



Foto: A. Ficke

## Kornsjukdommer og soppmiddelresistens

### 1 BRUK AV SOPPMIDLER MOT KORNSJUKDOMMER

Det er flere plantevernmidler på det norske markedet som ved behov kan brukes for å redusere angrep av sjukdommer i korn (Tabell 1). Kjemiske midler deles opp i klasser basert på hvilken virkemåte de har mot de ulike sjukdommene: strobiluriner (quinone outside inhibitors, QoIs), triazoler og succinate dehydrogenase inhibitors (SDHIs). Per oktober 2020 er det 12 ulike handelspreparater som er godkjent for bruk i hvete og bygg. Disse inneholder ikke alltid ulike aktive stoffer. Fem av de 12 preparatene inneholder det aktive stoffet protiokonazol, som tilhører triazolklassen og

hemmer mycelvekst. Et annet aktivt stoff i samme kjemiske klasse og med samme virkningsmåte, er propikonazol (Tabell 1). Dette middel går ut nå og kan ikke lenger kjøpes i Norge.

Fire av de 12 godkjente midlene inneholder strobiluriner (QoIs), bl.a. azoksystrobin, trifloksystrobin og pikoksystrobin. Aktive stoff i denne klassen hemmer soppens respirasjon. Genetiske endringer i soppene kan føre til redusert følsomhet mot ulike triazoler. Når soppene har en mutasjon som fører til resistens mot azoksystrobin, mister vi også effekten av pikoksystrobin og andre strobiluriner. Dette kalles også kryssresistens.

Tabell 1. Oversikt over plantevernmidler godkjent for bruk mot soppjukdommer i korn per oktober 2020. De aktive stoffene er inndelt i de tre hovedklassene strobiluriner (QoI), triazol og SDHI's, og andre.

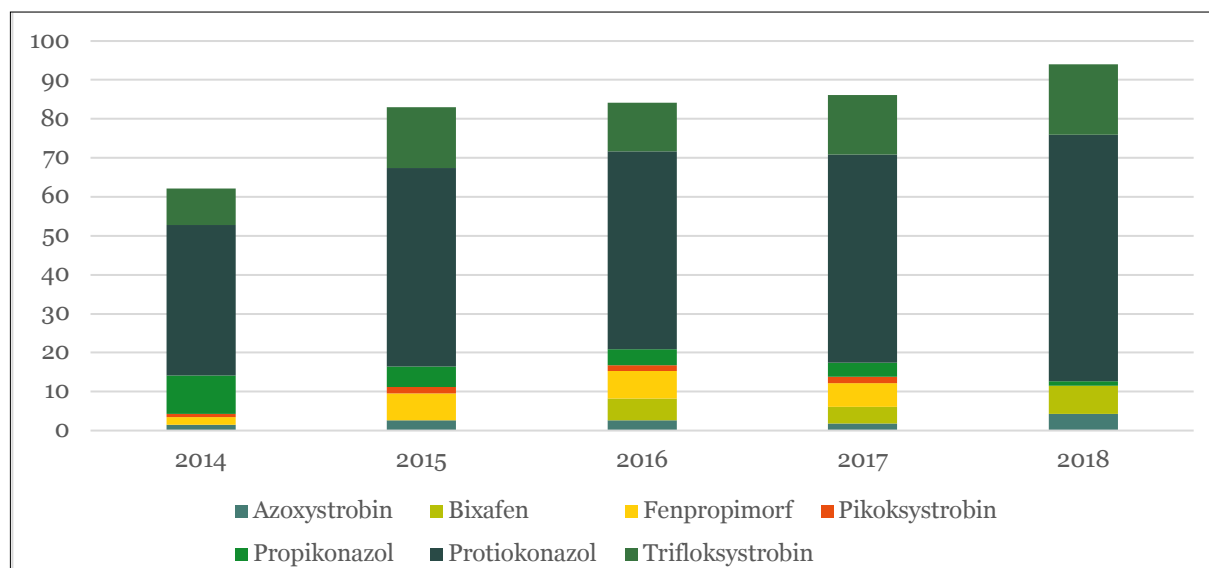
Handelspreparat	Kjemisk klasse og aktivt stoff				Godkjent t.o.m.
	Strobiluriner/QoI	Triazol	SDHI	Andre	
Amistar/ Mirador	Azoxystrobin				
Aviator Xpro		Protiokonazol	Biksafen		
Bumper		Propikonazol			19.03.20
Comet Pro	Pyraklostrobin				
Delaro	Trifloksystrobin	Protiokonazol			
Elatus Era		Protiokonazol	Benzovindiflupyr		
Elatus Pro			Benzovindiflupyr		
Forbel				Fenpropimorf	
Proline		Protiokonazol			
Siltra Xpro		Protiokonazol	Biksafen		
Stratego	Trifloksystrobin	Propikonazol			19.03.20
Zenit		Propikonazol		Fenpropidin	19.03.20

Biksafen og benzovindiflupyr er to stoffer som tilhører SDHI-klassen. Stoffene i denne klassen hemmer respirasjon, men påvirker ikke samme enzym som strobiluriner (QoI) gjør.

kornproduksjon. Dette øker risikoen for ensidig bruk av aktive stoffer med samme biokjemiske virkemåte og øker dermed risikoen for utvikling av resistens mot de få aktive stoffene vi har.

Figur 1 viser at protikonazol er en av de mest omsatte aktive stoffene i soppmidler brukt mot soppjukdommer i norsk korn. Omsetning av det andre triazole (propikonazol) er sterk redusert de siste 5 år. Tabell 1 og figur 1 viser også at vi har et begrenset antall av stoffer med ulike biokjemiske virkemåter tilgjengelig for soppbeskjempelse i norsk

**Gjentatt bruk av midler med samme aktive stoff eller stoffer med samme biokjemiske virkemåte, kan føre til økt risiko for utvikling av resistens mot disse stoffene og kan dermed resultere i tap av følsomhet eller soppmiddelets effektivitet i felt (se Figur 7).**



Figur 1. Omsetning av ulike aktive stoffer (kg/år) i soppmidler fra 2014 til og med 2018. (Kilde: Mattilsynet 2018).





Figur 2. Akxfusariose på vårhvete.  
Foto: A. Ficke



Figur 3. Overvintringsskade på høsthvete etter angrep av snømugg. Foto: A. Ficke

## 2 VIKTIGE SJUKDOMMER I HVETE OG BYGG

**2.1 Akxfusariose** (Fig. 2) er en av de viktigste sjukdommene i korn. *Fusarium* er en stor soppsekt med mange arter. Ulike *Fusarium*-arter kan produsere ulike typer av soppgifter eller mykotoksiner som er skadelige for både mennesker og dyr. **Snømuggsoppen** *Microdochium nivale* kan angripe høstsådd korn i løpet av vinteren og føre til overvintringsskade (Fig. 3). Sopparter innen slekten *Microdochium* kan i tillegg angripe kornaks i løpet av vekstsesongen og regnes derfor som en del av akxfusariose-komplekset. Infisert plantemateriale er en viktig smittekilde for de sjukdomsfremkallende soppartene innen slektene *Fusarium* og *Microdochium*, men de kan også spres med såkornet og forårsake spiringsfusariose. For øvrig er infiserte planterester en viktig smittekilde. Det er per i dag kun preparater med det aktive stoffet protiokonazol, som har en viss effekt på *Fusarium*.

Etter mars 2020 er protiokonazol det eneste middelet i triazol-gruppen vi har til bruk i norsk korndyrking. For å redusere risiko for utvikling av resistens mot protiokonazol er det derfor **viktig at vi begrenser bruken av dette midlet og kun behandler ved behov** selv om det hittil ikke er oppdaget resistens mot triazolener hos *Fusarium*-arter i Norge.

**2.2 Bladflekksjukdommer i hvete** er forårsaket av hveteaksprikk (*Parastagonospora nodorum*), hvetebladprikk (*Zymoseptoria tritici*) og hvetebrunfleck (*Pyrenophora tritici-repentis*), og angrep kan føre til stort avlingstap. De ulike sjukdommene er vanskelige å skille fra hverandre på planter i åkeren.

I motsetning til de fleste andre europeiske land, er bladflekksjukdomskomplekset i Norge dominert av hveteaksprikk (Fig. 4) og ikke av hvetebladprikk. Hvetebladprikkssoppen er kjent for å utvikle resistens mot mange ulike soppmidler, noe som kan føre til nedsatt effektivitet av sprøyting mot soppen under feltforhold. Hveteaksprikk og hvetebrunfleck kan overføres med såkorn og planterester og angriper både blad og aks. Hvetebladprikk blir kun overført med infisert plantemateriale.



Figur 4. Hveteaksprikk på vårhvete. Foto: A. Ficke



**2.3 Gulrust (*Puccinia striiformis*)** har etter 30 år igjen blitt en viktig hvetesjukdom i Norge fra 2014 (Fig. 5). Soppen overvintrer i sørligere strøk på høsthvete og spres raskt gjennom lufta over korte og lange avstander. Nedpløying av planterester eller vekstskifte er derfor lite aktuelt for å begrense angrep. Det viktigste tiltak mot gulrust er dyrking av resistente sorter og tidlig behandling med soppmidler for å begrense angrepet.

**2.4 Bygg i Norge er mest utsatt for byggbrunflekk (*Pyrenophora teres*) (Fig. 6), grå øyeflekk (*Rynchosporium secalis*) (Fig. 7) og ramularia spragleflekk (*Ramularia collo-cygni*).** Byggbrunflekk og ramularia spragleflekk overføres med infisert plantemateriale og smittet såkorn. Redusert jordarbeiding kan bidra til økt smittepress. *Ramularia spragleflekk* er vurdert som et sopp-patogen med høy risiko for utvikling av resistens mot soppmidler. Det er funnet isolater av byggbrunflekk med redusert følsomhet mot ulike soppmidler i mange europeiske land. Grå øyeflekk overføres med smittet plantemateriale og trives under nedbørsrike værforhold og i områder med redusert jordarbeiding. Vi har ikke hatt mulighet til å teste denne sjukdommen for følsomhet mot ulike soppmidler.

**Bruk av friskt frø, valg av resistente sorter, pløying og vekstskifte er de viktigste tiltakene for å redusere smittepress og unngå eller begrense behovet for å sprøyte med soppmidler i korn.**



Figur 5. Gulrust på vårhvete. Foto: A. Ficke

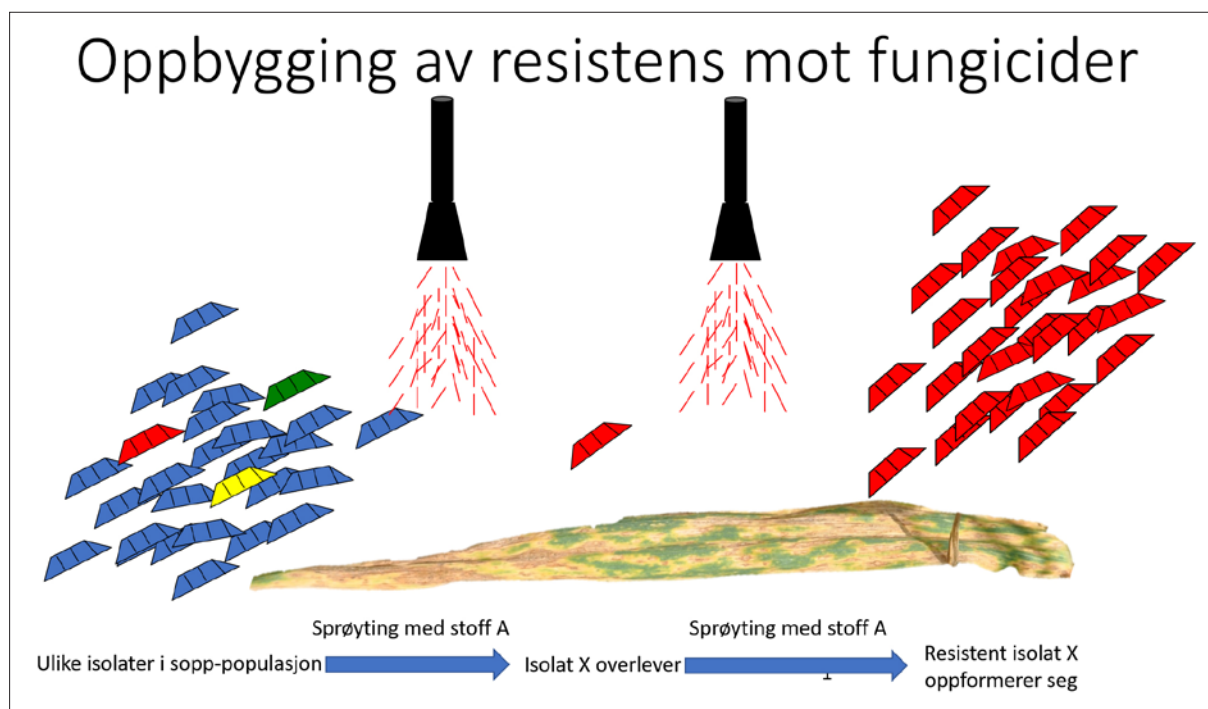


Figur 6. Byggbrunflekk på høstbygg. Foto: A. Ficke



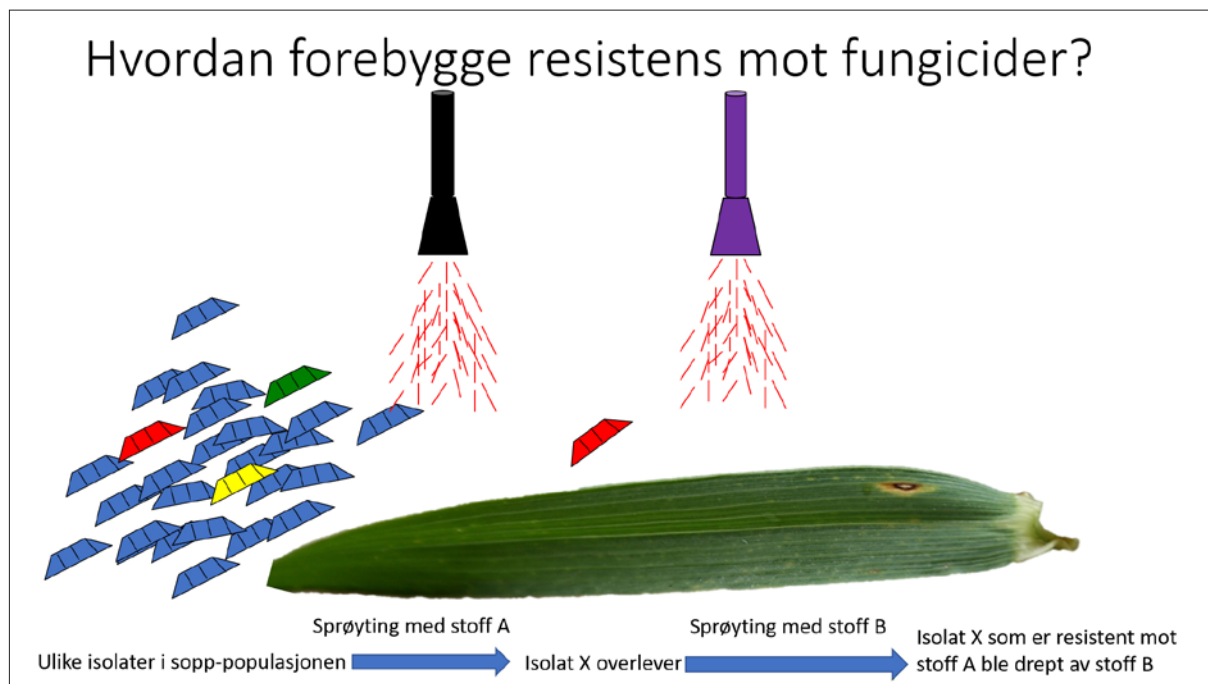
Figur 7 Grå øyeflekk på høstbygg. Foto: A. Ficke

### 3 OPPBYGGING OG FOREBYGGING AV RESISTENS MOT FUNGICIDER



Figur 8 Utvikling av resistens mot fungicider hos soppjukdommer. Etter at soppsporer som har ulik følsomhet mot **sprøytemiddel A** angriper hveteblader, blir det sprøytet med **sprøytemiddel A** om igjen. Bare de soppisolatene som er resistente mot sprøytemiddel A overlever og oppformerer seg. Gjentatt bruk av sprøytemiddel A øker andelen resistente soppisolater i sopp-populasjonen for hver sprøyting. Til slutt har sprøytemiddel A ingen effekt på sopp-populasjonen som nå er dominert av soppisolater som er resistente, eller viser sterk redusert følsomhet mot sprøytemiddel A.

Det er avgjørende å ha midler med ulike biokjemiske virkemåter tilgjengelig for å kunne bekjempe soppjukdommer i korn på en effektive måte.



Figur 9 Effektiv strategi for å redusere risiko for utvikling av resistens mot plantevernmidler i soppjukdommer. Etter at soppsporer som har ulike følsomhet mot **sprøytemiddel A** angriper hveteblader, blir det sprøytet med **sprøytemiddel A**. Bare de soppisolater som er resistente mot sprøytemiddel A overlever og oppformerer seg. Bruk av **sprøytemiddel B** kan nå ha god effekt på de overlevende soppisolater med nedsatt følsomhet mot soppmiddel A og motvirker utvikling av resistens i sopp-populasjon på en effektiv måte.

#### 4 EFFEKT AV SOPPMIDLER PÅ BLADFLEKKSJUKDOMMER (FELTFORSØK I HVETE)

Det er lettere å vurdere effekten av triazoler enn effekten av strobiluriner (QoIs). Triazoler blir fortsatt brukt en del alene mot sopp-sjukdommer i korn, mens strobiluriner (QoIs) blir brukt mest i blandinger. Analyse av 134 feltforsøk gjennomført av NLR Viken og NLR Øst mellom 2003 og 2010 viste at alle godkjente aktive stoffer innen strobilurin (QoI)- og triazol-klassene var effektive mot bladfleksjukdommer i hvete, og reduserte angrepene mellom 60 og 75 %, enten de var sprøytet en gang eller to ganger, som blanding eller alene. Gjentatt bruk av midler med samme biokjemisk virkemåte øker risikoen for resistens og kan føre til tap av effektiviteten av disse midlene. I Norge sprøytes det relativt lite med soppmidler i korn, mellom en til to ganger i sesongen. Rådgivere og dyrkere blander og veksler mellom midlene og tilpasser dosen etter angrepsgrad. **Så langt ser det ut som denne strategien har fungert bra og vi har ikke sett resistens i bladfleksjukdommer mot triazoler i Norge.**

#### 5 VARIASJON I FØLSOMHET MOT TRIAZOLER OG STROBILURINER HOS SOPPSJUKDOMMER (TESTING I LABORATORIUM)

##### 5.1 Hveteaksprikk

Vi har samlet inn og lagret mellom 50 og 60 isolater av hveteaksprikk fra hveteblader fra feltforsøk i perioden 2010 til 2018. Disse isolatene ble utsatt for ulike konsentrasjoner av Amistar (azoxystrobin, som tilhører strobilurin (QoI)-klassen), Proline (protiokonazol, som tilhører triazol-klassen) eller Bumper (propikonazol, triazol-klassen) som var tilsatt dyrkingsmedia i petriskålforsøk. Basert på disse forsøkene har vi estimert den konsentrasjonen av de ulike midlene som fører til 50 % redusert mycelvekst hos soppen ( $EC_{50}$ ). I ulike isolater av hveteaksprikk finnes det naturlig variasjon i følsomhet for soppmidlene. Hvis variasjonen er stor kan det tyde på at det er en økt risiko for at soppen utvikler resistens. Vi har ikke samlet inn tilstrekkelig antall isolater per år for å kunne sammenligne  $EC_{50}$ -verdiene for de tre ulike midlene mellom årene, men vi kan ta variasjon i  $EC_{50}$ -verdiene i isolater samlet inn fra 2010 t.o.m. 2018 som utgangspunkt for en populasjon som fortsatt er følsom for Bumper og Proline i felt. Vi har

funnet at hveteaksprikk-isolater fortsatt kan vokse på media med relativ høy konsentrasjon av Amistar ( $EC_{50}$  mellom 0,1 og 108 mg produkt/l). Når hveteaksprikk-isolater kan vokse på en så høy konsentrasjon av Amistar (>10 mg/l) tyder det på at produktet har mistet sitt effektivitet også i felt. Variasjonene i  $EC_{50}$  verdiene for Proline er ikke så store ( $EC_{50}$  mellom 0,1 og 10 mg/l). Det mest effektive middelet i petriskålforsøkene var Bumper. De fleste hveteaksprikk-isolatene hadde en  $EC_{50}$  mellom 0,1 og 1 mg/l for Bumper. Vi vil fortsette å samle inn og teste flere hveteaksprikk-isolater fra forsøksfelt for å følge med på hvordan følsomheten endrer seg med/ved bruk av triazoler, SDHIs og blandinger av ulike midler.

##### 5.2 Hvetebbladprikk

Vi sendte fire norske isolater av hvetebbladprikk i 2007 til testing for følsomhet mot epoksikonazol og tebukonazol (to ulike triazoler) hos BASF. Følsomhet mot epoxykonazol varierte mellom 0,07 mg aktive stoff/l og 0,16 mg aktive stoff/l og mot tebukonazol mellom 0,06 og 3,00 mg aktive stoff/l. I 2016 samlet vi inn bladprøver fra flere feltforsøk i Sørøst-Norge. Disse ble sendt til Aarhus Universitet i Danmark for å teste for mutasjoner som kan føre til redusert følsomhet mot strobiluriner, triazoler og SDHI. De molekylære analysene indikerer at vi har relativt høy risiko for utvikling av resistens mot strobiluriner og triazoler. Det ble ikke oppdaget noen mutasjon relatert til resistens mot SDHIs.

##### 5.3 Snøsmugg

Ti isolater av snøsmugg (*Microdochium nivale*) samlet fra ulike steder i Norge i 2010 ble testet på flytende media med ulike konsentrasjoner av azoxystrobin og protiokonazol ved Aarhus Universitet i Danmark. Testen viste at 60 % av isolatene hadde en  $EC_{50}$  for azoxystrobin over 10 mg/l og 10 % hadde en  $EC_{50}$  for protiokonazol over 10 mg/l. Dette tyder på økt risiko for resistens av denne soppen mot Amistar under norske feltforholdt, men antallet prøver er for lite til å kunne konkludere mer enn at det ser ut som vi har en genetisk variert populasjon av *M. nivale* i Norge når det gjelder følsomhet mot azoxystrobin og protiokonazol. Det er viktig å øke innsamling og testing av soppisolater for å observere hvordan følsomheten har utviklet seg over de siste 10 år.



#### 5.4 Byggbrunflekk

Vi sendte seks bladprøver av bygg fra Akershus og Østfold med tydelige byggbrunflekkssymptomer til BASF i 2012 for å få dem undersøkt for mutasjoner som fører til resistens mot strobiluriner (QoI). Alle isolatene som ble testet hadde slike mutasjoner. Dette tyder på at noen isolater i byggbrunflekkpopulasjonen i sørøstlige strøk av Norge hadde utviklet resistens mot strobiluriner. To år seinere sendte vi en bladprøve fra Trøndelag til BASF, men ingen mutasjoner ble funnet i denne prøven. Dessverre er antallet prøver for lite til å kunne konkludere noe rundt endring av resistensrisiko i felt. Det er stort behov for systematisk innsamling og testing av byggbrunflekkisolater for å kunne følge med på resistenssituasjonen hos byggbrunflekk.

#### 5.5 Spragleflekk

I 2010 samlet vi inn og lagret åtte isolater av spragleflekk (*R. collo-cygni*) fra Meldal og syv isolater fra Værnes i Trøndelag. Isolatene ble testet for mutasjoner som fører til strobilurinresistens. I Meldal hadde 87,5 % av isolatene denne mutasjonen, mens ingen av isolatene fra Værnes hadde den. Vi ønsker å få klarhet i årsaken til at isolater fra Værnes ikke hadde noen mutasjoner, og hvilke dyrkingsstrategier som kan ha bidratt til dette. Dessverre er det tatt for få prøver til å kunne konkludere rundt feltresistens og effekt av ulike dyrkings- og sprøytestrategier på utvikling av strobilurinresistens. Dersom vi skal kunne si noe om feltresistens og hvordan klima, dyrking av resistente sorter, angrepsgrad og bruk av ulike soppmidler har påvirket forekomst av resistente isolater, er det nødvendig å samle inn flere prøver og dyrkingsinformasjon over flere år i ulike områder.

#### 6 KONKLUSJON

Vi har så langt ikke sett at den viktigste soppmiddelklassen, triazolklassen, har mistet effektiviteten mot kornsjukdommer under norske forhold. Strobiluriner (QoIs) kan derimot være mindre effektive mot hveteaksprikk, hvetebladprikk, snømugg, byggbrunflekk og spragleflekk fordi vi har sett redusert følsomhet i petriskålforsøk eller funnet genetiske mutasjoner som kan føre til nedsatt følsomhet mot strobiluriner i ulike populasjoner av disse soppjukdommene. Vi har sett på resultater fra fungicidforsøk over flere år for å vurdere effekten av triazoler mot bladflekksjukdommer, men ikke gjennomført forsøk for å teste effekten av triazoler og strobiluriner i felt. **Det er stort behov for systematisk innsamling og testing av flere soppisolater** for å kunne følge med på resistenssituasjonen hos de ulike soppjukdommene i korn. Det er også behov for **forsøk i felt for å teste effektiviteten til de fungicidene** som fortsatt er tillatt i Norge.

**For å beholde effektiviteten til fungicidene i triazolklassen**, må vi bruke dem så lite så mulig og i kombinasjon med andre effektive midler. Strobiluriner kan være gode blandingspartnere, hvis de fortsatt er effektive under feltforhold. Det er begrenset utvalg av midler i Norge som kan brukes som gode blandingspartnere i sprøyting/behandling mot kornsjukdommer med tanke på å forebygge resistens. Det er derfor **svært viktig** å gjennomføre **gode forbyggende tiltak som reduserer sprøytebehovet**.

#### REFERANSE:

Mattilsynet 2018; Mattilsynet: Omsetningsstatistikk for plantevernmidler 2014- 2018

---

FORFATTERE:

Andrea Ficke, [andrea.ficke@nibio.no](mailto:andrea.ficke@nibio.no)