



## FYSIOLOGISKE EFFEKTER AF STROBILURINER I KARTOFLER OG ANDRE AFGRØDER

STØTTET AF

# Kartoffelafgiftsfonden

Gennemgang af undersøgelser over strobiluriners eventuelle udbytteeffekt på uangrebne kartofler og andre afgrøde.

### OPSUMMERING

Svampemidler kaldet strobiluriner kan have en målbar fysiologisk effekt på uangrebne planter, som kommer til udtryk i en mere effektiv fotosyntese og forhøjet biomasseproduktion i væksthushorsøg. Den øgede biomasse bliver dog ikke nødvendigvis omsat til et højere udbytte. I markforsøg er effekterne sværere at eftervise, og eventuelle udbytteforskelle kan ikke udelukkende tilskrives den fysiologiske effekt, da det ikke er muligt at afgøre, hvor stor en effekt behandlingen med strobiluriner kan tilskrives bekæmpelse af svage svampeangreb. Der ses dog til tider en udbytteeffekt i markforsøg uden synlige angreb af svampe; men merudbytteerne er oftest for små til at kunne give et økonomisk merudbytte, og er usikre, da de afhænger af mange faktorer, herunder tidspunkt for sprøjtning, type af strobilurin m.fl. Det anbefales derfor ikke at benytte strobiluriner som vækststimuleringsmiddel i hverken kartofler eller andre afgrøder uden angreb af svampe.

### STROBILURINERS FORSKELLIGE EFFEKTER

Strobiluriner (Amistar, Comet Pro) og midler indeholdende strobiluriner (Signum m.fl.) er almindeligt anvendt i landbruget til bekæmpelse af svampesygdomme i forskellige afgrøder. Det er også påvist, at strobiluriner og andre svampemidler kan have andre positive virkninger på

planter, som behandles. Disse effekter går under betegnelsen fysiologiske effekter, og denne artikel har til formål at beskrive disse fysiologiske effekter og deres påvirkning af planter; med særligt fokus på kartoflers og andre afgrøders udbyttepotentiale. Det er veldokumenteret, at strobiluriner øger udbyttet som følge af bekæmpelse af svampesygdomme. Denne artikel fokuserer på undersøgelser af strobiluriners effekt på afgrøder uden svampeangreb, for at skelne mellem effekten af svampebekæmpelse hhv. den fysiologiske effekt.

## **FYSIOLOGISKE EFFEKTER**

Der er mange undersøgelser, som beskriver strobilurinernes fysiologiske effekter på forskellige afgrøder, dog ikke nogen, som inddrager kartofler. De fysiologiske effekter undersøges som oftest i klimakammer eller under kontrollerede væksthushold for at undgå påvirkninger fra svampeangreb. De fysiologiske effekter beskrives kort herunder:

### **BEDRE TØRKETOLERANCE**

Det er påvist, at strobiluriner påvirker tomaters stomataåbning. Stomatas ledningsevne sænkes i behandlede planter, og det bevirker, at planterne ikke forbruger nær så meget vand. Samtidig kan det måles, at det ikke påvirker planternes optagelse af CO<sub>2</sub>, som også foregår gennem stomata.

### **FORGRØNNENDE EFFEKT**

Korn, som behandles med strobiluriner, forbliver grønnere i længere tid, fordi de fysiologiske processer, som får planterne til at visne, forsinkes: Planternes proteiner og farvestoffer nedbrydes langsommere ved behandling med forskellige strobiluriner, ligesom planternes cellemembraner forbliver intakte i længere tid, så der sker et langsommere tab af næringsstoffer fra bladene.

### **ANTIOXIDATIV EFFEKT**

Når planterne optager solenergi, vil overskydende solenergi lave skader på planternes celler. Planterne reparerer hele tiden disse skader, bl.a. ved hjælp af antioxidanter. Når planter (byg, hvede og bønner) behandles med strobiluriner, bliver de antioxiderende virkninger mere effektive, og planterne reparerer derfor skaderne hurtigere.

### **FOTOSYNTESE AKTIVITET**

Denne effekt er bl.a. målt i agurker og hænger tæt sammen med både den forgrønnende effekt og den antioxidative effekt. Tilsammen bevirker de forbedrede fysiologiske processer, at planterne mere effektivt kan lave fotosyntese, og derfor også har mulighed for at producere mere biomasse.

## KONTROLLEREDE FORSØG

Laboratorieforsøgene er gode til at påvise de forskellige fysiologiske effekter af strobiluriner og andre svampemidler under kontrollerede forhold. Det er nemt at sikre, at planterne ikke har været påvirket af svampeangreb, så man kan sikre sig, at de effekter man måler, kommer fra strobilurinernes fysiologiske effekt alene, og ikke kommer fordi svampesygdomme bekæmpes. Desværre er det svært at eftervise de samme effekter i marken, som man kan vise i kontrollerede væksthushorsøg. For at få et realistisk billede af de fysiologiske effekters eventuelle virkning på udbyttet, er det dog nødvendigt at undersøge strobilurinernes virkning i markforsøg.

## MARKFORSØG

Markforsøg er sværere at kontrollere, men giver langt mere realistiske resultater i forhold til udbyttmålinger og generelle vækstbetingelser i marken. Det er dog vanskeligt at vurdere, hvorvidt effekten på udbytte kommer fra strobilurinernes fysiologiske effekter, eller om det skyldes bekæmpelsen af svage svampeangreb, som endnu ikke kan bedømmes visuelt. Derfor findes der kun få undersøgelser af strobilurinens effekt på markafgrøder, som ikke er påvirket af synlige svampeangreb, og der er ingen kendte markforsøg, som tester effekten af strobiluriner på uangrebne kartofler.

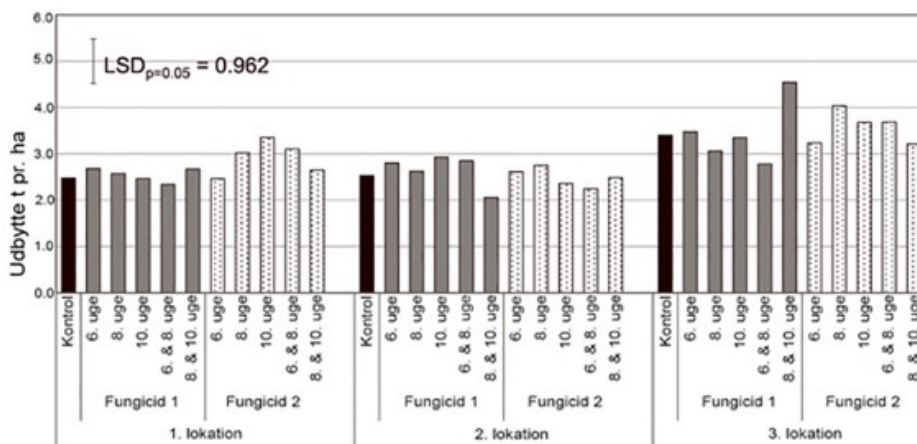
## BIOMASSEPRODUKTION OG UDBYTTE

I markforsøg med bønner uden synlige angreb af svampe er det vist, at de fysiologiske effekter af strobiluriner forstørre bønnernes bladareal. Det større bladareal kan tilskrives de fysiologiske effekter – øget fotosyntese, og det giver en signifikant øgning af biomasseproduktionen. Mange væksthushorsøg har også målt en øget biomasseproduktion efter brugen af strobiluriner og deraf konkluderet, at de har en positiv effekt på udbyttet. I markforsøget med bønner er det dog kun stænglers biomasse, som øges med 10 %. Desværre kommer det større bladareal ikke til udtryk som et højere udbytte. Det giver hverken flere eller større bønnekerner. Flere undersøgelser, heriblandt danske, har vist, at der ikke er en god sammenhæng mellem stigning i biomasse og stigning i udbytte. Man kan derfor ikke forvente at en forøget biomasseproduktion resulterer i et øget udbytte. I byg har man heller ikke fundet en god sammenhæng mellem den forgrønnende effekt af strobiluriner, øget biomasseproduktion og udbytterespons.

## SORTSFORSKELLE OG ANDRE USIKKERHEDER

Selvom der er målt positive effekter af strobiluriner i mange væksthushorsøg, er der store variationer i hvordan forskellige sorter påvirkes. Disse variationer kommer til udtryk som endnu større usikkerheder i markforsøg. I hvede har man fundet ud af, at høje sorter forøger biomasseproduktionen mere ved brug af strobiluriner, end lave sorter. Der er også stor forskel på hvordan forskellige sorter af byg responderer på svampemidler. Selv i byg med et givent

angreb af svampe er der stor forskel på, hvor store merudbytter der opnås for svampebekæmpelse. Der er derfor også stor usikkerhed om, hvilken effekten strobiluriner kan forventes at have på udbyttet i uangrebne planter. I sorghum ses der også variationer i, hvordan forskellige sorter responderer på strobiluriner, når uangrebne planter behandles. Selvom der kan vises en effekt på udbyttet i sorghum, er effekten svingende og påvirkes af flere faktorer. Både tidspunkt for sprøjtning, lokation og hvilken type strobilurin, der bruges, bestemmer hvorvidt udbyttet øges eller sænkes. De små og usikre effekter på udbyttet er ikke nok til at sikre en gennemsnitlig økonomisk gevinst, når omkostninger til udbringning er medregnet. Se figur 1, som viser de store forskelle, der kan være i forskellige strobiluriners udbytteeffekt afhængigt af sprøjteintervaller og lokation/(vejrforhold).



**Figur 1:** Strobiluriners effekt på udbyttet i sorghum uden synlige angreb af svampe målt i markforsøg. Forsøget er udført på tre forskellige lokationer (1, 2 og 3), med to forskellige strobiluriner (fungicid 1 er azoxystrobin/difenoconazol og fungicid 2 er pyraclostrobin/epoxiconazol) og med 5 forskellige sprøjtetidspunkter: 6. uge efter såning, 8. uge efter såning, 10. uge efter såning, 6. og 8. uge efter såning samt 8. og 10. uge efter såning). Merudbytterne er svingende i forhold til ubehandlet. Der er ingen sammenhæng mellem sprøjtetidspunkt, svampemiddel og udbytterespons på de tre lokationer. Resultater fra Craven et al., 2017.

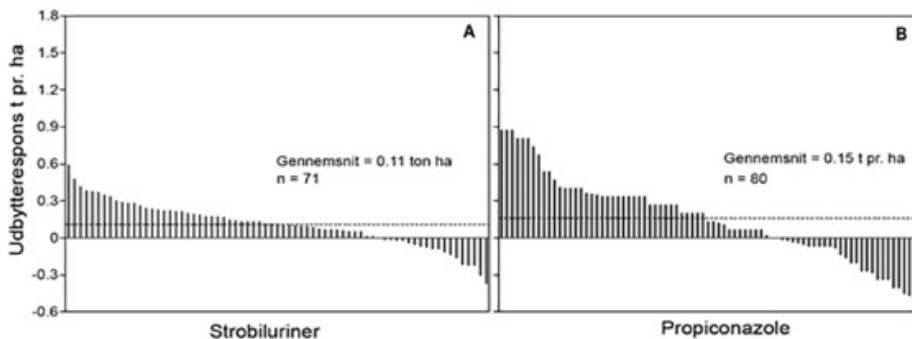
## DEN FORGRØNNENDE EFFEKT – FYSIOLOGISK ELLER SYGDOMSBEKÆMPENDE?

Den fysiologiske effekts virkning på udbyttet i marken er svær at vurdere. Da de fleste svampesygdomme forårsager gule eller brune pletter på bladene, vil en sygdomsbekæmpende effekt også virke forgrønnende. Svampesygdomme bliver som oftest bedømt visuelt, og bedømmelserne kan være forbundet med usikkerhed. Flere studier med markforsøg antager, at meget svage angreb ikke har betydning for udbyttet; men det er ikke muligt at afgøre, hvor stor en effekt disse svage eller sene angreb har på hverken udbytte eller på de fysiologiske processer. I skotske forsøg med byg har man i nogle sorter målt et merudbytte på 8 hkg pr. ha i forsøg uden synlige angreb, og her skyldtes udbyttforskellen et øget antal kerner. Det øgede

antal kerner kan dog ikke forklares ved hjælp af fysiologiske effekter, da et øget antal kerner kræver et større antal frugtbare blomster, som ikke kan tilskrives nogle kendte fysiologiske effekter. Effekten tilskrives derfor bekæmpelse af ikke-synlige svampeangreb.

## NETTO-MERUDBYTTE

På trods af vanskelighederne ved at afgøre om planter i markforsøg er påvirket af svampeangreb har man i USA lavet en opgørelse over forsøg, som undersøger svampemidlers udbytteeffekt i hvede. I opgørelsen har man vurderet, at 71 forsøg med strobiluriner og 80 forsøg med propiconazol har inkluderet forsøg uden synlige angreb af svampe. Selvom der blev fundet en gennemsnitlig udbytterespons på 1,1 hkg pr. ha og 1,5 hkg pr. ha for henholdsvis strobiluriner og propiconazol (se figur 2), er det gennemsnitlige merudbytte for lille til at kunne give et netto-merudbytte. Konklusionen på disse forsøg blev derfor, at det ikke er økonomisk rentabelt at benytte svampemidler som vækststimuleringsmiddel i marker uden angreb.



**Figur 2:** Udbytterespons ved brug af svampemidler i hvede uden synlige angreb af svampe. I 71 undersøgelser med strobiluriner er den gennemsnitlige udbyttetigning på 1,1 hkg og i 80 undersøgelser med propiconazol er den gennemsnitlige udbyttetigning 1,5 hkg. Udbyttetigningen er ikke høj nok til, at det resulterer i økonomiske merudbytter. Resultater fra Weiz et al., 2011.

## STROBILURINER SOM VÆKSTSTIMULERINGSMIDDEL

Under danske forhold anbefales det heller ikke at bruge hverken strobiluriner eller andre svampemidler som vækststimuleringsmiddel. Der er ikke lavet undersøgelser af strobiluriners udbytteeffekt på uangrebne kartofler; men resultater fra andre afgrøder er så svingende og usikre, at der ikke er grundlag for at benytte strobiluriner for at opnå et merudbytte i afgrøder uden angreb af svampe. De positive resultater fra væksthushorsøg kan give anledning til at tro, at der kan opnås en positiv udbytteeffekt i marken. Men opnåede merudbytter i væksthushorsøg med pletter kan være svære at eftervise på markniveau. Det er tillige de færreste væksthushorsøg, som forløber så længe, at afgrøderne når at sætte modne kerner/frugter, så udbytterne kan måles. Markforsøg giver heller ikke en god vurdering af strobiluriners effekt på

uangrebne planter. På baggrund af de undersøgelser der er gennemgået, kan det ikke anbefales at bruge strobiluriner til andet end bekæmpelse af svampesygdomme. Der risikeres et økonomisk tab, da eventuelle effekter på udbyttet oftest ikke er høje nok til at dække omkostningerne ved behandlingen. Brugen af svampemidler i uangrebne afgrøder kan også fremskynde udviklingen af resistens hos svampe mod svampemidler.

## LITTERATURLISTE

Quantifying the effect of pyraclostrobin on grain-fill period and kernel drymatter accumulation in maize (2013). E Byakumama, LJ Abendroth, RW Elmore & AE Robertson.

Evaluation of fungicides for potential growth regulating properties on sorghum (2017). M Craven, K Smith, J Berner, L Morey & NW McLaren.

Effect of fungicide on soybean growth and yield (2009). C Swoboda & P Pedersen.

Fungicide treatments affect yield and moisture content of grain and straw in winter wheat (2002). LN Jørgensen & JE Olesen.

Multible Mid-Atlantic field experiments show no economic benefit to fungicide application when fungal disease is absent in winter wheat (2011). R Weisz, C Cowger, G Ambrose & A Gardner.

Yield response to fungicide application of spring barley genotypes differing in disease susceptibility and canopy structure (2012). IJ Bingham, SP Hoad, WTB Thomas & AC Newton.

Combined effects of deficit irrigation and strobilurin application on gas exchange, yield and water use efficiency in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) (2018). MM giuliani, F Carucci, E Nardella, M Francavilla, L Ricciardi, C Lotti & G Gatta.

Physiological effects of azoxystrobin and epixiconazole on senescence and the oxidative status of wheat (2001). Y-X Wu & A von Tiedemann.

Strobilurin fungicides induce changes in photosynthetic gas exchange that do not improve water use efficiency of plants grown under conditions of water stress (2007). MA Nason, J Farrer & D Bartlett.

Effects of the fungicides azoxystrobin, pyraclostrobin and boscalid on the physiology of Japanese cucumber (2018). ACE Amaro, ARP Ramos, AC Macedo, EO Ono & JD Rodrigues.