene, mens Boxer ikke hadde målbar effekt (resultat ikke vist i

figurene). Boxer virker først og fremst gjennom jorda og ved tidlig behandling. Utviklingsstadium og myrjorda vi brukte i pottforsøkene kan delvis forklare denne manglende effekten. Den manglende effekten av Boxer bør undersøkes nærmere, selv om vi antar at det ikke resistens som er årsaken.



Figur 2. Punktene viser vekst målt som friskvekt av overjordiske plantedeler per potte hos tre populasjoner (1,2,3) av hønsegras etter behandling (ledd) med tre ALS-hemmere samt resistensbryteren Ariane S 50. Linjer er gjennomsnitt av friskvekt (8 potter) etter behandling. Ledd 1 er ubehandlet kontroll; ledd 2-4 er behandlet med Express med 0,7/1,4/4,2 g/daa; ledd 5-7 er behandlet med Hussar OD 2,5/5/15 ml/daa; ledd 8-10 er behandlet med Primus 3,5/7/21 ml/daa; ledd 11 er behandlet med Ariane S 192 ml/daa. Hønsegraset ble samlet inn av NLR Østafjells.



Figur 3. Vekst hos 11 populasjoner av tunrapp og en populasjon av markrapp (nr. 9 i figuren) fra Østlandet etter behandling med ugrasmidlet Hussar OD (3, 6 eller 12 ml/daa) sammenlignet med en sannsynlig følsom populasjon (populasjon 1). Figuren over viser friskvekt av overjordiske plantedeler per potte. Figuren under viser en visuell vurdering av plantene der 4 er uskadd, dvs. ingen forskjell fra usprøytet kontroll; 3 er lett skadet; 2 er sterkt skadet men bør overleve; 1 er litt liv men kommer sannsynligvis til å dø; 0 er klart døde

4.2.2 Morfologisk artsbestemmelse av då

Kun et fåtall av då-frøene som ble samlet fra feltet med mistenkt resistens mot ALS-hemmer spirte. De plantene som ble vurdert var så vanskelig å identifisere til og med ved blomsterstadiet at de ikke kunne bestemmes til art ved hjelp av morfologiske metoder. I senere studier vil det være aktuelt å se på om disse kan identifiseres med molekylære metoder.

4.2.3 CAPS-testing av balderbrå og stivdylle

CAPS-tester som kan identifisere flere mutasjoner i ALS Pro197 som er assosiert med resistens mot ALS-hemmere hos balderbrå og stivdylle er testet og etablert, og er klare til bruk. ALS Pro197 mutasjoner er blant de vanligste som gir resistens mot ALS hemmere. For både balderbrå og stivdylle ble det funnet mutasjoner som ikke er beskrevet for disse artene i litteraturen. Testene som er utviklet kan detektere disse mutasjonene (Skårn m. fl., upublisert).

4.2.4 Resistensmutasjonstesting av gjetertaske

De to gjetertaskeplantene som vi mottok fra NLR ble sekvensert og analysert, og det var tydelig at de hadde en mutasjon i ALS Pro197 som er assosiert med resistens mot ALS-hemmere (Cui m. fl. 2012). Dette ble rapportert til den globale databasen for resistente ugras - the International Herbicide-Resistant Weed Database (Heap 2020). Antallet ugrasarter med resistens mot ALS-hemmere i Norge kan nå dermed sies være åtte, med en merknad om at då-arter er ikke innrapportert til den globale databasen da det kreves en artsbestemmelse til art-nivå.

4.2.5 Feltforsøk i vårkorn og høsthvete

Feltforsøk med ulike ugrasmidler kan gi en indikasjon på om det er resistente ugras tilstede på arealene og si noe om hvilke ugrasmidler som kan være resistensbrytere. Gammel og ny versjon av VIPS-ugras ble også testet. Tabell 4 viser resultater over antatt resistente arter i vårkorn og høstkorn.

Resultatene viste at Express hadde svak effekt på vassarve og balderbrå i forsøksfeltet med bygg i Ås (anlagt av NIBIO Plantehelse), og det er derfor mistanke om at disse ugraspopulasjonene var resistente (Tabell 4). Leddene med Pixxaro virket på vassarve og vil være resistensbryter på vassarve, men Pixxaro i blanding med Hussar Plus OD og DFF virket svakt på balderbrå, men hadde bra virkning når Pixxaro var blandet med CDQ. Tripali+ Spitfire og Kinvara hadde bra effekt både på balderbrå og vassarve, men ledd med Duplosan meko hadde god effekt kun på vassarve. VIPS-leddene hadde god effekt på begge artene med unntak av «gammel valg 2» på balderbrå.

I forsøksfeltet med vårhvete ved Hønefoss (anlagt av NLR Østafjells) var det antageligvis resistent balderbrå fordi behandlingen med Express hadde veldig dårlig virkning mot denne balderbråpopulasjonen. Behandlinger med CDQ + Pixxaro, og særlig Hussar Plus OD + DFF + Pixxaro, hadde også svak effekt. Balderbråplanter fra denne populasjonen ble sendt inn til NIBIO for molekylær analyse, men vi fikk ikke noe brukbart resultat av CAPS-testen i dette tilfellet. Grunnen til dette er foreløpig ukjent, men dårlig effekt kan også skyldes andre årsaker enn resistens.

I feltforsøkene med høsthvete i Ås (NIBIO Plantehelse) var det resistent balderbrå og antaglig resistent vassarve (Tabell 4). Balderbråplantene var antagligvis resistent mot både tribenuron og metsulfuron, som hadde dårlig effekt, mens florasulam ser ut til å ha god effekt mot denne populasjonen.

Molekylære tester viste at balderbråplantene hadde mutasjoner som er assosiert med resistens mot ALS-hemmere. Resultatene viste at det resistente ugraset hadde spredt seg flere hundre meter siden det først ble påvist. Starene XL, Tripali og Rexade virket godt på resistent balderbrå og vassarve i høsthvete og kan være resistensbrytere, mens VIPS-valgene ga dårlig effekt fordi resistent balderbrå ikke ble lagt inn i modellen.

I høstveteforsøket på Øsaker (NLR Øst) var det antakelig en resistent vassarvepopulasjon, da et lite, tett bestand av vassarve på en av rutene ble lite påvirket av behandling med CDQ (metsulfuron-metyl+tribenuron-metyl). Som vanlig var det flere forsøksfelt i korn som hadde innslag av resistente ugrasarter i 2019-sesongen. Det ble også anlagt ugrasforsøk i korn i 2020 som hadde fokus på resistens, men resultater er ikke klare derfra enda. Resistensproblemer dukker også opp i forsøk hvor dette ikke er fokus. Ved tolking av resultater fra feltforsøk må usikkerheten med hensyn til mulig resistente ugras alltid tas hensyn til. Flere resultater fra feltforsøkene finnes hos Wærnhus m.fl. (2020).

Tabell 4: Prosent effekt 3-4 uker etter sprøyting på antatt resistente ugras i 2019. For doser og mer opplysninger om behandlingene se Wærnhus m.fl. (2020).

Behandlinger i vårkorn (preparat dose pr. daa i bygg/vårhvete), serie U02.03.160/161												
Lokalitet og Ugrasart	Usprøytet	1,5 g Express 50 SX + DP-kl.middel	3,5 g Tripali+ 30 ml Spitfire + DP-kl.middel	2 g CDQ + 25 ml Pixxaro + DP-kl.middel	225 ml Kinvara	12/15 ml Hussar Plus OD + 120/150 ml Duplosan	10/12 ml Hussar Plus OD + 4,2 g DFF + 12,5 ml Pixxaro	VIPS gml. 1. valg ¹⁾	VIPS gml. 2. valg	VIPS ny 1. valg	VIPS ny 2. valg	LSD 5%
Bygg, Ås:												
Balderbrå	0	57	100	100	100	80	67	100	100	100	77	41
Vassarve	0	73	100	97	100	100	100	100	100	100	100	11
Vårhvete, Hønefoss:												
Balderbrå	0	31	90	74	97	78	56	88	95	87	95	18
Behandlinger i høstvete (preparat dose pr. daa), serie U03.01.0172												
Lokalitet og Ugrasart	Usprøytet	120 ml Starane XL	3,5 g Tripali + DP-kl.middel	2 g CDQ + 25 ml Pixxaro	67 ml R7U12	15 ml Hussar Plus OD + 12,5 ml Pixxaro + Mero	15 ml Hussar Plus OD + 4,8 ml DFF + Mero	5 g Rexade 440 + PG26N	VIPS gml.-1. valg ²⁾	VIPS gml.2. valg		LSD 5%
Høstvete, Ås:												
Balderbrå	0	83	95	30	52	32	23	99	43	50		42
Vassarve	0	93	92	57	62	77	43	92	20	0		19
Høstvete, Øsaker:												
Vassarve ³⁾	0	100	100	100	100	100	100	100	47	67		41

1)VIPS-valg i vårkorn:

Ås: Gammel Vips, Valg 1: Starane XL 73 ml + CDQ SX 0,4 g + Biowet 10 ml

Gammel Vips, Valg 2: Duplosan Meko 81 ml + Express SX 0,77 g + Biowet 10 ml

Ny Vips, Valg 1: Spitfire 333 HL 31 ml + CDQ SX 1,7 g + Biowet 10 ml

Ny Vips, Valg 2: Ratio Super SX 1,3 g + Duplosan Meko 96 ml + Biowet 10 ml

Hønefoss: Gammel Vips, Valg 1: Ariane S 175 ml

Gammel Vips, Valg 2: Duplosan Meko 189 ml + Flurostar 200 75 ml

Ny Vips, Valg 1: Flurostar 200 8,3 ml + Ariane S 250 ml

Ny Vips, Valg 2: Starane XL 16 ml + Ariane S 250 ml

2)VIPS-valg i høstvete:

Ås: Valg 1: CDQ SX 3,17 g + Biowet 10 ml, Valg 2: Ally Class 3,73 g

Øsaker: Valg 1: CDQ SX 1,17 g + Biowet 10 ml, Valg 2: Ally Class 1,38 g

3)7-9 u. e.sprøyting

5 Resistensrisiko i utvalgte plantekulturer

Dette avsnittet gir oversikt over noen kulturer der vi vurderer risikoen for resistens hos enkelte viktige skadegjørere som middels til høy når det gjelder forekomst av resistens og de mulighetene produsentene har til å gjennomføre effektive anti-resistensstrategier. Resistensrisikovurderingen bygger på en kombinasjon av agronomisk risiko ut fra hvordan de kjemiske plantevernmidlene brukes og iboende risiko hos skadegjørerne og plantevernmidlene (EPP0 2015). Vi har lagt særlig vekt på hva som finnes av tilgjengelig informasjon om forekomst av resistens i Norge, behovet for bekjempelse av skadegjørerne, produsentenes tilgang til kjemiske plantevernmidler med forskjellige biokjemiske virkemåter og mulighetene de har for å bruke alternative bekjempelsesmetoder.

5.1 Korn

Resistens hos skadedyr i korn er ikke undersøkt, men det er risiko for resistens mot pyretroider fordi dette er den eneste middelgruppen som er godkjent mot de fleste av de vanligste skadedyrene. Ingen feltresistent er påvist mot triazoler hos patogene sopper i norsk korn, men det er påvist variasjon i følsomhet mot triazoler i laboratorieforsøk med hveteaksprikk (*Parastagonospora nodorum*) og det er mistanke om resistensutvikling mot triazoler hos hvetebladprikk (*Septoria tritici*). Resistens mot ALS-hemmere er påvist hos flere ugras-arter.

5.1.1 Skadedyr

Ulike skadedyrarter kan gjøre økonomisk skade i korn gjennom mesteparten av vekstsesongen. Fra vekstsesongen 2021 ser det per i dag ut til at pyretroider (IRAC gruppe 3A) og flonikamid (IRAC gruppe 29) vil være godkjent mot havrebladlus og kornbladlus, mens det bare blir pyretroider som kan brukes mot de andre skadedyrene. Dette gir risiko for resistensutvikling mot pyretroider dersom det sprøytes ofte fordi:

- Det mangler effektive og praktisk anvendbare alternativer til kjemisk bekjempelse.
- Ved behov for bekjempelse må pyretroidene brukes ensidig mot de fleste skadedyrene.
- Pyretroider har svært skadelig og langvarig virkning på de fleste nyttedyr, noe som kan øke behovet for sprøyting mot skadedyrene.
- Resistens mot pyretroider er påvist hos kornbladlus (*Sitobion avenae*), bl.a. i Storbritannia (Foster m. fl. 2013). Bladlus kan fraktes over svært lange avstander med vindstrømmer, slik at vi ikke kan utelukke at resistente individer av kornbladlus kan introduseres til Norge.

5.1.2 Plantesykdommer

Antall fungicider som har ulike biokjemiske virkemåter som kan brukes i korndyrking er svært begrenset. Dette kan bli en stor utfordring hvis effektiviteten av noen midlene reduseres og/eller antall sprøytinger økes fra en til to ganger per sesongen pga. for eksempel sterk smittepress eller gulrustangrep. Per i dag ser det ut som triazoler (protriokonazol og propiokonazol) fortsatt virker bra mot bladflekksjukdommer, men laboratorieforskene med hveteaksprikk viser at følsomheten kan variere. Strobiluriner er ikke anvendt i praksis uten gode blandingspartnere og det er derfor vanskelig å vurdere effektiviteten av denne fungicidgruppen. Vi har ikke tilstrekkelig datagrunnlag for å kunne vurdere risiko for resistensutvikling mot SDHIs innen bladflekksjukdommer.

Vi samlet inn bladprøver fra to konvensjonelle høstvetefelt i juli 2019. Før innsamling hadde det blitt sprøytet to ganger med redusert og full dose av anbefalte soppmidler, men virkningen på sykdomsutviklingen var liten. Bladene var smittet med hvetebladprikk (*Septoria tritici*), ikke med hveteaksprikk (*Parastagonospora nodorum*), som vanligvis dominerer bladflekksjukdoms-

komplekset i norsk hvete. Vi har mistanke om resistensutvikling og har sent isolatene til Aarhus Universitet i Danmark for testing for mutasjoner i CYP51 genen, som kan redusere følsomheten hos patogenet mot triazoler (bl.a. protiokonazol og propiokonazol i hhv. Proline og Bumper). Vi venter fortsatt på svar på testene. Triazolresistens i hvetebladprikk er godt kjent i resten av Europa, hvor dette patogenet dominerer i hvete.

I løpet av de siste ni årene har vi samlet inn isolater av hveteaksprikk og testet dem for redusert følsomhet mot azoxystrobin (Amistar), propiokonazol (Bumper) og protiokonazol (Proline). Vi ser at rundt 50-60 % av isolatene ikke lenger reduseres til 50 % mycelvekst (EC₅₀) med 1 mg Amistar/L, dvs. at graden av følsomhet er redusert. Det er variasjon i følsomheten hos ulike isolater fra populasjoner av hveteaksprikk mot Proline, mens det er lite variasjon i reduksjonen av mycelvekst i de samme isolatene testet med Bumper. Vi har ikke sett eller hørt om bekreftet feltresistens mot Proline eller Bumper hos hveteaksprikk i Norge så langt, men vi forventer at risikoen for resistensutvikling øker med økt smittepress, og dermed økt sprøytebehov, i vår og høsthvete. Dette gjelder spesielt med tanke på klimaendringene og det begrensede antallet aktive stoffer med forskjellig biokjemiske virkemåter som er tilgjengelig for dyrkerne.

5.1.3 Ugras

Åtte ugrasarter har utviklet resistens mot ALS-hemmere i Norge. Det kan se ut som om antall resistente populasjoner er økende, og derfor er det viktig å ha fokus på å bremse denne utviklingen. Gjetertaske er ny på listen over resistente arter i Norge. Ugrasmiddelresistensen i Norge så langt er begrenset til ALS-hemmere. Dette betyr at herbicider med andre biokjemiske virkemåter fremdeles fungerer og kan brukes som resistensbrytere. I de testene vi har gjort viser disse seg nesten alltid å være effektive også mot de resistente ugrasene. Det er viktig å ha fortsatt fokus på resistensproblematikk i korndyrkinga i Norge. Ensidig og mangeårig bruk av ALS-hemmere vil med stor sannsynlighet resultere i flere resistente ugraspopulasjoner. Dyrkere som har fått innslag av resistente ugrasfrø i jorda, vil måtte slite med disse i mange år framover.

Korn er en av de kulturene der det kan anvendes flest ugrasmidler med flere ulike biokjemiske virkemåter. Om det resistente ugraset sprer seg til andre kulturer kan dette føre til at vi får et mer begrenset antall midler som kan brukes der i fremtiden. Det blir også færre og færre ugrasmidler tilgjengelig på det norske markedet generelt, så det er viktig å forsøke og bevare virkning av de midlene som finnes og fordi ALS-hemmerne er en nødvendig ugrasmiddelsgruppe.

5.2 Oljevekster

Den største utfordringen i oljevekster er knyttet til resistens mot pyretroider hos skadedyr. Glansbiller (*Brassicogethes/Meligethes* artskompleks) og jordlopper (først og fremst *Phyllotreta* spp.) kan gjøre stor økonomisk skade i oljevekster. I herjingsår kan også kålmøll (*Plutella xylostella*) gjøre stor økonomisk skade. Fra vekstsesongen 2021 ser det per i dag ut til at det kun blir pyretroider (IRAC gruppe 3A) som kan brukes mot skadelige insekter i oljevekster. Det er allerede påvist resistens mot pyretroider hos glansbiller og immigrerende kålmøll. Hvis pyretroider må brukes ensidig framover er det stor risiko for eskalering av pyretroidresistensen hos glansbiller og for resistensutvikling hos jordlopper. Det er også forventet at pyretroider kan ha dårlig virkning på kålmøll.

5.2.1 Glansbiller (rapsglansbille o.a. glansbillearter)

Det er fare for eskalering av allerede eksisterende pyretroidresistens fordi:

- Rapsglansbille (*Brassicogethes aeneus*) er vurdert som en art som har høy risiko for å utvikle resistens (EPPO 2015, IRAC 2017). Dette underbygges av det store antallet rapporter om resistens fra europeiske land (IRAC 2019). Denne arten er en del av artsgruppen glansbiller som opptrer i norske oljevekststakre.

- Det mangler effektive og praktiske anvendbare alternativer til kjemisk bekjempelse.
- Det ser ut til at pyretroider blir eneste biokjemiske virkemåte som blir tillatt brukt fra vekstsesongen 2021.
- Det er behov for å sprøyte med kjemiske midler 2-4 ganger hvert år.
- Det er har blitt påvist moderat til høy resistens mot pyretroider i flere disktrikter hvor det dyrkes oljevekster i Norge (Johansen m.fl. 2017; 2019). De siste årene ser det ut til at resistensen har gått noe tilbake. Det skyldes antakelig at det produsentene har kunnet skifte mellom midler med tre ulike biokjemiske virkemåter i den siste 10-årsperioden. Dette er ikke lenger mulig.
- Testing av glansbiller fra flere norske oljevekståkre i 2018 viste at glansbillene fremdeles hadde full følsomhet for indoksakarb (biokjemisk virkemåte 22A) (Johansen m.fl. 2019). Det er usikkert om midler med indoksakarb får fornyet godkjenning. Det er stort behov for dette midlet som resistensbryter for pyretroidene.

5.2.2 Jordlopper

Det er fare for resistensutvikling mot pyretroider fordi:

- Det mangler effektive og praktiske anvendbare alternativer til kjemisk bekjempelse.
- Frøbeising med neonicotinoider (biokjemisk virkemåte 4A) er ikke lenger tillatt. Konsekvensen er at det i stedet må sprøytes på nylig oppspirte planter, ofte 1-2 ganger hvert år. Det er bare pyretroider som kan brukes til denne sprøytingen.
- Det kommer i økende grad rapporter om resistens mot pyretroider hos jordlopper (særlig rapsjordloppe, *Psylliodes chrysocephala*), fra andre land i Europa, bl.a. Danmark (Høiland & Kristensen, 2018) og Storbritannia (Dewar 2017). Dette sees på som en konsekvens av manglende alternativer til pyretroidene. Resistens hos jordlopper er ikke undersøkt i Norge. Jordloppenes følsomhet for pyretroider bør overvåkes for å følge med på resistensutviklingen.
- Pyretroider er eneste alternativ mot jordlopper i kålvekster også.

5.2.3 Kålmøll

Tidspunkt og størrelse av kålmøllangrep i Norge bestemmes for en stor del av immigrasjon av kålmøll fra andre land. Det sprøytes mye med kjemiske midler mot kålmøll, og resistens er påvist mot bl.a. pyretroider, neonicotinoider og indoksakarb i land utenfor Norge (Furlong m.fl. 2013). Kålmøll er den skadedyrarten hvor det foreligger flest rapporter om resistens på verdensbasis (IRAC 2017). Det ser ut til at pyretroider blir den eneste middelgruppen som er tillatt brukt mot kålmøll i oljevekster fra vekstsesongen 2021. Immigrasjon av resistente kålmøll kan gi problemer med bekjempelsen av kålmøll i norsk oljevekstproduksjon fordi:

- Det mangler gode alternativer til kjemisk bekjempelse. I herjingsår er derfor stort behov for flere kjemiske behandlinger i løpet av vekstsesongen.
- Resistens mot pyretroider ble påvist hos kålmøll-larver samlet fra norske åkre med kålvekster i 2016 og 2019 (de eneste undersøkelsene som foreligger, begrenset antall populasjoner undersøkt) (Johansen m.fl. 2017; denne rapporten). Det er sannsynlig at en stor del av kålmøll-larvene stammet fra immigrerende kålmøll.
- Larvene som ble samlet inn i 2016 og 2019 var følsomme mot indoksakarb men det er usikkert om dette midlet får fornyet godkjenning (Johansen m.fl. 2017; denne rapporten), og risikoen for at immigrerende kålmøll er resistente mot indoksakarb er ukjent.

5.3 Potet

Det er risiko for resistens hos potetsikade (*Empoasca vitis*) og potettørråte (*Phytophthora infestans*).

5.3.1 Potetsikade

Potetsikade kan gjøre økonomisk skade i potet. Det er risiko for resistens mot pyretrorider hos dette skadedyret fordi:

- Det mangler effektive og anvendbare alternativer til kjemisk bekjempelse.
- Fra vekstsesongen 2021 kan de se ut som om pyretrorider (biokjemisk virkemåte 3A) blir den eneste middelgruppen som er tillatt brukt mot potetsikade (og teget).
- I 2004 ble det meldt om sviktende virkning av pyretrorider mot potetsikade i viktige potetdyrkingsdistrikt, og mutasjoner som gir resistens mot pyretrorider (knock down resistance - *kdr/skdr*) ble påvist i populasjoner samlet øst og vest for Oslo-fjorden (Johansen m.fl. 2017). Det er ikke gjort nyere undersøkelser av følsomheten for pyretrorider hos potetsikade, og utbredelsen av *kdr/skdr*-mutasjoner i dag er ukjent. Det er imidlertid risiko for at mutasjonene fremdeles finnes i noen potetsikadepopulasjoner.
- Ensidig bruk av pyretrorider gir risiko for resistens, særlig i populasjoner med individer som er bærere av *kdr/skdr*-mutasjonene.

5.3.2 Potettørråte

Potettørråte (*Phytophthora infestans*) er det største sjukdomsproblemet i norsk potetproduksjon. Det er risiko for resistens fordi:

- Det sprøytes ofte mot tørråte syv-åtte ganger gjennom vekstsesongen.
- *Phytophthora infestans* er et medium risiko patogen på grunn av at det har vært rask utvikling av resistens mot phenylamid-fungicider (PA, FRAC 4), men uten at det har utviklet seg resistens mot CAA-fungicider («carboxylic acid amides», FRAC 40), QoI-fungicider (FRAC 11), QiI-fungicider («quinone inside inhibitors», FRAC 21), cymoxanil («cyanoacetamideoxime», FRAC 27), «carbamates» (FRAC 28), eller «organotins» (FRAC 30) (FRAC Pathogen Risk List, 2019).
- Metalaksyl-M (PA, FRAC 4) er et høyrisiko fungicid (FRAC Code List, 2020) og det har blitt påvist resistens hos isolater av *P. infestans* i Norge (Hermansen m. fl. 2000; Johansen m. fl. 2017).
- I et EU-prosjekt som ble avsluttet i 2019, ble isolater av *P. infestans* fra tre ulike år testet for resistens mot propamokarb («carbamates», FRAC 28), cyazofamid (QiI, FRAC 21), fluazinam («2,6-dinitro-anilines», FRAC 29) og mandipropamid (CAA, FRAC 40). Det ble ikke funnet resistens eller nedsatt følsomhet (Eikemo, H., kommunikasjon).

5.4 Kålvekster

Kålvekster angripes av mange skadedyr som kan gjøre stor økonomisk skade gjennom hele vekstsesongen. Jordlopper (*Phyllotreta* spp.), kålmøll (*Plutella xylostella*) o.a. sommerfuglarter, liten og stor kålflue (*Delia radicum* og *D. floralis*), teget (*Lygus* spp.) og kålbladlus (*Brevicoryne brassicae*) er de viktigste skadedyrene i kålvekster. Det er liten mulighet for å veksle mellom midler med forskjellig biokjemiske virkemåter mot disse skadedyrene, noe som er uheldig med tanke på faren for resistensutvikling. Resistensrisikoen ansees størst hos kålmøll og jordlopper.

5.4.1 Kålmøll

Tidspunkt og størrelse av kålmøllangrep i Norge bestemmes for en stor del av immigrasjon av kålmøll fra andre land. Det sprøytes mye med kjemiske midler mot kålmøll og resistens er påvist mot bl.a. pyretroider, indoksakarb og spinosad i land utenfor Norge (Furlong m.fl. 2013). Kålmøll er den skadedyrarten hvor det foreligger flest rapporter om resistens på verdensbasis (IRAC 2017). Det er to middelgrupper med forskjellige biokjemiske virkemåter som kan brukes mot kålmøll i norsk dyrking av kålvekster: Spirotetramat (IRAC gruppe 23, utvidet bruksområde av mindre betydning) og pyretroider (IRAC gruppe 3A). Immigrasjon av resistente kålmøll kan gi problemer med bekjempelsen av kålmøll i norsk produksjon av kålvekster fordi:

- Det mangler effektive og praktisk anvendbare alternativer til kjemisk bekjempelse. Når det er stor immigrasjon av kålmøll er det ofte behov for 3-4 kjemiske behandlinger i løpet av vekstsesongen.
- Kålmøll har opptil 3 generasjoner i løpet av vekstsesongen. Seleksjon av resistente individer skjer i hver generasjon.
- Resistens mot pyretroider ble påvist hos kålmøll-larver samlet fra norske åkre med kålvekster i 2016 og 2019 (de eneste undersøkelsene som foreligger, begrenset antall populasjoner testet) (Johansen m.fl. 2017; denne rapporten). Det er sannsynlig at en stor del av kålmøll-larvene stammet fra immigrerende kålmøll.
- Kålmøll-larvene som ble testet i 2016 og 2019 hadde full følsomhet for indoksakarb (IRAC gruppe 22A) og spinosad (IRAV gruppe 5) (Johansen m.fl. 2017; denne rapporten). Hvor stor risikoen er for at immigrerende kålmøll er resistente mot spirotramat, spinosad eller indoksakarb er ukjent, da det avhenger av resistensutvikling i landene kålmøllen emigrerer fra et gitt år. Det har vi ikke oversikt over. Det er dessuten usikkert om indoksakarb og spinosad får fornyet godkjenning.

5.4.2 Jordlopper

Det er risiko for resistensutvikling mot pyretroider fordi:

- Det mangler effektive og praktisk anvendbare til kjemisk bekjempelse.
- Det kan være behov for 1-2 kjemiske behandlinger per år.
- Fra vekstsesongen 2021 kan de se ut som om det bare blir pyretroider som kan brukes mot jordlopper.
- Pyretroider må brukes ensidig hos jordlopper i oljevekster også.
- Resistens hos jordlopper er ikke undersøkt i Norge. Det bør gjøres en kartlegging av jordloppenes følsomhet for pyretroider for å følge med på resistensutviklingen.

5.5 Løk

5.5.1 Løkgråskimmel

Løkgråskimmel forårsaker halsrøte og er et stort problem i løkproduksjon. Løkgråskimmel gjør at kepaløk og sjalottløk råtner under lagring. Det er risiko for resistens fordi:

- *Botrytis allii*, en av de *Botrytis*-artene som forårsaker løkgråskimmel, har høy risiko for utvikling av fungicidresistens (FRAC Pathogen Risk List, 2019).
- Der det er problemer med løkgråskimmel i Norge sprøytes det flere ganger gjennom sesongen med fungicider som har spesifikk virkning: Signum som inneholder pyraklostrobin (QoI, FRAC 11) og

boskalid (SDHI, FRAC 7); og Switch som inneholder cyprodinil (AP, FRAC 9) og fludioksonil (PP, FRAC 12). Det er risiko for resistensutvikling mot disse fungicidene.

- I tillegg bekjempes løkgråskimmel med beising av frø i dag, men produktet som brukes, Topsin, skal ikke brukes til dette formålet etter oktober 2021. Ifølge FRAC Pathogen Risk List (2019), er det mindre risiko for resistens knyttet til frøoverførte sykdommer, men Topsin inneholder tiofanatmetyl (MBC, FRAC 1), som er i høyrisikokategori for fungicidresistens og resistens er kjent i *Botrytis*.

5.6 Bær

Det er påvist store problemer med resistens og multiresistens hos gråskimmelsoppen (*Botrytis* spp.) og tegn til begynnende resistensoppbygging hos veksthusspinnmidd (*Tetranychus urticae*) i jordbær og bringebær. Det er påvist mutasjoner som kan gi resistens mot pyretroider hos jordbærnutebille (*Anthonomus rubi*) og jordbærmjöldogg (*Podosphaera aphanis*).

5.6.1 Jordbærnutebille

Jordbærnutebille kan gi stor økonomisk skade i jordbær og bringebær. Det er risiko for resistens mot pyretroider fordi:

- Det mangler effektive og praktisk anvendbare alternativer til kjemisk bekjempelse.
- En mutasjon som gir resistens mot pyretroider (knock down resistance, *kdr*) ble påvist hos to av ti populasjoner i 2004 (Johansen m.fl. 2017). Det er ikke gjort nyere undersøkelser av følsomheten for pyretroider hos jordbærnutebille, så utbredelsen av *kdr*-mutasjonen i dag er ukjent. Noen billepopulasjoner kan fremdeles ha denne mutasjonen.
- Fra 2021 blir kun pyretroider tilgjengelig dersom det ikke godkjennes nye preparater med andre biokjemiske virkemåter. Ensidig bruk av pyretroider gir risiko for resistens, særlig i populasjoner med individer som er bærere av *kdr*-mutasjonen.
- Fra 2021 blir pyretroider antakeligvis den eneste biokjemiske virkemåte som kan brukes mot flere andre skadedyr, og jordbærnutebiller som måtte befinne seg i jordbærråkeren samtidig vil også bli rammet av disse sprøytingene. Dette kan øke seleksjonen av resistente individer.

5.6.2 Veksthusspinnmidd

Veksthusspinnmidd kan gi stor økonomisk skade i jordbær og bringebær. Det er midler med tre forskjellig biokjemiske virkemåter som kan brukes mot spinnmidd: Envidor (spirotetramat i IRAC gruppe 23), Floramite (bifenazat i IRAC gruppe 20D) og Milbeknock (milbemektin i IRAC gruppe). Godkjenningen for alle tre midlene løper ut i juli 2021. Det er risiko for at utvikling av resistens og multiresistens dersom det ikke settes inn motvirkende tiltak fordi:

- Veksthusspinnmidd har høy risiko for å utvikle resistens mot kjemiske midler (EPPO 2015).
- Noen dyrkere har rapportert om sviktende virkning av middmidler og mistenker resistens.
- Det er nylig funnet tegn til begynnede resistensoppbygging mot bifenazat, spirodiklofen og fenpyroksimat (i IRAC gruppe 21A, godkjenning går ut 30.04.2021) hos veksthusspinnmidd i fem norske jordbær- og bringebærfelt. På alle stedene hadde midlene nedsatt følsomhet mot minst to av midlene. Veksthusspinnmidlen hadde full følsomhet for abamektin (Johansen m.fl. 2019).
- Rovmidd kan brukes mot veksthusspinnmidd, men bruken på friland begrenses ofte av at det må sprøytes med pyretroider mot jordbærnutebille, og av klima som er lite gunstig for rovmidlen.

Hvis rovmidd ikke kan brukes, eller er effektiv nok, kan det være behov for flere kjemiske behandlinger mot veksthuspinnmidd gjennom vekstsesongen.

- Veksthuspinnmidd er svært polyfag og kan derfor bli eksponert for sprøytinger med de samme middelene i flere kulturer.
- Økt bruk av fungicider pga. resistens hos gråskimmel kan stimulere til oppblomstring av veksthuspinnmidd, noe som i sin tur kan øke behovet for kjemisk behandling av spinnmidden.
- Følsomheten for bifenazat, spirodiklofen og milbemektin (og fenpyroksimat dersom Danitron får fornyet godkjenning) bør overvåkes for å følge med på resistensutviklingen.

5.6.3 Gråskimmel

Gråskimmel (*Botrytis* spp.) i bær er en av de viktigste sykdommene og største årsakene til økonomisk tap i bærproduksjonen i Norge. Det er risiko for resistens fordi:

- Værforhold under vekstsesongen er ofte gunstige for utvikling av gråskimmel, og kjemisk bekjempelse er nødvendig for kontroll. Det er særlig viktig med fungicidbehandling under blomstring i jordbær, bringebær, bjørnebær, hageblåbær og *Ribes*-arter.
- I *Botrytis* fra jordbær og bringebær i Norge er det påvist resistens mot alle fungicider som er tillatt brukt mot gråskimmel i bær:
 - Signum (pyraklostrobin og boskalid): Høyrisiko nivå av resistens er påvist mot både pyraklostrobin (QoI, FRAC 11) og boscalid (SDHI, FRAC 7).
 - Teldor (fenheksamid): Høyrisiko nivå av resistens er påvist mot fenheksamid (HA, FRAC 17).
 - Switch (cyprodinil og fludioksonil): Det er påvist høy og mellom risiko nivå for resistens mot pyrimetanil (AP, FRAC 9, kryss-resistens med cyprodinil i samme gruppe) og fludioksonil (PP, FRAC 12) i flere prøver.
 - Luna Sensation (trifloksystrobin og fluopyram): Høyrisiko nivå for resistens er påvist mot pyraklostrobin (QoI, FRAC 11), som har kryss-resistens med trifloksystrobin (QoI, FRAC 11) og andre QoI-fungicider. Det er også funnet noe resistens mot fluopyram (SDHI, FRAC 7), som noen ganger kan ha kryss-resistens med andre SDHI-fungicider, avhengig av hvilken mutasjon som er involvert.
- Multiresistens, det at enkelte soppstammer er resistente mot flere fungicider, er vanlig i *Botrytis* fra både jordbær og bringebær. Konsekvensen av dette er at bruk av enkelte fungicider kan bidra til å opprettholde og selektere for resistens mot andre fungicider som tilhører ulike kjemiske grupper.
- Fungicidresistente og multiresistente *Botrytis* kommer inn i felt som latent smitte med plantemateriale. Resistente *Botrytis* er funnet i norskproduserte og importerte småplanter av jordbær i Norge (denne rapporten) og i utlandet i jordbær (Oliveira m. fl., 2017; Weber & Entrop, 2017a) og bringebær (Weber & Entrop, 2017b).
- De samme fungicidene som brukes mot gråskimmel i jordbær og bringebær brukes også mot gråskimmel i bjørnebær, hageblåbær og rips. Det er derfor risiko for fungicidresistens hos *Botrytis* i disse vekstene også, men det er ikke undersøkt i Norge enda.

5.6.4 Jordbærmjøldogg

Jordbærmjøldogg (*Podosphaera aphanis*) er en viktig sykdom i jordbær. Det er risiko for resistens fordi:

- Jordbærmjøldogg bekjemper i stor grad med fungicider i Norge.

- Det har blitt påvist mutasjoner som gir resistens mot azoksystrobin (QoI, FRAC 11) i Amistar og penkonazol (DMI «demethylation inhibitors», FRAC 3) i Topas hos isolater av jordbærmjødogg samlet fra jordbærplanter hos en norsk produsent (Stensvand m. fl., 2017). Azoksystrobin har kryss-resistens med pyraklostrobin og trifloksystrobin i henholdsvis Signum og Luna Sensation. Resistens mot en av disse QoI-fungicidene betyr resistens mot alle i praksis.
- Redusert sensitivitet til penkonazol er også påvist hos jordbærmjødogg i Frankrike (Sombardier m. fl., 2010).

5.7 Frukt

5.7.1 Gråskimmel

Gråskimmel er en viktig lagersykdom i eple, og *Botrytis* kan i tillegg forårsake begerrote. Gråskimmel er også problematisk under lagring og omsetning i kirsebær og plomme. Det er risiko for resistens fordi:

- Kjemisk bekjempelse av gråskimmel er vanlig under blomstring i eple, kirsebær og plomme.
- Gråskimmelsopp (*Botrytis cinerea*) har høy risiko for resistensutvikling (FRAC Pathogen Risk List, 2019).
- Det er påvist resistens mot flere fungicider hos gråskimmel fra eple i Norge. Det ble påvist resistens mot tiofanatmetyl (MBC, FRAC 1) i Topsin, fenheksamid (HA, FRAC 17) i Teldor, og pyrimetanyl (AP, FRAC 9) i Scala (Børve m. fl. 2018).

5.7.2 Epleskurv

Epleskurv (*Venturia inaequalis*) er en viktig sykdom i eple i Norge. Ved sterk angrep kan avlinger bli totalskadde. Det er risiko for resistens fordi:

- Det er ofte fire til åtte sprøytinger mot epleskurv per sesong.
- *Venturia inaequalis* er vurdert å ha høy risiko for resistensutvikling (FRAC Pathogen Risk List, 2019).
- Resistens har blitt påvist hos *V. inaequalis* i flere utenlandsstudier:
 - QoI (FRAC 11)-resistens i Tyskland, Chile og Italia (Köller m. fl. 2004; Fiaccadori m. fl. 2005; Sallato m. fl. 2006).
 - DMI (FRAC 3)-resistens i New Zealand og USA (Beresford m. fl. 2012 & Chapman m. fl. 2011).
 - MBC (FRAC 1)-resistens i USA (Chapman m. fl. 2011)
 - AP (FRAC 9)-resistens i New Zealand (Larsen m. fl. 2013).
 - SDHI (FRAC 7)-fungicider brukes ikke mot skurv i Norge, men resistens mot boskalid er påvist i Italia (Toffolatti m. fl. 2016).
- Resistens hos epleskurvpatogenet er ikke undersøkt i Norge, og vi har heller ikke fått tilbakemelding fra Norsk Landbruksrådgiving om mistenkt fungicidresistens.
- Det viktigste produktet i bruk mot epleskurv i Norge er Delan. Det aktive stoffet i Delan, ditianon (FRAC M09), har bredspektret virkning og lav risiko for resistensutvikling (FRAC Code List, 2020).

5.7.3 Pæreskurv

Pæreskurv (*Venturia pyrina*, synonym *Venturia pirina*) er en viktig sykdom i pære i Norge og kan resultere i totalskadde avlinger ved sterke angrep. Det er risiko for resistens fordi:

- Det er ofte fire til åtte sprøytinger mot pæreskurv per sesong.
- *Venturia pirina* er vurdert å ha medium risiko for resistensutvikling (FRAC Pathogen Risk List, 2019).
- Resistens mot MBC-fungicider (FRAC 1) var påvist i Israel og Frankrike på 1970-tallet (Gillpatrick, 1982).

5.8 Prydplanter i veksthus

5.8.1 Gråskimmel

Gråskimmel (*Botrytis* spp.) er problematisk i flere veksthusplanter. Høy luftfuktighet gir gode forhold for *Botrytis*, særlig under formering. Det er risiko for resistens fordi:

- *Botrytis cinerea* har høy risiko for resistensutvikling (FRAC Pathogen Risk List, 2019).
- Det har blitt påvist mye resistens hos *Botrytis* i andre kulturer i Norge.
- Mye import gir mulighet for resistente soppstammer å komme inn som latent smitte i plantemateriale. Det er f.eks. mye resistens hos gråskimmelsopp som følger med småplanter av jordbær fra Nederland (Nielsen m. fl. 2020).

5.8.2 Mjöldogg

Mjöldogg (*Erysiphe* spp.) er en viktig sykdom i prydplanter i veksthus. Problemer med mjöldogg i veksthusproduksjon kan ha store økonomiske konsekvenser. Det er risiko for resistens fordi:

- Mange ulike prydplanter er utsatt.
- Mjöldogg kan ha medium til høy risiko for resistensutvikling, avhengig av art (FRAC Pathogen Risk List, 2019).
- I norske roseproksjon, har det vært mistanke om resistens mot kresoksim-metyl (QoI, FRAC 11) hos mjöldogg (Tøppe, B., kommunikasjon).

5.9 Gran i planteskoler

5.9.1 Gråskimmel

Småplanter av gran er utsatt for gråskimmelangrep under formering. Infeksjon kan skje via unge nåler og vokse videre inn i greiner og skudd og forårsaker visning. Gråskimmel er i tillegg problematisk under kjølelagring av granplanter i planteskoler. Det er risiko for resistens fordi:

- Det sprøytes mot gråskimmel flere ganger i løpet av vekstsesongen for å unngå utbrudd.
- I norske granplanteskoler er det påvist resistens mot flere fungicider (Johansen m. fl. 2017):
 - Høy resistens mot tiofanatmetyl (MBC, FRAC 1) i Topsin, fenheksamid (HA, FRAC 17) i Teldor og trifloksystrobin (QoI, FRAC 11) i Delaro
 - Resistens mot pyrimetanil (AP, FRAC 9), som har kryss-resistens med cyprodinil (AP, FRAC 9) i Switch

- Moderat resistens mot fludioksonil i Switch
- Den MDR1h-genotypen som er gir multi-drug resistens (MDR) på grunn av en effluks-mekanisme er påvist hos gråskimmelsopp fra gran og planteskoler (Nielsen m. fl., upublisert). *Botrytis* med MDR1h-genotypen kan ha moderat resistens mot cyprodinil og fludioksonil i Switch.

6 Konklusjon

I flere viktige matkulturer i Norge er det enten allerede bekjempelsesproblemer som følge av resistens, påvist nedsatt følsomhet for plantevernmidler som kan gi bekjempelsesproblemer hvis resistensen får utvikle seg videre, og/ eller medium til høy risiko for resistensutvikling:

- Det er utfordringer med håndtering av resistens og multiresistens hos flere ugrasarter i korn, glansbiller i oljevekster, kålmøll i oljevekster og kålvekster, og hos gråskimmel i jordbær, bringebær og eple, samt i gran i granplanteskoler.
- Det er påvist nedsatt følsomhet som indikerer begynnende resistensutvikling mot bifenazat, spirotiklofen og fenpyroksimat hos veksthuspinmidd fra jordbær og bringebær, og mot triazoler hos hveteaksprikk.
- Det er mistanke om resistens mot triazoler hos hvetebladprikk fra hvete (avventer prøvesvar).
- Mutasjoner som fører til resistens mot pyretroider ble funnet hos potetsikade fra potet og jordbærskutebiller fra jordbær på noen lokaliteter i 2004. Hvor stor utbredelsen av disse mutasjonene er i dag er ukjent. Mutasjoner som gir resistens mot azöksystrobin og penkonazol er påvist i jordbærmjöldogg fra jordbær.
- Ut fra risikofaktorer hos skadegjørere og de plantevernmidlene som er tilgjengelig per i dag og forventet bruk av disse anser vi det for å være medium til høy risiko for resistensutvikling hos bl.a. følgende skadegjørere (resistens ikke undersøkt eller enda ikke påvist):
 - flere skadedyrarter i korn
 - jordlopper i oljevekster og kålvekster
 - potettørråte i potet
 - løkgråskimmel i løk
 - epleskurv i eple
 - pæreskurv i pære
 - gråskimmel og mjöldogg i prydplanter

Tilgang på stadig færre aktive stoff med forskjellige biokjemiske virkemåter og mangel på effektive alternativer til kjemisk behandling vil kunne både eskalere allerede eksisterende resistens og øke risikoen for ny resistensutvikling. Problemet vil forsterkes hvis behovet for bruk av kjemiske plantevernmidler øker som følge av endringer i klima, immigrasjon av resistente skadegjørere, internasjonal handel med planter med resistente skadegjørere eller andre årsaker.

Referanser

- Beresford, R., Wright, P., Wood, P. & Park, N. 2012. Sensitivity of *Venturia inaequalis* to myclobutanil penconazole and dodine in relation to fungicide use in Hawkes Bay apple orchards. N. Z. Plant Prot. 65:106-113.
- Børve, J., Nielsen, K. A. G., Strømgeng, G. M. & Stensvand, A. 2018. Gråskimmel på eple har utvikla resistens mot kjemiske middel. Norsk frukt og bær. 21(6):20-21.
- Chapman, K. S., Sundin, G. W. & Beckerman, J. L. 2011. Identification of Resistance to Multiple Fungicides in Field Populations of *Venturia inaequalis*. Plant Dis. 95:921-926
- EPPO (2015). Resistance risk analysis. EPPO Standard PP 1/213(4). Bulletin OEPP/EPPO Bulletin (2015) 45 (3), 371–387.
- Dewar AM, 2017. The adverse impact of the neonicotinoid seed treatment ban on crop protection in oilseed rape in the United Kingdom. Pest Management Science 73: 1305–1309
- Fajardo MB, Johansen NS, Trandem N, Henriksen JK (2020). Anti-resistensstrategi: Skadedyr i jordbær på friland NIBIO POP 6 (12), 2020, 6 s. <https://hdl.handle.net/11250/2649066>
- Fernández-Ortuño, D., Grabke, A., Bryson, P. K., Amiri, A., Peres, N. A. & Schnabel, G. 2014. Fungicide resistance profiles in *Botrytis cinerea* from strawberry fields of seven southern U. S. states. Plant Dis. 98:825-833.
- Fiaccadori, R., Cicognani, E., Abbatecola, A., Collina, M. & Brunelli, A. 2005. Sensitivity of *Venturia inaequalis* to strobilurin fungicides in Italy. Communic Agric Appl Biol Sci. 70:73–77.
- Foster SP, Paul VL, Slater R, Warren A, Denholm I, Field LM, Williamson MS, 2014. A mutation (L1014F) in the voltage-gated sodium channel of the grain aphid, *Sitobion avenae*, is associated with resistance to pyrethroid insecticides. Pest Management and Science 70(8):1249-53. doi: 10.1002/ps.3683
- FRAC Code List. 2020. Fungicide Resistance Action Committee. https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2020-finalb16c2b2c512362eb9a1eff00004acf5d.pdf?sfvrsn=54f499a_2. 29.10.2020
- FRAC Pathogen Risk List. 2019. Fungicide Resistance Action Committee. <https://www.frac.info/docs/default-source/publications/pathogen-risk/frac-pathogen-list-2019.pdf>. 11.03.2020.
- Furlong MJ, Wright DJ, Dodsall LM, 2013. Diamondback Moth Ecology and Management: Problems, Progress, and Prospects. Annual Review of Entomology 58: 517–41
- Gillpatrick, J. D. 1982. Case 2: *Venturia* of pome fruits and *Monilinia* of stone fruits. I: Dekker, J. & Georgopoulos, S. G. (red.) Fungicide resistance in crop protection. Wageningen: Centre for Agricultural Publishing and Documentation, 195-206.
- Heap I (2020). The International Herbicide-Resistant Weed database. Online. Accessed September 23, 2020. www.weedscience.org
- Hermansen, A., Hannukkala, A., Hafskjold Nærstad, R. & Brurberg, M. B. 2000. Variation in populations of *Phytophthora infestans* in Finland and Norway: mating type, metalaxyl resistance and virulence phenotype. Plant Pathol. 49: 11-22.
- Høiland D, Kristensen M, 2018. Target-site and metabolic resistance against lambda-cyhalothrin in cabbage flea beetles in Denmark. Bulletin of insectology 71 (1): 45-49.

- HRAC Mode of action classification 2020. Herbicide Resistance Action Committee.
<https://hracglobal.com/tools/hrac-mode-of-action-classification-2020-map>. 4.11.2020.
- IRAC (2010). IRAC Susceptibility Test Methods Series Method No: 018, Version: 3.4, March 2010.
<https://www.irc-online.org/methods/plutella-xylostella-larvae/>. 26.03.2020.
- IRAC, 2019. Pollen beetle monitoring poster 2018, version 6.0. Designed and produced by IRAC Coleoptera Working Group, January 2019. Besøkt 23. mars 2020:
file:///C:/Users/plhnsj/Downloads/_IRAC-PB-Monitoring-Poster-2018-v6.pdf
- IRAC 2017. IRAC NEWSLETTER ISSUE 41, mars 2017: http://www.irc-online.org/content/uploads/eConnection_41.pdf
- Johansen NS, Asalf B, Eikemo H, Ficke A, Herrero M, Le VH, Netland J, Ringselle B, Schjøll AF, Stensvand A, Strømeng GM (2017). Plantevernmiddelresistens hos skadegjørere i norske jord- og hagebrukskulturer. NIBIO Rapport 3 (150) 2017, 60 pp. <http://hdl.handle.net/11250/2481104>
- Johansen NS, Nielsen KAG, Ringselle B, Fajardo MB, Gauslå E, Stensvand A, Strømeng GM (2019). Plantevernmiddelresistens i norske jord- og hagebrukskulturer. Resultater fra kartlegging og overvåking i 2018. NIBIO Rapport 5 (25) 2019, 25 pp. <http://hdl.handle.net/11250/2596512>
- Kretschmer, M., Leroch, M., Mosbach, A., Walker, A.-S., Fillinger, S., Mernke, D., Schoonbeek, H.-J., Pradier, J.-M., Leroux, P., De Waard, M. A., & Hahn, M. 2009. Fungicide-driven evolution and molecular basis of multidrug resistance in field populations of the grey mould fungus *Botrytis cinerea*. PLoS Pathog 5(12): e1000696. doi: 10.1371/journal.ppat.1000696.
- Köller W., Parker D. M., Turechek W. W., Avila-Adame, C. & Cronshaw K. 2004. A two-phase resistance response of *Venturia inaequalis* populations to the QoI fungicides kresoxim-methyl and trifloxystrobin. Plant Dis. 88:537–544.
- Larsen, N., Beresford, R., Wood, P., Wright, P. & Fisher, B. 2013. A synthetic agar assay for determining sensitivity of *Venturia inaequalis* to anilinopyrimidine fungicides in New Zealand apple orchards. N. Z. Plant Prot. 66:293-302.
- Lesemann, S. S., Schimpke, S., Dunemann, F. & Deising, H. B. 2006. Mitochondrial heteroplasmy for the cytochrome *b* gene controls the level of strobilurin resistance in the apple powdery mildew fungus *Podosphaera leucotricha* (Ell. & Ev.) E.S. Salmon. J Plant Dis Protect. 113:259-266.
- Nielsen, K. A. G., Stensvand, A., & Haslestad, J. 2020. Fungicidresistens hos gråskimmelsoppen i småplanter av jordbær. Norsk frukt og bær 23(1):26-29.
- Nielsen KAG, Stensvand A, Haslestad J, 2019. Sopp sykdommer i jordbær og fungicidresistens NIBIO POP 5 (38), 2019. Publisert. <http://hdl.handle.net/11250/2637503>
- Oliveira, M. S., Amiri, A., Zuniga, A. I. & Peres, N. A. (2017). Sources of Primary Inoculum of *Botrytis cinerea* and Their Impact on Fungicide Resistance Development in Commercial Strawberry Fields. Plant Dis. 101(10): 1761-1768.
- Rotteveel, T., Jørgensen, L.N. & Heimbach, U. 2011. Resistance management in Europe: a preliminary proposal for the determination of a minimum number of active substances necessary to manage resistance. EPPO Bulletin 41:432-438.
- Sallato B. V., Latorre B. A. & Aylwin G. 2006. First report on practical resistance to QoI fungicides in *Venturia inaequalis* (Apple Scab) in Chile. Plant Dis. 90:375.
- Schnabel, G., Hu, M. & Fernández-Ortuño, D. 2015. Monitoring resistance by bioassay: Relating results to field using culturing methods. I: Ishii, H. & Hollomon, D. W. (red.) Fungicide Resistance in Plant Pathogens: Principles and a Guide to Practical Management. Japan: Springer, 281-293.
- Schjøll AF & Johansen NS (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>

- Sombardier, A., Dufour, M.-C., Blancard, D., & Corio-Costet, M.-F. 2010. Sensitivity of *Podosphaera aphanis* isolates to DMI fungicides: distribution and reduced cross-sensitivity. *Pest Manag Sci.* 66: 35-43.
- Stensvand., A., Asalf, B., Gadoury, D. M., & Cadle-Davidson, L. 2017. Resistens mot soppmiddel hos mjøldogg i jordbær. *Norsk frukt og bær.* 20(1):16-18.
- Toffolatti, S. L, Venturini, G. & Bianco, P. A. 2016. First Report of SDHI Resistant Strains of *Venturia inaequalis* From Commercial Orchards in Northern Italy. *Plant Dis.* 100:2324.
- Weber, R. W. S. & Entrop, A.-P. (2017a). Recovery of fungicide-resistant *Botrytis* isolates from strawberry nursery plants. *European Journal of Plant Pathology* 149(3): 739-742.
- Weber, R. W. S. & Entrop, A. P. (2017b). Recovery of *Botrytis* strains with multiple fungicide resistance from raspberry nursery plants. *European Journal of Plant Pathology* 147(4): 933-936.
- Weber, R. W. S. & Hahn, M. 2011 A rapid and simple method for determining fungicide resistance in *Botrytis*. *Journal of Plant Diseases and Protection* 118(1):17-25.
- Wærnhus K, Ringselle B, Tørresen K, Berge TW, 2019. Biologisk veiledningsprøving 2019. Ugrasmidler. NIBIO RAPPORT 6 (22) 2020, 205 s. <http://hdl.handle.net/11250/2643736>

Etterord

Nøkkelord:	Fungicidresistens, gjetertaske, gråskimmel, hønsegras, herbicidresistens, hveteaksprikk, hvetebladprikk, insectisidresistens, kålmøll, markrapp, plantepatogene sopper, resistens, resistensrisiko, skadedyr, tunrapp, ugras
Key words:	Botrytis, Capsella bursa-pastoris, fungicide resistance, herbicide resistance, insecticide resistance, Parastagonospora nodorum, Persicaria maculosa, Poa annua, Poa trivialis, resistance risk assessment, Septoria tritici
Andre aktuelle publikasjoner fra prosjekt:	[Sett inn tekst]

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.