

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP



Forord

Denne oppgaven er min avslutning på 2 års masterstudier ved Institutt for plante- og miljøvitenskap ved Universitet for miljø- og biovitenskap (UMB) på studieretningen Plantevitenskap, Plantepatologi. Oppgaven er basert på studier tilknyttet *Fusarium*-prosjektet, som har vært en del av Bioforsk Plantehelses prosjekt i Ås i perioden 2011- 2012. Denne oppgaven går ut på å undersøke effekten av ulike kjemiske og biologiske preparater på forekomst av *Fusarium* og mykotsiner i havre. Jeg er meget takknemlig for at jeg fikk være en del av dette prosjektet.

Jeg vil først og fremst takke mine veiledere, professor Anne Marte Tronsmo ved UMB og forsker Ingerd Skow Hofgaard ved Bioforsk Plantehelse, for meget god hjelp og oppfølging gjennom hele prosessen med denne oppgaven.

En spesiell takk til min studieveileder Ingrid Færgestad Bugge og mine venninner Anna Karina Schmidt og Anne Guri Weihe for meget god hjelp, støtte og veiledning gjennom hele masteroppgaven. Jeg vil også takke professor Leif Sundheim, forsker Oleif Elen, forsker Guro Brodal, sekretær/ resepsjonist Elin Skaarnæs ved Bioforsk, avdelingsingeniør Anne-Grethe Kolnes og bibliotekar Ann Sogge ved UMB for gode råd og hjelp underveis, og avdelingsingeniør Jafar Razzaghian ved Bioforsk for hjelp på laboratoriet.

Jeg ønsker hjertelig å takke min ektemann (Nemat Arabibaf), min sønn (Mikail Arabibaf) og mine foreldre (mor: Kobra Karimian og far: Fereidoun Shakery) for deres tålmodighet og støtte i den lange prosessen med min masteroppgave.

Ås, 15. februar 2013

Bitu Shakery

Sammendrag

Aksfusariose er en vanlig sykdom på korn forårsaket av flere ulike *Fusarium*-arter. En *Fusarium*-infeksjon på akset gir tap av avling i tillegg til en reduksjon i kvaliteten på kornet. Reduksjonen i kvalitet skjer i hovedsak gjennom produksjon av en rekke toksiske metabolitter (mykotoksiner) som kan være en helserisiko for både dyr og mennesker.

I de senere årene har det vært økt fokus på *Fusarium* og mykotoksiner i korn både i Norge og i store deler av verden. En årsak til dette er at det er påvist flere tilfeller av høye konsentrasjoner av mykotoksinene DON og T2/HT2 i norske kornpartier de senere årene. Samtidig jobber EU med å avgrense mengden mykotoksiner i korn som går til mat og fôr, gjennom utarbeiding av grenseverdier for tillatt mengde toksin i korn og kornprodukter.

Formålet med denne oppgaven har vært å se på effekten av ulike preparater på forekomsten av *Fusarium* på planterester for å kunne redusere smittepresset og slik redusere forekomsten av *Fusarium* og mykotoksiner i kornet.

I denne oppgaven er det blitt det sett på effekten av ulike kjemiske og biologiske preparater (Proline, Delaro, Trifender, Resistim, Erntemax og HYT A, B og C) på forekomsten av *Fusarium* og mykotoksiner på planterester og i korn hos havre. Det ble gjort to gjentak for hver behandling og for kontrollen (ubehandlet). Planterester som lå igjen på jordoverflaten, etter forkulturen (bygg), ble behandlet før såing (havre) med to ulike preparater (Biowish Crop og Trifender). Planterester fra ubehandlede og behandlede ruter ble samlet inn ved aksskyting og 50 halmbiter med node fra hver rute ble analysert for prosentvis forekomst av ulike *Fusarium*-arter (totalt og for hvert enkelte art). Havreplantene ble behandlet med ulike preparater før såing og under aksskyting. Fra hver forsøksrute ble 100 korn analysert for forekomsten av utvalgte *Fusarium*-arter og for innhold av DON- og HT2/T2-mykotoksiner.

Vekstraten ble undersøkt hos tre ulike *Fusarium*-arter (*F. avenaceum*, *F. langsethiae* og *F. graminearum*). Det ble benyttet 4 isolater av hver art, dyrket på selektivt medium «CZPD» (Czapek propiconazole dichloran agar) med 12 timers hvitt+NUV-lys og 12 timers mørke ved 20°C. Radial vekst ble målt etter 10 dager, og vekst i millimeter per døgn ble regnet ut for de enkelte isolatene.

Forsøket viste at behandling av jord/planterester med Biowish Crop før såing av havre, gir noe redusert forekomst av *F. graminearum* i planterester innsamlet før aksskyting, sammenlignet med den ubehandlede kontrollen.

Behandling av havreplanter ved aksskyting med protiokonazol, spesielt med redusert dose Proline, reduserte forekomsten av *F. graminearum* og DON i høstet korn, men ser ut til å medføre en risiko for økt forekomst av *F. langsethiae* og HT2/T2 i korn.

Behandling med Trifender før såing viste seg å gi redusert forekomst av *F. langsethiae* og HT2/T2, men førte til en økt forekomst av *F. graminearum* og DON i korn. Resultatene fra forsøkene tyder på at behandling med Biowish Crop og Trifender før såing kombinert med protiokonazol ved aksskytingen kan være en strategi for å redusere forekomsten av henholdsvis *F. langsethiae* og *F. graminearum* og dermed redusere risikoen for utvikling av HT2/ T2 og DON i havre.

Abstract

Fusarium head blight is a common grain disease caused by a variety of *Fusarium* species. In addition to yield loss, *Fusarium*-infection reduces the quality of the grains through production of toxic metabolites (mycotoxins) that might be a risk to the health of both animals and humans.

In recent years there has been an increased awareness of the problems caused by *Fusarium* and mycotoxins in cereals, both in Norway and in other parts of the world. It has been found several cases of high concentrations of the mycotoxins DON and T2/HT2 in Norwegian grain portion in recent years. At the same time the EU is working to minimize the amount of mycotoxins in the grain that goes to food or feed, through putting limits on the allowed amounts of toxins in cereals and cereal products.

The effect of various treatments on the incidence of *Fusarium* on crop residue has been investigated in order to reduce infection and thus reduce the incidence of *Fusarium* and mycotoxins in the grain.

In this thesis the effect of various chemical and biological treatments (Proline, Delaro, Trifender, Resistim, Erntemax and HYT A, B and C) on the incidence of *Fusarium* and mycotoxins, in both plant residue and grain from oats, have been investigated. Two replicates of each treatment and the control were used. Plant residues (barley) on the soil surface were treated with two different products (Biowish Crop and Trifender) before sowing (oats). Plant residue from the different treatments were collected at "head emergence" of the oats and 50 straw pieces with node from each plot were analyzed for the percentage of *Fusarium* (total and for the individual species).

Different treatments were applied to the oats both before sowing and during "head emergence". From each field 100 grains were analyzed for the presence of selected *Fusarium* species and analyzed for DON and HT2/T2 mycotoxins.

The growth rate of three *Fusarium*-species (*F. avenaceum*, *F. langsethiae* and *F. graminearum*) was measured. Four isolates of each species were grown on "CZPD"-agar (Czapek propiconazole dichloran) at 20°C with 12 hours light (white and NUV) and 12 hours dark. After 10 days the radius was measured and the individual growthrate calculated.

Compared with the untreated control, treatments with Biowish Crop before sowing resulted in reduced presence of *F. graminearum* in the plant residue at “head emergence” of the oats. Use of chemical compositions with Prothioconazole at “head emergence” reduced the occurrence of *F. graminearum* and DON in the grains, but showed an increased presence of *F. langsethiae* and HT2/T2. Treatment with Trifender reduced the occurrence of *F. langsethiae* and HT2/T2, but showed an increased presence of *F. graminearum* and DON in the grains.

From these findings it is likely that a combination of a chemical composition with Prothioconazole (Proline) and biological control based on Trifender and Biowish Crop may have effect on the incidence of *F. graminearum* and *F. langsethiae* and the amount of mycotoxins (DON and HT2/ T2) in the grain of oats.

Innholdsfortegnelse

FORKORTELSER	3
KAPITTEL 1- INNLEDNING	4
1.1 HAVRE (<i>AVENA SATIVA</i>)	4
1.2 SYKDOMMER PÅ HAVRE	5
1.3 AKSFUSARIOSE (<i>FUSARIUM</i> HEAD BLIGHT (FHB))	6
1.3.1 Årsaker og utbredelse	6
1.3.2 Symptomer	7
1.3.3 Livssyklus	9
1.3.4 Spredning	11
1.3.5 Vilkår	12
1.3.6 Skadepotensiale	13
1.4 ØKNING I FOREKOMST AV MYKOTOKSINER I KORNAVLINGER	15
1.5 TILTAK OG BEKJEMPELSE	16
1.6 PROBLEMSTILLING	19
1.6.1 Integrert bekjempelse av <i>Fusarium</i> spp. og mykotoksiner i havre	19
KAPITTEL 2 – MATERIALER OG METODER	21
2.1 BESKRIVELSE AV FELTFORSØKET	21
2.2 KLIMAFORHOLD I FELTFORSØKET (ROVERUD SOMMEREN 2011)	22
2.3 OPPLYSNINGER OM DE ULIKE KJEMISKE OG BIOLOGISKE PREPARATENE	22
2.3.1 Proline (EC250) x Delaro (SC325)	22
2.3.2 Trifender WP	23
2.3.3 Biowish Crop	23
2.3.4 Erntemax (Amalgerol Erntemax)	23
2.3.5 Resistim (bladgjødning)	24
2.3.6 Agrinos HYT A, B og C	24
2.4 BEHANDLINGER MED KJEMISKE OG BIOLOGISKE PREPARATER	25
2.5 ANALYSE AV <i>FUSARIUM</i> OG MYKOTOKSINER I PLANTEPRØVER INNSAMLET FRA FELTFORSØKET	26
2.5.1 Isolering av <i>Fusarium</i> spp. fra halm/stubb	26
2.5.2 Isolering av <i>Fusarium</i> spp. fra havrekorn	27
2.5.3 Analyse av mykotoksiner på <i>Fusarium</i> -infiserte havrekorn	28
2.6 <i>IN VITRO</i> VEKSTRATE HOS UTVALGTE <i>FUSARIUM</i> -ARTER	28
2.6.1 Tillaging av enkeltsporeisolater	28
2.6.2 Registrering av vekstrate for utvalgte <i>Fusarium</i> arter	29

2.6.3 Måling av vekstrate	29
KAPITTEL 3 - RESULTATER.....	30
3.1 PLANTERESTER	30
3.2 HAVREKORN	34
3.3 MYKOTOKSIN-INNHOLD (DON OG HT2/T2) I HAVREKORN	40
3.4 FOREKOMST AV <i>F. GRAMINEARUM</i> OG <i>F. LANGSETHIAE</i> PÅ HAVREKORN	44
3.5 FOREKOMST AV <i>F. GRAMINEARUM</i> , <i>F. LANGSETHIAE</i> , DON-INNHOLD OG HT2/T2-INNHOLD I HAVREKORN	48
3.6 ISOLATER AV ENKELTSPORER	50
3.7 VEKSTRATE.....	51
KAPITTEL 4 - DISKUSJON.....	52
4.1 NATURLIG FOREKOMST AV <i>FUSARIUM</i> OG MYKOTOKSINER I FORSØKSFELTET	52
4.2 EFFEKT AV BEHANDLING MED BIOWISH CROP (FØR SÅING) PÅ FOREKOMST AV <i>FUSARIUM</i> PÅ PLANTERESTER OG HAVREKORN OG PÅ MENGDE MYKOTOKSINER I KORN	55
4.3 EFFEKT AV BEHANDLING MED TRIFENDER (FØR SÅING OG VED AKSSKYTING) PÅ FOREKOMST AV <i>FUSARIUM</i> PÅ PLANTERESTER OG HAVREKORN OG PÅ MENGDE MYKOTOKSINER I KORN	56
4.4 EFFEKT AV BEHANDLING MED PROTIKONAZOL VED AKSSKYTING PÅ FOREKOMST AV <i>FUSARIUM</i> OG PÅ MENGDE MYKOTOKSINER I KORN.....	57
4.5 EFFEKT AV BEHANDLING MED RESISTIM (BLADGJØDSEL) VED AKSSKYTING PÅ FOREKOMST AV <i>FUSARIUM</i> OG PÅ MENGDE MYKOTOKSINER I KORN	58
4.6 EFFEKT AV BEHANDLING MED ERNTEMAX (AMALGEROL ERNTEMAX) BÅDE VED UGRASSPRØYTING OG VED AKSSKYTING PÅ FOREKOMST AV <i>FUSARIUM</i> OG PÅ MENGDE MYKOTOKSINER I KORN	59
4.7 EFFEKT AV BEHANDLING MED AGRINOS HYT A, B OG C FØR SÅING OG VED AKSSKYTING PÅ FOREKOMST AV <i>FUSARIUM</i> OG PÅ MENGDE MYKOTOKSINER I KORN	60
4.8 EFFEKT AV BEHANDLING MED BIOLOGISKE MIDLER SAMMENLIGNET MED EFFEKTEN AV DET KJEMISKE FUNGICIDET PROLINE (REDUSERT DOSE) PÅ FOREKOMST AV <i>FUSARIUM</i> OG PÅ MENGDE MYKOTOKSINER I KORN.....	60
4.9 SAMMENHENG MELLOM FOREKOMST AV NOEN <i>FUSARIUM</i> -ARTER (<i>F. GRAMINEARUM</i> OG <i>F. LANGSETHIAE</i>) I HAVREKORN - BETYDNING FOR MYKOTOKSINPRODUKSJON	61
4.10 KONKLUSJON	62
KAPITTEL 5 - REFERANSER	64
VEDLEGG	
VEDLEGG 1: OPPSKRIFTER.....	
VEDLEGG 2: OPPLYSNINGER OM FELTFORSØKET OG ULIKE BEHANDLINGER	
VEDLEGG 3: OPPLYSNINGER OM MINITABANALYSE	

Forkortelser

DON - Deoxynivalenol

ZON - Zearalenone

NIV - Nivalenol

WA - Water Agar (vann agar)

PDA - Potato Dextrose Agar

SNA - Spezieller Nährstoffarmer Agar

CZPD - Czapek propiconazole dichloran agar

CZID - Czapek iprodione dichloran agar

ATA - Alimentary Toxic Aleukia (alimentær toksisk aleuki)

RT-PCR- Reverse Transkriptase PCR

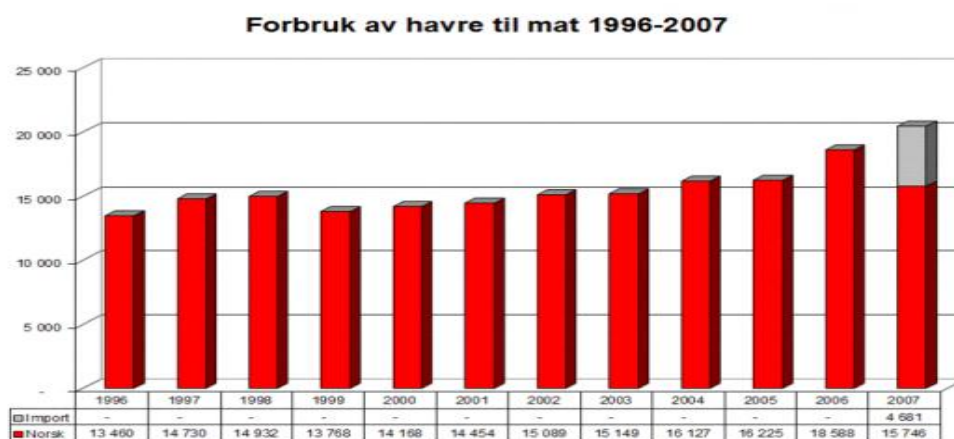
NUV-lys -Nær Ultrafiolet Lys

Kapittel 1- Innledning

1.1 Havre (*Avena sativa*)

Havre er den tredje viktigste kornarten i Norden, særlig i de midtre og nordlige områdene. Den er en «sekundær» kulturvekst, fordi den først opptrådte som ugress i bygg og hvete. Havre tilhører en planteslekt i gressfamilien og er et ettårig, bredbladet kornslag med hengende, små aks i en åpen topp, som kalles for risle. Havre ble først dyrket for cirka 2500 år siden, og er fortsatt en populær åkervekst. Hovedsakelig er det den vårsådde sorten av *Avena sativa* som blir benyttet i Norge. For å få best resultat kreves det en relativt lang og kjølig sommer med lite regn (Bjørnstad 2010).

De viktigste dyrkingsområdene for havre er Nord-Amerika, Nord-Europa og Russland. I Norge er havre omtalt fra vikingtiden (Holtet *et al.* 2012). Årsproduksjonen av havre ble redusert mellom 2003 og 2009 (fra 334 000 til 277 000 tonn) (FAOSTAT 2009). Figur 1 viser at forbruket av havre til mat i Norge økte fra 13 460 tonn i 1996 til 20 427 tonn i 2007, der totalt 4 681 tonn av den totale summen ble importert på grunn av reduksjon i havreproduksjonen i Norge (Statistisk sentralbyrå 2009). Gjennomsnittsavlingen for havre i Norge var cirka 308 kg per dekar i 2011 (Statistisk sentralbyrå 2012).



Figur 1: Forbruk av havre (tonn/år) til mat fra 1996-2007 i Norge (Kilde: SLF)

Havre benyttes vesentlig til dyrefôr, men er også viktig som menneskemat i form av havregryn og mel. Figur 1 viser forbruket av havre til mat i perioden 1996 til 2007, der man

kan se at det har vært en svak økning i forbruket mellom 1996 og 2007. Havre er i avskallet form den kornarten som har høyest næringsverdi og er den sunneste av alle kornartene. Den har høyt fettinnhold, inneholder umettede fettsyrer og antioksidanter, har god proteinsammensetning, et verdifullt innhold av kostfiber (betaglukaner) og høyt innhold av cellulose (Bjørnstad 2010).

1.2 Sykdommer på havre

De mest vanlige sykdommene på havre er dvergskuddsyke, havresot, gul dvergsyke, nakensot, svartrust, kronrust og fusariose. Av disse sykdommene er fusariose den alvorligste og den som reduserer avlingen mest. Fusariose fører hvert år til store tap av avling og reduksjon i kvalitet. I tillegg til å redusere avlingsmengde, kvalitet og spiring av frø, kan *Fusarium*-arter, som forårsaker fusarioser, også produsere en rekke ulike soppgifter (mykotoksiner). Mykotoksiner er giftige og kan gjøre kornet uegnet til føde for dyr og mennesker (Parry *et al.* 1995).

Fusariose kan angripe alle kornarter, men havre er mest utsatt. *Fusarium*-sopper befinner seg overalt i jord- og planterester og kan smitte plantene gjennom hele vekstsesongen. Soppene kan angripe kornplantene i ulike utviklingsstadier og forårsaker ulike typer symptomer og skader. Ut i fra dette deles fusarioser inn i flere former:

- Spiringsfusariose er forårsaket av såkornsmitte som finnes som mycel i agnene eller som overfladiske sporer på ytre deler av kjernen. Den kan angripe kimen så snart kornet begynner å spire og drepe med det samme eller resultere i brunfarget og dårlig utviklet rot og koleptile (Brodal *et al.* 2009).
- Angrep på røtter og stråbasis som starter fra infiserte planterester og såkorn og kan ses som vanntrukket, brunt vev ved stråbasis og brune røtter kalles for fotsyke-stråfusariose. Ved stråfusariose kan soppen forårsake brunfarging og danne et rødlig belegg lengre opp på strået, særlig på leddknuter. Den kan svekke strået og øke faren for legde (Brodal *et al.* 2009).
- *Fusarium*-angrep i akset kalles for aksfusariose. I vitenskapelige artikler benyttes ofte navnet *Fusarium* Head Blight (FHB) om denne typen fusariose (Brodal *et al.* 2009).

1.3 Aksfusariose (*Fusarium* Head Blight (FHB))

Aksfusariose er en av de viktigste sopp sykdommene i hvete, havre og mais i fuktige og halvfuktige områder i verden (Bjørnstand & Skinnnes 2008).

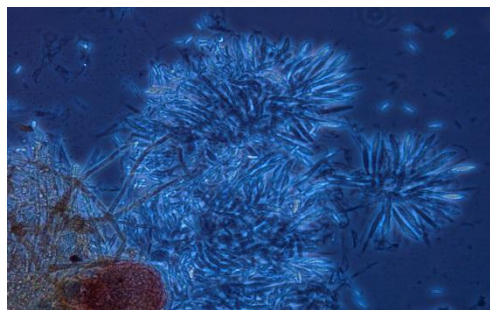
1.3.1 Årsaker og utbredelse

Soppene som forårsaker aksfusarioser tilhører slekta *Fusarium*. *Fusarium* er det ukjønnete stadiet av ulike sopparter innen familien *Nectriaceae* i gruppen Ascomycota (sekksporesopper). Ascomycota er en gruppe ekte sopp og den største gruppen av plantepatogene sopp på jord- og hagebruksvekster. Ascomycota kan ha et telemorft eller kjønnet stadium med askosporer (sekksporer), og et anamorft eller ukjønnet stadium med konidier (figur 2, 4, 5 og 6). De fleste sekksporesopper er nekrotrofe, det vil si at de vokser som saprofytter på dødt plantemateriale. Noen lager sklerotier (hvileknoller) for overlevelse. Noen sekksporer har både telemorfe og anamorfe stadier (Schumann & D'Arcy 2010).

For eksempel er *Fusarium graminearum*, som forårsaker aksfusariose, det anamorfe stadiet av soppen *Gibberella zeae* (figur 2). *G. zeae* er homotallisk og vil i de fleste tilfeller kunne produsere perithecier (figur 3) som danner sporesekker med kjønnede askosporer (figur 3) (Leslie & Summerell 2006).



Figur 2: Makrokonidier av *F. graminearum*; scale bar 20µm (øverst i venstre hjørne). (Foto: J. Razzaghian, Bioforsk 2012)



Figur 3: Perithecier, aski og askosporer av *F. graminearum*; scale bar 20µm (øverst i venstre hjørne). (Foto: J. Razzaghian, Bioforsk 2010)

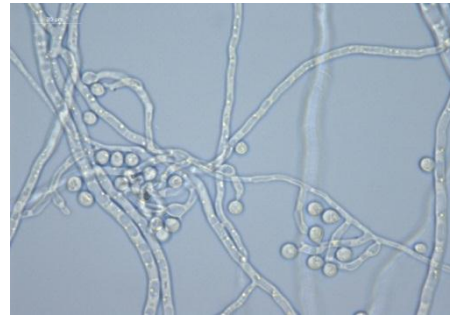
Aksfusariose kan forårsakes av flere enn femten forskjellige *Fusarium*-arter. Blant disse er *Fusarium avenaceum*, *Fusarium culmorum* og *Fusarium graminearum* (figur 2 & 3) dominerende i Europa (Bottalico & Perrone 2002).

I Norge har *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *Fusarium poae* og *Fusarium tricinctum* vært de mest fremtredende *Fusarium*-artene (Kosiak *et al.* 2003; Henriksen & Elen 2005). I de senere årene har derimot forekomsten av *F. graminearum* økt i hele Nord-Europa, særlig på bekostning av *F. culmorum* (Parry *et al.* 1995; Waalwijk *et al.* 2003; Xu *et al.* 2008).

F. avenaceum (figur 4), *F. poae*, *F. tricinctum* og *F. culmorum* (figur 6) er rapportert som de *Fusarium*-artene som opptrådte oftest i norsk korn i perioden 1994-1996, mens nye studier de siste årene indikerer en forandring i sammensetningen av *Fusarium*-artene. I tillegg til en stor økning i utbredelse av *F. graminearum* er det registrert forekomst av *Fusarium langsethiae* (figur 5) i flere havrepartier (Brodal 2008; Hofgaard *et al.* 2010). *F. langsethiae* ble diagnostisert som "pudder *F. poae*" før år 2004 (Torp & Langseth 1999; Torp & Nirenberg 2004).



Figur 4: Makrokonidier av *F.avenaceum*; scale bar 20µm(øverst i venstre hjørne). (Foto: J. Razzaghian 2012)



Figur 5: Makrokonidier av *F. Langsethiae*; scale bar 20µm (øverst i venstre hjørne). (Foto: J. Razzaghian 2012)



Figur 6: Makrokonidier av *F. culmorum*; scale bar 20µm (øverst i venstre hjørne). (Foto: J. Razzaghian 2012)

1.3.2 Symptomer

Aksfusariosesyntomer er like i alle kornarter. Det første synlige symptomet som oppstår er brunlige, vanntrukne, små flekker i bunnen eller midten av akset eller i rislene (figur 7).

Senere spres flekkene utover hele kornet (Wiese 1987; Parry *et al.* 1995; Agrios 2005). Alt vev over det angrepne området i akset vil tørke inn (Wiese 1987). Angrep av *Fusarium* i akset er ikke alltid så synlig, men i lengre perioder med gunstig værforhold, sent i sesongen, kan de lyse til brune flekkene vokse så mye at akset får en lakserosa til rød farge og eventuelt oransje sporodochier ved utkanten av agnene eller ved basis av småaksene (figur 7 & 8). Disse sporodochiene er et sikkert kjennetegn på *Fusarium*-angrep. Ved lengre perioder med gunstig klimaforhold er det mulig at perithecier dannes. Perithecier er de mørke-blå fruktlegemene til sopp og kan finnes på infiserte aks (Wiese 1987; Parry *et al.* 1995; Agrios 2005).

Misfarging av agnene er et annet symptom. Alvorlig aksfusariose kan føre til symptomer på korn. Aksfusariose tvinger akset til raskere modning og gir en blek farge. Korn på infiserte aks presses sammen og danner skorpete, rynkete og gråbrune korn (Wiese 1987; Parry *et al.* 1995; Agrios 2005; Brodal *et al.* 2009).

Aksfusariose-symptomer varierer mellom de ulike kornartene. Ved sterke *Fusarium*-angrep i hvete kan små aks bli bleke eller hvite, mens i bygg og havre kan det noen ganger føre til at agnene blir brunaktige. Ved svakere angrep er det ikke like lett å oppdage aksfusariose-symptomer. Derfor er det vanskelig og usikkert å registrere forekomst av *Fusarium* i felt, spesielt i bygg og havre, og det kreves en laboratorieanalyse for å få et sikrere resultat. Aksene kan godt være angrepet av *Fusarium* uten å vise noen synlige tegn til angrep. Ved *Fusarium*-angrep observeres redusert spiring og rotvekst i åkeren, mens det er svært sjelden at en *Fusarium*-infeksjon forårsaker bladflekker på kornplanter (Brodal *et al.* 2009).



Figur 7: Aksfusariose på havre.
(Foto: J. Razzaghian, Bioforsk 2012)



Figur 8: Sterkt angrep av aksfusariose på havre (misfarging av agn).
(Foto: J. Razzaghian 2012)

1.3.3 Livssyklus

Figur 9 viser livssyklusen til *Fusarium*. Syklusen viser at infiserte planterester, såkorn på jordoverflaten og infisert jord regnes som den viktigste kilden til inokulum (Khonga & Sutton 1988; Parry *et al.* 1994). Inokulum vil kunne overleve selv om det skulle være begravd i jord (ved for eksempel jordarbeiding), men vil ikke ha evnen til å produsere sporer (Khonga & Sutton 1988). I noen tilfeller, som for eksempel for *F. graminearum*, kan inokulumskilden til aksfusariose komme fra omkringliggende åkre (Parry *et al.* 1995; Brodal *et al.* 2009).

Landbrukspraksis har stor betydning for inokulumskilden til aksfusariose. Også forekomsten av alternative verter, som gress og bredbladet ugress, kan være viktige kilder for *Fusarium*-inokulum (Jenkinson & Parry *et al.* 1994b).

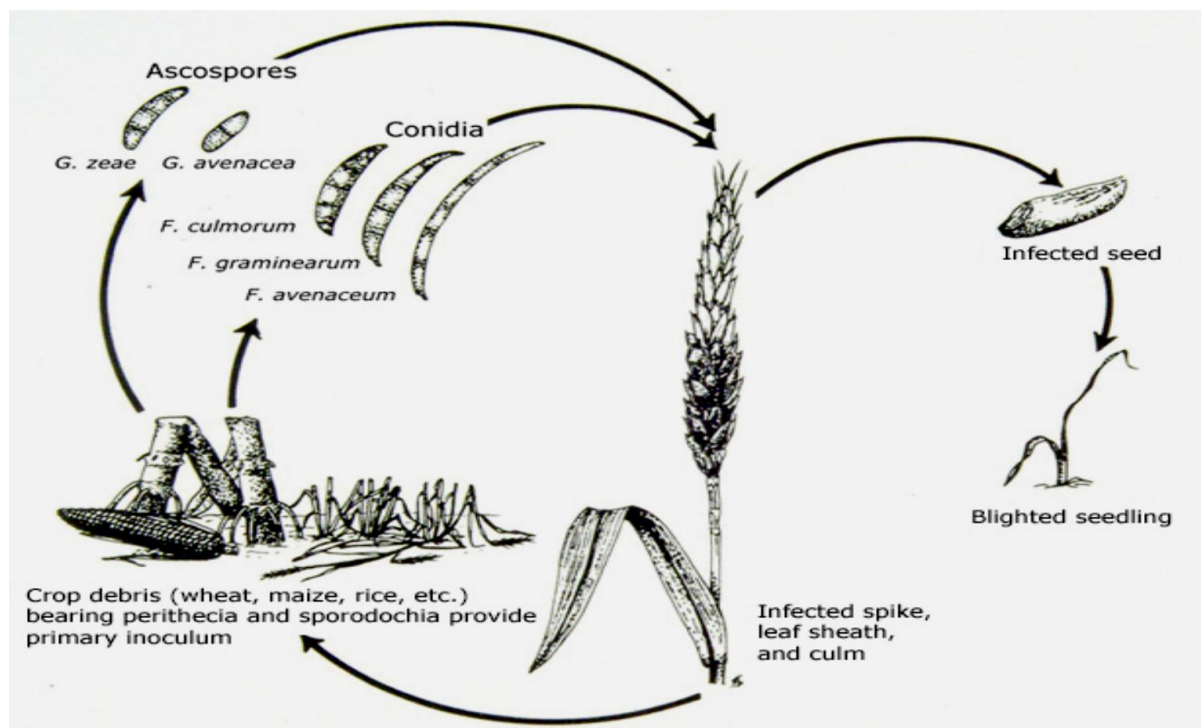
I de fleste tilfeller finnes inokulumet i form av konidier, klamydosporer eller saprofyttisk mycel, men for *Fusarium graminearum* (*Gibberella Zeae*) er også askosporer viktige former for inokulum (Jenkinson & Parry *et al.* 1994b; Parry *et al.* 1995).

Konidier og askosporer anses som den største kilden til inokulum (Paul *et al.* 2004). Den primære infeksjonen vil komme fra overvintret inokulum, mens sekundære infeksjoner kan komme fra konidier som blir spredd i lufta (luftbårne konidier). Sekundær produksjon av askosporer kommer vanligvis for sent til å utgjøre noen betydning for sykdomsutviklingen (Wiese 1987).

Ved spiringsfusariose eller stråfusariose forårsaket av såing av frø i *Fusarium*-infisert jord, kan overlevende spirer ved gunstige forhold være årsaken til angrep på senere stadier. Smitten, som kommer fra såkornet, antas å ha liten betydning for smittepresset sammenlignet med mengden *Fusarium*-smitte som finnes på planterester. Derfor vil infisert såkorn sjelden være den direkte årsaken til angrep av aksfusariose seinere i sesongen (Brodal *et al.* 2009).

Klima- og værforholdene i vekstsesongen, spesielt under blomstringen og før høsting, har stor betydning for utvikling av inokulum. Under gunstige forhold danner *Fusarium*-artene store mengder sporer (for det mest ukjønnet sporer), som kan spre seg på plantene og oppover til akset ved hjelp av vannsprut (Brodal *et al.* 2009). Soppsporene som lander på akset kan spire, vokse og forårsake aksfusariose. Hvis *Fusarium*-infiserte frø blir benyttet ved såing kan det utvikles spiringsfusariose, som fullfører syklusen til sykdommen (Parry *et al.* 1994).

Aksfusariose kan også utvikles ved legde i åkeren dersom kornet blir stående lenge i fuktig vær før tresking (Parry *et al.* 1995).



Figur 9: livssyklus for aksfusariose (*Fusarium* Head Blight) (Schilder & Bergstrom 1993).

I den videre utvikling av *Fusarium*-infeksjonen på akset (aksfusariose) er det flere faktorer som er viktige. Blomstringen er en følsom periode for kornet. Arthur (1891) var den første personen som bekreftet at aksfusariose er en blomstringssykdom og at frie sporer i lufta infiserer blomsten. Senere er dette også bevist av andre forskere (Strange & Smith 1971; Paul *et al.* 2007). Det er blant annet funnet at under infeksjonen i blomstringsperioden blir sykdommen intensivert (Paul & Lipps *et al.* 2007). Den foreløpige infeksjonen av akset kan skje gjennom pollenbærerne (Strange & Smith 1971; Skinnnes *et al.* 2008). To kjemiske forbindelser, kolin klorid og betain hydroklorid, som er blitt funnet i ekstrakter fra støvbærerne til hvete (Stange *et al.* 1974), kan øke utviklingen av soppens mycel betydelig hos *F. graminearum*, *F. avenaceum* og *F. culmorum*, men har ikke noen effekt på sporespiringen (Strange & Smith 1978). Fordi kornet er mest mottagelig under blomstringsperioden vil soppene vanligvis være begrenset til en livssyklus per sesong (Strange & Smith 1978).

1.3.4 Spredning

Leddyr-vektorer:

Flere gamle (Cooper 1940; Gordon 1959; Windels *et al.* 1976; Parry *et al.* 1995) og nyere studier (Liu & Buchenauer 2005) viser at insekter kan spille en rolle i spredning av *Fusarium* inokulum. Det er påvist at infeksjonen spres gjennom både konidier og askosporer ved hjelp av blant annet leddy-vektorer som midd (*Siteroptes graminum*), biller (*Hypera punctata* og *Glischrochilus quarisignatus*) (figur 10), gresshopper (*Melanoplus bivittatus*) og stor husflue (*Musca domestica*) (figur 11) (Liu & Buchenauer 2005).



Figur 10: *Hypera punctata*,
(Foto: W. Cranshaw State University)



Figur 11: *Musca domestica* .
(Foto: J. Peters, Borgholzhausen)

Systemisk vekst:

I følge en teori fremsatt av Adams (1921) var et alvorlig utbrudd av aksfusariose på hvete, i Pennsylvania (Amerika) i 1920, trolig knyttet til systemisk infeksjon av aksene. Systemisk vekst av *Fusarium*-arter på høsthvete er i etterkant også blitt påvist og rapportert i andre studier (Jordan & Fielding 1988; Snijders 1990). Snijders (1990) klarte etter kunstig inokulering av høstvetepanter med *F.culmorum* å isolere samme patogenet fra stilker, noder og aks (Snijders 1990). Testing av alternative smitteveier for infeksjon i nyere studier viser ingen systemisk vekst eller systemisk overføring av *Fusarium*-sopp fra frø til aks inni planten (Divon *et al.* 2012)

Spredning med vind og regn:

Vind og regn spiller en viktig rolle i spredningen av inokulumet til *Fusarium* (Paul *et al.* 2007). Det er funnet en sterk sammenheng mellom infiserte aks og den totale nedbørmengden i plantenes blomstringstid (Snijders 1990).

En studie har vist at konidier av *Fusarium culmorum* kan spres med vannsprut opptil 60 centimeter oppover planten og 100 centimeter horisontalt fra primærkilden (Jenkinson & Parry *et al.* 1994a). Med hensyn til at nye kornsorter er korte (mindre enn 100 centimeter), vil det ved kraftig regn finnes potensiale for direkte spredning av *Fusarium*-inokolum fra jord og stilk til aks (Jenkinson & Parry *et al.* 1994a). Regn eller dugg (høy luftfuktighet) er også nødvendig for frigjøring av askosporer fra åpningen på peritheciene (Parry 1995; Paul *et al.* 2004).

Vind er også viktig i spredningen av inokulumet til noen *Fusarium*-arter som for eksempel *F. graminearum*. For *F. graminearum* kan kjønnede sporer (askosporer) spres til nye områder over lange avstander via vind (Parry *et al.* 1995; Brodal *et al.* 2009). Ved regn vil perithecier, som inneholder aski med askosporer, bli våte og sammen danne et geleaktig stoff. Når dette tørker igjen vil det kunne spres med vinden over store avstander (Parry *et al.* 1995).

1.3.5 Vilkår

Forekomsten av de ulike *Fusarium*-artene er trolig klimaavhengig. I områder med fuktig og varmt klima, som deler av USA, Australia, og sentral-Europa, dominerer *F. graminearum*. *F. culmorum* og *F. avenaceum* finnes hovedsakelig i kjøligere og fuktig klima som i nordøst Europa. I varmt og tørt klima er *F. poae* mest utbredt (Xu *et al.* 2008).

Den optimale temperaturen for vekst av *F. graminearum* i in-vitro medier er 24-28 °C (Doohan *et al.* 2003). Dannelsen av perithecier (*F. graminearum*) tar fire til fem uker fra smittetidspunktet og modnes ved temperaturer mellom 12 og 28 °C (Dufault *et al.* 2006). Den optimale temperaturen for vekst av *F. culmorum*, *F. avenaceum* og *F. poae* er mellom 20-25 °C (Doohan *et al.* 2003) og for vekst av *F. langsethiae* mellom 24- 25 °C (Torp & Nirenberg 2004; Imathiu 2008; Medina & Magan 2010).

Forekomst av aksfusariose i vekstsesongen blir påvirket av nivået av inokulum og av værforholdene. Selv om de ulike *Fusarium*-artene har forskjellige termiske krav, viser generelle observasjoner at varme og relativt fuktige forhold (høy luftfuktighet) gir de beste vilkårene for utviklingen av aksfusariose. Spesielt ved og omkring blomstring er værforholdene viktig (Paul *et al.* 2007). Tørre perioder er også nødvendig for en effektiv frigjøring av askosporene (Parry *et al.* 1995).

1.3.6 Skadepotensiale

Angrep av aksfusariose kan føre til redusert avling (Skadsen & Hohn 2004) og lavere spireprosent (Gilbert *et al.* 1997), men det mest alvorlige problemet er redusert kornkvalitet på grunn av soppenes evne til å produsere en rekke ulike mykotoksiner (soppgifter) som gjør kornet skadelig for dyr og mennesker (Tuite *et al.* 1990; Bjørnstad & Skinnnes 2008).

Effekt på avling:

Flere alvorlige epidemier av aksfusariose har forårsaket kraftig nedgang i kornavlingen (Skadsen & Hohn 2004). Avlingstap som følge av aksfusariose er i USA beregnet å kunne komme opp mot 50 %, og kan derfor ha stor økonomisk betydning (Agrios 2005). *Fusarium*-infiserte kornplanter produserer skrumpkorn med lav korn-vekt (figur 12) (Skadens & Hohn 2004). I en studie (Snijders & Perkowski 1990) ble det observert redusert fruktbarhet (lavt antall korn produsert per aks) i hvete inokulert med et svært aggressivt isolat av *F. culmorum*. I den samme studien ble det rapportert en sammenheng mellom aksfusariose og avling i hvete (Snijders & Perkowski 1990).



Figur 12: Skadesymptomer på havrekorn (skruppkorn) på grunn av et sterkt aksfusariose-angrep (venstre) og friske korn (høyre). (Foto: K. Lynch. Department of Agriculture and Aquaculture i Canada).

Effekt på spiringsevne av frø:

Fusarium-angrepet såkorn kan gi redusert spireevne (Gilbert *et al.* 1997) og tynn plantebestand (Argyris *et al.* 2003). Korn som er infisert med *F. graminearum* vil få en redusert kvalitet fordi soppen ødelegger stivelseskornene, lagringsproteiner og cellevegger, noe som fører til dårligere spiringsevne og vigør (Parry *et al.* 1995).

I Norge har to nylige lanserte havresorter, Bessin og Gere, blitt fjernet fra det norske kornmarkedet på grunn av deres lave spireevne forårsaket av aksfusariose (Bjørnstad &

Skinnes 2008). I enkelte år med høy andel fusarioseangrep har det vært problemer med å skaffe nok såkorn som tilfredsstillende minstekravet til spireevnen, særlig i enkelte havresorter (Bjørnstad & Skinnes 2008).

Effekt på frøkvalitet ved produksjon av mykotoksiner:

Mykotoksiner er sekundære metabolitter som produseres av sopp. Enkelte sekundære metabolitter kan øke konkurranse-evnen mot andre sopper og bakterier (Xu & Nicholson 2009). Mykotoksiner kan redusere kvaliteten på kornavlingen og de er giftige for mennesker og dyr (Tuite *et al.* 1990; Bjørnstad & Skinnes 2008).

Skadevirkningene kan være mange og variere for de ulike mykotoksinene. Negative helseeffekter på mennesker og dyr kan være både akutte (spesielt ved større konsentrasjoner) og mer langsiktige og de fleste antas å være like for dyr og mennesker. Nedsatt immunforsvar, redusert fertilitet og nedsatt fôr opptak hos dyr, forgiftningssymptomer som oppkast, diaré, muskelkramper og fôrvegring, i tillegg til skader på lever og hjerne, veksttap, problemer med reproduksjon og hormonforstyrrelse er rapportert. Drøvtyggere skal tåle mer av disse stoffene enn enmagede dyr som fjørfe og gris (Eriksen & Aleksander 1998).

Toksinene i korn er stabile og forringes ikke over tid, som for eksempel under lagring. Noen mykotoksiner er også varmemestabile og inaktiveres ikke ved steking og koking (Wiese 1987).

Ulike *Fusarium*-arter kan produsere ulike toksiner med varierende grad av giftighet. *F. graminearum*, som dominerer sørover i Europa og i USA, har i løpet av få år blitt en vanlig *Fusarium*-art også i norsk korn, særlig i havre og vårhvete. *F. graminearum* kan, avhengig av miljøforholdene og værtype, produsere ulike mykotoksiner. De tre viktigste typene er Zearalenone (ZON), Nivalenol (NIV) og Deoxynivalenol (DON) (Leslie & Summerell 2006).

De vanligste mykotoksinene i Norge er deoxynivalenol forkortet til DON og trichothecenes forkortet til T2/ HT2. Av disse er DON den vanligst forekommende og det største problemet i norsk-produsert korn. *F. graminearum* og *F. culmorum* er de viktigste produsentene av DON (Brodal 2002, Leslie & Summerell 2006). DON forekommer ofte i små mengder, men er ganske giftig (Tamburic-Ilincic *et al.* 2008). DON forårsaker oppkast og diaré, og kalles ofte for ”oppkasttoksinet” på engelsk (vomitoxin) (Leslie & Summerell 2006). HT2/T2-toksiner produseres av *F. langsethiae* og *F. sporotrichioides* (Torp & Langseth 1999).

Soppgiftene HT2/T2 hemmer protein-syntesen og induserer DNA-fragmentering, noe som er karakteristisk for apoptose (RT-PCR) (Beasley 1989; Prelusky *et al.* 1994). Det er også vist at HT2/T2- toksinene setter i gang molekylære og biokjemiske responser i planten, blant annet hos *Arabidopsis* (Nishiuchi *et al.* 2006; Asano *et al.* 2008). Det er vist at mykotoksiner produsert av *F. poae* og *F. sporotrichioides* i korn som hirse, hvete, rug og havre fører til økning av alimentær toksisk aleuki (Alimentary Toxic Aleukia, ATA) i mennesker, som medfører nedgang i antall hvite blodlegemer på grunn av forgiftning gjennom kosten (Joffe 1978; Elen 2001).

1.4 Økning i forekomst av mykotoksiner i kornavlinger

I de senere årene har forekomsten av mykotoksiner i avlingene økt og det er registrert en økt forekomst av *F. graminearum* og til dels høye DON-verdier i en del norskprodusert korn, særlig havre (Aamodt 2008). Økt utbredelse av *F. graminearum* er også rapportert i andre deler av Europa (Xu *et al.* 2005). Det har blitt funnet en signifikant sammenheng mellom angrep av aksfusariose og DON-innhold i høsthvete (Wanyoike *et al.* 2002).

Den registrerte økningen og økte utbredelsen av *F. graminearum* har antageligvis flere forklaringer. En mulig forklaring er økt bruk av redusert jordarbeiding i kombinasjon med ensidig korndyrking. Dette gir økt smittepress og dermed sterkere angrep av fusariose i kornet (Dill-Macky & Jones 2000; Srobarova *et al.* 2002; Champeil *et al.* 2004; Xu *et al.* 2005; Brodal 2008).

Værforhold og klimaendringer (varmere og fuktigere) har ført til gunstigere forhold for soppvekst og produksjon av mykotoksiner (Champeil *et al.* 2004; Paul *et al.* 2007). I tillegg er det en økt dyrking av sorter som er mer mottagelige for angrep av noen *Fusarium*-arter som for eksempel *F. graminearum* (Xu *et al.* 2005).

Økningen i problemene med *Fusarium* og mykotoksiner i de siste årene kan også skyldes endringer i egenskapene til *Fusarium*-artene, sammenlignet med 10-20 år tilbake. Aseksuelle arter innenfor *Fusarium*-slekten kan bli vertsspesifikke patogener ved å utveksle relativt store mengder gener. De kan på samme måte tilpasse seg klimaendringer (Xu *et al.* 2005; Ma *et al.* 2010).

Det er liten eller moderat grad av resistens mot *Fusarium* i norske havre, vårhvete og bygg (Hofgaard 2011). Det er en økning av dyrking av mais i vekstskifte med hvete i store deler av

Europa (Srobarova *et al.* 2002; Xu *et al.* 2005). Sprøyting mot andre sykdommer i korn kan også påvirke forekomsten av *Fusarium spp.* (Henriksen & Elen 2005). I tillegg finnes det i Norge kun ett godkjent soppmiddel på markedet som har god effekt mot *Fusarium* og dette er protiokonazol (Elen 2009).

1.5 Tiltak og bekjempelse

Viktige strategier i bekjemping av aksfusariose inkluderer jordarbeiding, vekstskifte, fungicidbehandling, bruk av resistente sorter og integrert bekjempelse. Integrert bekjempelse ble først definert som en kombinasjon av kjemisk- og biologisk bekjempelse. I det moderne begrepet inngår imidlertid alle metoder som lar seg forene, som for eksempel vekstskifte og andre tiltak i plantekulturen, planteresistens og biologisk- og kjemisk bekjempelse.

Landbrukspraksis:

Kunnskap om dyrkingspraksis sammen med grundige dyrkningsveiledninger til produsentene har stor betydning for å redusere *Fusarium*-angrep og mykotoksin-produksjonen ute på åkeren. Gjødsling, begrensning av legde og stråforkortingsmidler kan påvirke soppen (Brodal *et al.* 2009).

Delgjødslinger og bruk av stråforkortingsmidler kan være negativt for utviklingen av *Fusarium*-infeksjoner, mens for høy nitrogen-gjødsling kan være gunstig for soppinfeksjonen. Sterk nitrogengjødsling kan trolig øke risikoen for angrep ved at åkeren blir svært frodig og mikroklimaet for plantebestanden blir gunstig for soppen. Korn fra områder med mye legde bør høstes og lagres separat (Leonard & Bushnell 2003; Brodal *et al.* 2009).

Pløying og fjerning av halmrester er de viktigste tiltakene og bruk av soppmidler på planterester kunne også være et tiltak for å redusere smittepresset av *Fusarium* (Dill-Machy & Jones 2000). Pløying begraver planterestene og fører til raskere nedbrytning av halm og stubb. Jordarbeiding om høsten er antakeligvis bedre enn jordarbeiding bare om våren. Brenning av halmrester eller andre tiltak for å redusere eller fjerne planterester kan også redusere størrelsen på inokulumskilden (Leonard & Bushnell 2003). En kombinasjon av vekstskifte med dyp pløying og ugresskontroll kan være effektivt (Hofgaard *et al.* 2012).

Vekstskifte med oljevekster, erter eller eng kan redusere oppformeringen av *Fusarium*-arter og minske risikoen for utvikling av mykotoksiner i kornet. *Fusarium*-artene som gjør mest skade på korn ser ut til å være ganske spesialiserte til grasfamilien. Selv om noen av

Fusarium-artene vi finner i korn også går på for eksempel gras og kløver, regnes eng likevel som en god vekstvekst. Skifte av kulturer og arter bryter oppformeringen av soppen, selv om den ikke kan elimineres (Brodal *et al.* 2009). Vekstskifte med noen vertsplanter som ikke er mottakelige for *F. graminearum* som soyabønner, solsikke og raps, kan redusere mengden av inokulumskilden som kan forårsake sykdomsepidemien (Dill-Macky & Jones 2000). Samtidig er det umulig å kontrollere *Fusarium*-infeksjon kun via vekstskifte og det kreves flere tiltak samtidig for å oppnå optimal effekt (Martin & Johnston 1982; Reis 1990).

For å unngå problemer med oppspiring er det viktig å bruke friskt såkorn, gjerne sertifisert såkorn (beiset etter behov). En metode for å behandle såkorn med varm damp, som er utviklet i Sverige og har god effekt mot såkornsmitte av *Fusarium*, er tatt i bruk i Norge (Brodal *et al.* 2009).

Enkelte studier viser at det er mindre problemer med mykotoksiner i økologisk produsert korn enn i konvensjonelt (Birzele *et al.* 2002; Bernhoft *et al.* 2010). I en norsk studie (Bernhoft *et al.* 2010) var mengden *Fusarium*-infeksjon og mykotoksin-innhold av HT2/T2 (bygg og havre) og DON (hvete) betydelig mindre i økologisk dyrket korn enn i konvensjonelt dyrket korn (Bernhoft *et al.* 2010). Forklaringen på dette kan være økt bruk av pløying, et godt vekstskifte og større arts mangfold i dyrkingsenheten ved økologisk dyrking (Brodal *et al.* 2008).

For å kontrollere spredning av aksfusariose bør en unngå å vanne i blomstringen. Det er også viktig å treske moden åker så raskt som mulig, og at kornet tørkes raskt etter høsting til riktig lagring. Sopp-artene kan fortsette å produsere mykotoksiner i korn ved for høyt vanninnhold på lager. Korn fra områder med mye legde bør høstes og lagres separat (Brodal *et al.* 2009).

Bruk av resistente sorter:

Det er flere studier som viser at bruk av moderat resistente sorter har den største betydningen på DON-reduksjonen (Beyer *et al.* 2006). I mange land, inkludert i Norge, er det en stor innsats innen planteforedlingen for å få fram *Fusarium*-resistente sorter (Bai & Shaner 2004; Agrios 2005; Xu *et al.* 2008).

De fleste sorter av havre, vårhvete og bygg som finnes på det norske markedet i dag, har liten eller moderat grad av resistens mot *Fusarium* (Brodal *et al.* 2009).

Behandling med fungicider:

Det kan være aktuelt å behandle med fungicider rundt blomstringsstadiet ved risiko for angrep av *Fusarium* (Mesterhazy 2003). Bruk av soppmidler ved tidligere utviklingsstadier av kornplanten kan stimulere utvikling av *Fusarium spp.* og mykotoksiner (Magan *et al.* 2002; Chala *et al.* 2003; Henriksen & Ellen 2005; Eiblmeier *et al.* 2007). Flere fungicider er registrert mot aksfusariose på havre og hvete, men de fleste er ikke effektive eller konsekvente i *Fusarium*-kontroll i havre (Jones 2000). De to viktigste og mest effektive plantevernmidlene som finnes på markedet i dag har handelsnavnet Proline og Delaro, og inneholder protiokonazol (Elen 2009). Studier som ble gjort ved Bioforsk Plantehelse viste at Proline (protiokonazol) kan redusere forekomsten av deoksynivalenol (DON) i høstet korn med 40-80 %, men har derimot ingen effekt på innholdet av HT2/T2- toksiner (Elen *et al.* 2009).

Biologisk kontroll:

På grunn av økt fokus på den negative miljøeffekten av kjemiske plantevernmidler legges det på verdensbasis ned stor innsats for å finne mikroorganismer som kan brukes i biologisk kontroll av *Fusarium* (Bai & Shaner 2004; Agrios 2005; Xu *et al.* 2008).

Biologisk kontroll av *Fusarium spp.* kan være en del av en fremtidig integrert kontrollstrategi (Gilbert og Fernando 2004). Biologisk kontrol strategi er å ta i bruk andre mikroorganismer (vanligvis bakterier) for å begrense *Fusarium*-infeksjon, da enkelte mikroorganismer kan hemme vekst og utvikling av andre sopper ved å parasittere dem eller deaktivere soppgifter. Flere studier viser at biologisk kontroll av aksfusariose kan være et viktig tiltak mot *Fusarium*-infeksjon (Bujold *et al.* 2001; Gilbert & Fernando 2004; Sarrocco 2012).

EU utarbeidet anbefalinger og grenseverdier for *Fusarium*-toksiner i korn og kornprodukter i 2006 (COMMUNITIES 2006). I Norge har Mattilsynet utarbeidet egne grenseverdier for innhold av enkelte mykotoksiner med grunnlag i EUs anbefalinger.

Dette har ført til at dyrkerne får lavere pris for kornpartier med for høyt innhold av mykotoksiner. Slikt korn må enten blandes med friskt korn eller kasseres for å få toksininnholdet ned på et akseptabelt nivå.

1.6 Problemstilling

På grunn av et økt og til dels høyt mykotoksin-nivå i enkelte kornpartier de senere årene, i tillegg til eksisterende grenseverdier for innhold av mykotoksiner i korn, har *Fusarium*- og mykotoksiner i korn fått økende oppmerksomhet, både i Norge og i de store korndyrkingsområdene i verden.

1.6.1 Integrert bekjempelse av *Fusarium spp.* og mykotoksiner i havre

I et samarbeid mellom Solør-Odal landsbruksrådgivning og faggruppen for kornsykdommer ved Bioforsk Plantehelse ble det gjennomført et 2-årig feltforsøk (2011-2012) med ulike behandlinger (kjemiske og biologiske preparater) for å finne frem til behandlinger som kunne redusere risikoen for utvikling av mykotoksiner i havre. Dette inkluderte behandling av jord og planterester for å redusere utviklingen av *Fusarium*-smitte og behandling av havreplanter med ulike preparater ved aksskyting.

Begrunnelsen for denne oppgaven er at forekomsten og utbredelsen av *Fusarium* og mykotoksiner (særlig *F. graminearum* og DON) har økt de siste ti årene, og at bruk av fungicider som finnes på markedet i dag kun gir en begrenset reduksjon i mykotoksininnhold.

Hypotesene som ligger til grunn for denne oppgaven er følgende:

- 1: Behandling av planterester med biologiske preparater kan redusere smittepresset av *Fusarium spp.* og videre reduserer forekomsten av *Fusarium* og mykotoksiner i korn.
- 2: Behandling av havre med biologiske preparater under aksskytingen kan redusere forekomst av *Fusarium* og mykotoksiner i havrekorn.

Målsettingen med oppgaven var å finne frem til behandlinger som kan fremme nedbryting av halm og stubb og/eller hemme veksten av *Fusarium*, for å redusere utvikling av *Fusarium*-smitte i planterester.

Denne oppgaven skal avklare om det er signifikant effekt av utvalgte preparater på forekomsten av *Fusarium* og mykotoksiner i havrekorn. Dette skal gjøres ved å identifisere og registrere forekomst av ulike *Fusarium*-arter på planterester og korn, etter behandling med 11 ulike preparater med to gjentak hver. I tillegg er det et ønske å klargjøre sammenhengen mellom forekomsten av ulike *Fusarium*-arter og innholdet av mykotoksiner ved behandling med ulike preparater.

Det blir også gjort et forsøk på å avdekke samspill mellom tre ulike *Fusarium*-arter (*F. avenaceum*, *F. graminearum* og *F. langsethiae*) som kan ha betydning for soppens vekst og mykotoksin-produksjonen.

Kapittel 2 – Materialer og metoder

2.1 Beskrivelse av feltforsøket

Hensikten med feltforsøket var å finne frem til behandlinger som kunne hemme veksten av *Fusarium* eller fremme nedbrytningen av halm/stubb for å redusere utvikling av *Fusarium*-smitte i planterester. Forsøksfeltet, som bestod av silt-jord var lokalisert i Solør i Hedmark fylke. I dette forsøket var forkulturen bygg, og det var halm/stubb fra byggplanter som ble samlet inn før såing for analyse av *Fusarium*. Ingen nedmolding av planterestene ble gjort før starten på forsøket i mai 2011 og kun harving ble benyttet for å forberede jorden for såing (vedlegg 2).

Det ble anlagt 2 felt (à 45 m x 16 m) med 15 ruter (à 8 m x 3 m) hver (tabell 1). Feltene var omgitt av kantruter som fungerte som en buffer mot omgivelsene. Innen hver rute var det en høsterute (6 m x 1,5 m) (figur 13).

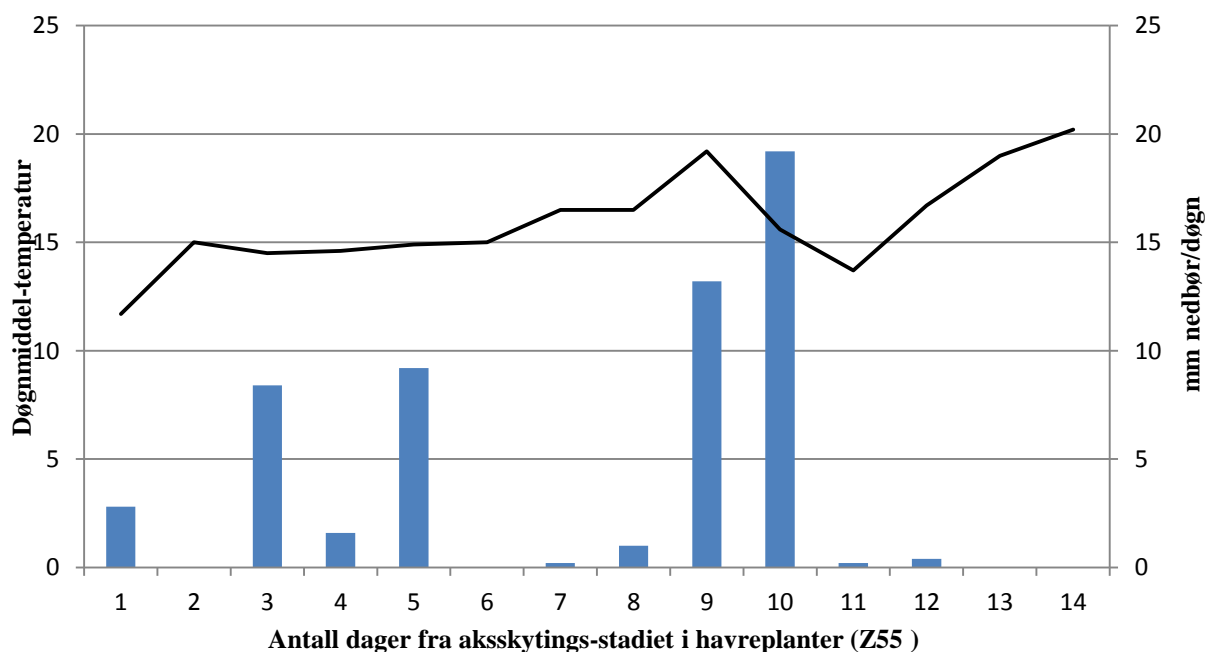
Videre i forsøket ble effekten av behandling av havreplanter med fungicider og kjemiske/biologiske preparater, sammenlignet med korn høstet fra ubehandlede ruter. Havreplantene (sort: Ingeborg) ble behandlet før eller under blomstring. Korn som ble høstet fra forsøksfeltene, ble analysert for mykotoksin innhold (DON, HT2/T2) og ulike *Fusarium*-arter.

Tabell 1: Dette er et feltkart over forsøket. Ruter der det ble samlet inn planterester er markert i blått. Totalt gjelder dette 6 ruter: ledd 1, 10 og 11 med rute nummer 202, 206, 208, 104, 113 og 114.

		45 m														
16 m	Rute (rep 2)	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215
	Ledd (rep 2)	Kant	1	4	12	7	11	2	10	6	9	8	3	13	5	kant
16 m	Rute (rep 1)	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115
	Ledd (rep 1)	Kant	8	3	10	2	7	12	13	9	4	5	6	11	1	kant

2.2 Klimaforhold i feltforsøket (Roverud sommeren 2011)

Figur 13 viser klimaforholdet i feltforsøket med mengde nedbør (mm/døgn) og døgnmiddel-temperaturen (°C) i antall dager etter aksskytings-stadiet (Z55) i havreplanter fra forsøket som er grunnlag for denne oppgaven. Aksskytings-stadiet vises med null-punkt i figuren nedenfor. Figur 13 viser et varmt og fuktig klimaforhold i feltforsøket med en døgnmiddel-temperatur mellom 12-20°C og en nedbørsmengde mellom 0-19(mm/døgn) etter aksskytings-stadiet.



Figur 13: Døgnmiddel-temperatur (°C) og nedbørs-mengde (mm/døgn) i feltforsøket i Solør-Odal i 14dager etter aksskyting (Z55) i havreplanter om sommeren 2011. Svart linje viser Døgnmiddel-temperaturen (°C) og blå søylene viser mengde nedbør(mm/døgn) i en periode på 14 dager.

2.3 Opplysninger om de ulike kjemiske og biologiske preparatene

2.3.1 Proline (EC250) x Delaro (SC325)

Proline og Delaro er de eneste kjemiske midlene som ble benyttet i dette forsøket. Begge midlene inneholder protiokonazol, som har en viktig rolle i en effektiv soppbekjempelse i alle kornarter. Protiokonazol er en ny versjon av triazol som har en annen virkningsmekanisme enn strobiluriner hvis det foreligger en mistanke om at soppen er motstandsdyktig mot strobiluriner (Bayer Crop Science 2011). Protiokonazol har vist god virkning mot de viktigste sopp sykdommene i hvete (Elen *et al.* 2007). Proline inneholder kun protiokonazol, mens

Delaro er en ferdig blanding av protikonazol og trifloksystrobin (strobilurin) (Bayer Crop Science 2011).

2.3.2 Trifender WP

Trifender er et biologisk plantevernmiddel som inneholder *Trichoderma asperellum*. *T. asperellum* er en soppart innen slekten *Trichoderma* som er til stede i alle jordtyper. Den hemmer vekst og utvikling av andre sopper gjennom å parasittere dem («necrotrophic hyperparasitism» eller «mycoparasitism»). Giftene som blir produsert av de plantepatogene soppene deaktiveres av *T. asperellum*, samtidig som den også aktiverer det systemiske forsvaret hos vertplanten (Gyula 2005, Agranova 2011). Derfor benyttes *T. asperellum* som et biologisk plantevernmiddel som kan parasittere mange plantepatogene sopper, som *Pythium*, *Phytophthora* og *Fusarium* (Agranova 2011). *T. asperellum* har også vist seg å ha antibiotisk virkning mot andre mikroorganismer. Hyfer av *T. asperellum* kan, i tillegg til å leve på planterøtter, leve som en endofytt i rot-epidermis («endofytism»), noe som fører til forbedring av plantevekst og forsvarssystem (Samuels *et al.* 1999). *T. asperellum* er i stand til å gjøre næringsstoffer tilgjengelige for planter ($Mn^{4+} \rightarrow Mn^{2+}$, $Cu^{2+} \rightarrow Cu^{1+}$, $Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$) (Agranova 2011).

2.3.3 Biowish Crop

Biowish Crop er en 100 % naturlig og organisk basert kommersiell gjødseltype. Den er en blanding av ulike biokatalysatorer som skal øke hastigheten i biokjemiske reaksjoner hos plantene. Bruk av Biowish Crop kan i følge Biowish Technologies (2012) føre til forbedring av avling, økt avkastning, øke plantens yteevne, øke næringsstofftilgjengeligheten, forbedring og stimulering av mikrobiell aktivitet i jorden og akselerasjon i nedbrytingen av planterester. I tillegg skal Biowish Crop ha effekt mot noen plantepatogene sopper og bakterier, som for eksempel *Fusarium* og *E. coli* (Biowish Technology 2012).

2.3.4 Erntemax (Amalgerol Erntemax)

I følge Mineral-Expressen Ltd (2012) er Erntemax sunt for både jord og planter. Erntemax inneholder Amalgerol, som er den aktive ingrediensen. Amalgerol er en kombinasjon av ulike organiske karbohydrater og skal være en biostimulant for planter. Dette kan styrke planter i perioder med stress som for eksempel ved tørke, kulde eller ved bruk av ugrasmidler. Organiske karbohydrater er mat for jordas mikrober og Amalgerol skal kunne øke mikroorganismenes aktivitet i jord med opptil 20 %. Den skal også forbedre rotsystemet til plantene (styrker røttene med opp til 60 %), noe som forbedrer opptak av vann, gjødsel og

næringsstoffer hos plantene. I tillegg kan Amalgerol forbedre nedbrytingen av halm og redusere inokulum av sopp som for eksempel *Fusarium*.

Det blir påstått at effekten av plantevernmidler på blad skal forbedres med inntil 25 % ved bruk av Erntemax og at noen bladgjødseltyper med plantevernmidler kan få økt virkning med opptil 100 % (Mineral-Expressen Ltd 2012).

2.3.5 Resistim (bladgjødsel)

I følge Prodana (2011) er Resistim en flytende gjødseltype basert på kalium-fosfitt med gunstige effekter på beite kvalitet og som videre styrker plantenes evne til å motstå angrep fra visse sopparter. Yara (2012) hevder at bladgjødslingsprodukter forebygger mangel på næringsstoffer og forbedrer plantekvaliteten ved næringsstoffmangel i vekstsesongen. Dette skal være en enkel og rimelig metode å øke plantenes kvalitet på. Sprøyting av plantenes bladverk med oppløste plantenæringsstoffer (bladgjødsel) kan føre til raskere opptak av mikro-næringsstoffer. Dette kan benyttes for å rette opp mangelsykdommer (Yara 2012).

2.3.6 Agrinos HYT A, B og C

Agrinos produserer "High Yield Teknologi" ("HYT")- produkter. Disse er laget av 3 separate ingredienser (HYT A, B og C).

HYT A er en spesifikk mikrobiell jordinokulasjon. Dette er en naturlig, aktiv, mikrobiell kultur som er utformet for å leve i jorden over en periode på en eller to måneder. Den inneholder naturlige forekommende nyttige bakterier. Den øker metabolismen i planten og tilfører viktige næringsstoffer som nitrogen, kalium og andre elementer som mineral-næringsstoffer direkte til plantenes røtter. HYT A kan binde næringsstoffer og friggi disse i forhold til plantens behov. Den kan også regulere pH i jord (Agrinos TM innovative by nature).

HYT B er en biologisk kilde til næringsstoffer for plantene. Den produseres ved en biologisk hydrolyse som fører til produksjon av flytende aminosyrer og kitosan. Den kan forbedre plantenes evne til å motstå stress og kan stimulere planter i fotosyntesen, blomstring og fruktdannelse. HYT B kan øke sukkerinnholdet i avlingen. HYT A og HYT B er påstått å samarbeide for å skape et sunt og gunstig jordmiljø for planteveksten (Agrinos 2012).

HYT C er en økologisk og pulverisert naturlig polymer (tørr kitin) som skal styrke rot-dannelsen og celle-strukturen. Dette produktet produseres ved lav temperatur uten bruk av kjemikalier. HYT C kan stimulere plantens evne til å motstå plantepatogener. HYT C (HYT

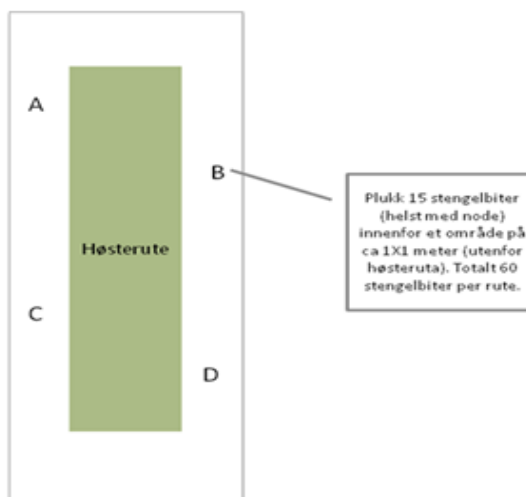
Bioguard) skal være uskadelig og trygg ved bruk for mennesker, planter og miljø (Agrinos 2012). HYT C kan, i samarbeid med HYT A, produsere kitosan i jorden (Agrinos 2012).

2.4 Behandlinger med kjemiske og biologiske preparater

For å undersøke effekten av behandling på mengde *Fusarium*-infeksjon på planterester (bygg som forgrøde), ble kornstubben i 2 ruter innen hvert felt behandlet med 2 ulike plantevernmidler (Trifender og Biowish Crop) før såing. En rute innen hvert felt fungerte som kontroll og var ubehandlet (vedlegg 2). Deretter ble det sådd ubeiset havrekorn (Ingeborg) i høsterutene (figur 13) samtidig som feltene ble gjødslet. Etter 30 dager ble alle feltene sprøytet med ugressmidler (vedlegg 2). Samtidig ble kornplantene i en rute i hvert felt (nummer 102 og 211) behandlet med Erntemax. Når kornplantene nådde aksskyting (Z55) ble rutene, med unntak av tre ruter i hvert felt (nummer 104, 109, 113, 206, 208 og 210), behandlet med ulike preparater (vedlegg 2).

I rutene med behandling av planterester (nummer 104, 109, 113, 206, 208 og 210) ble det plukket ut 15 «stengelbiter med node» av planterestene på jordoverflaten fra fire ulike steder (A, B, C og D) i området mellom den ytre kanten av ruten og høsteruten (figur 14), til sammen 60 biter per rute.

Anleggsrute: 8 m x 3 m = 24 m²
 Høsterute: 6 m x 1,5 m = 9 m²
 Feltstørrelse: 45 m x 16 m = 720 m²



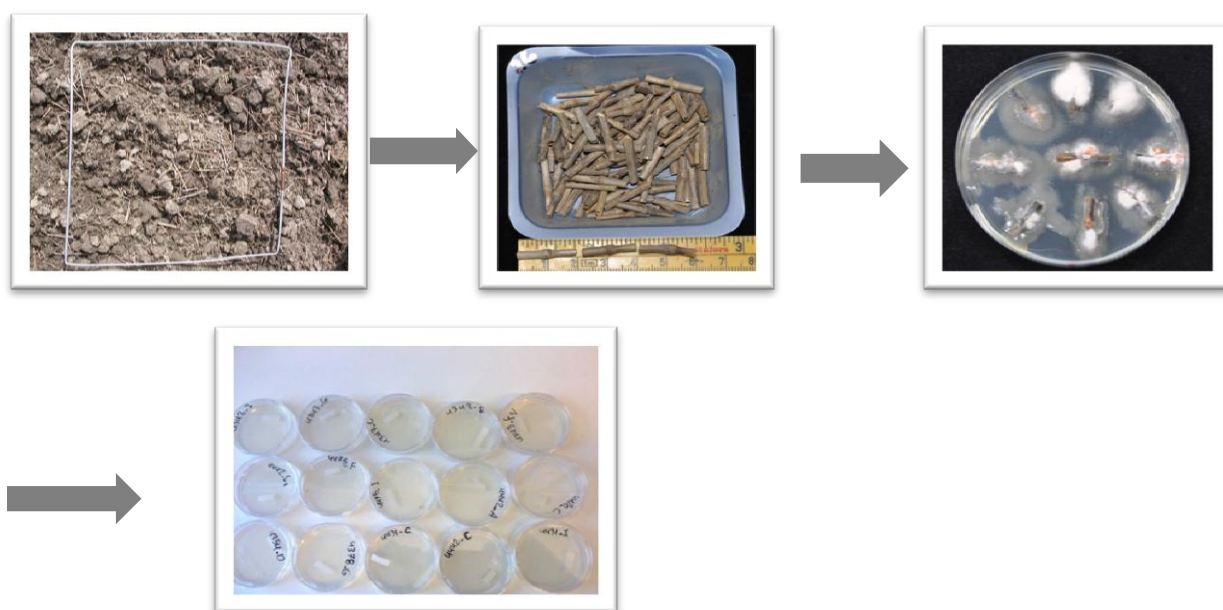
Figur 14: Illustrasjon av en rute(anleggsrute) med høsterute og eksempler på hvor planterestene ble samlet inn.

Alle halmbitene ble tørket ved 25 °C i 24 timer før de ble sendt til Bioforsk for analyse av *Fusarium*-forekomst og kvantifisering («smittepress») (vedlegg 2). Tegn på sykdomsangrep på havrekorn ble registrert i feltet før høsting. Senere i september ble havrekorn fra alle rutene høstet separat og pakket i poser med rutenummer påskrevet. Kornet ble sent til Bioforsk for analyse av *Fusarium*-forekomst og mykotoksiner (vedlegg 2).

2.5 Analyse av *Fusarium* og mykotoksiner i planteprøver innsamlet fra feltforsøket

2.5.1 Isolering av *Fusarium spp.* fra halm/stubb

Innsamlede planterester som var fra bygg som forgrøde ble kuttet opp i små biter (helst med node, 1,5-2 cm) og bitene ble vasket i 30 sekunder i NAOCL (0,05 %), 15 sekunder i alkohol (70 %) og tre ganger med sterilt vann. Etter tørking ble de innkubert på CZPD (Czapek propiconazole dichloran agar)-skåler som er en modifisert utgave av CZID (Czapek-Dox agar)-medium (vedlegg 1), pakket inn i poser og lagt ved 20 °C under hvitt+NUV(nær ultrafiolett)-lys (ca. 50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$) i 10-14 dager. Etter 10 dager inkubering ble vekst av *Fusarium* registrert og enkelte soppkolonier ble overførte til egne SNA (Spezieller Nährstoffarmer Agar)-skåler (vedlegg 1) for videre identifisering. De overførte *Fusarium*-isolatene ble videre inkuberte ved 20 °C under hvitt+NUV-lys i 10 dager før morfologisk identifisering av soppart (figur 15).



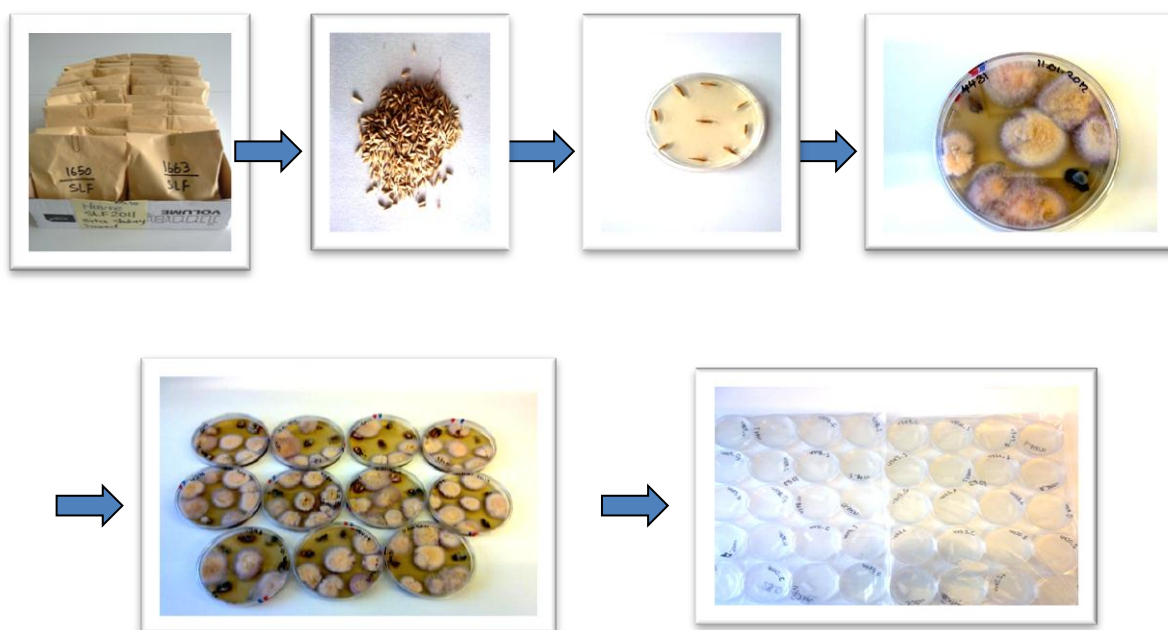
Figur 15: Planterester på åkeren, vekst av *Fusarium* på planterester og dyrking av *Fusarium* på SNA før morfologisk identifisering (nederste bilde).(Foto: B. Shakery 2012)

2.5.2 Isolering av *Fusarium spp.* fra havrekorn

Det ble valgt ut 100 tilfeldige havrekorn fra hver rute for *Fusarium*-analyse og identifisering. Disse ble vasket med etanol (70 % i ett minutt), deretter i sterilt vann (tre ganger) og tørket.

Havrekornene ble innkubert på CZPD-skåler, pakket inn i plastposer og lagt ved 20 °C under hvitt+NUV-lys i 10-14 dager. Total mengde *Fusarium* på CZPD-skålene og prosent av ulike *Fusarium*-arter ble registrert for hver skål.

Soppmycelet til *Fusarium spp.* ble overført på nye SNA-skåler hver for seg, pakket i poser og lagt ved 20 °C under hvitt+NUV-lys i 10-14 dager. Etter dette kunne de ulike *Fusarium*-artene identifiseres og registreres, mens prosenten av de ulike *Fusarium*-artene i *Fusarium*-infiserte havrekorn kunne regnes ut (figur 16).



Figur 16: Havrekorn fra åkeren, vekst av *Fusarium* på korn og dyrking av *Fusarium* på SNA før morfologisk identifisering (nederste bilde). (Foto: B. Shakeri 2012)

2.5.3 Analyse av mykotoksiner på *Fusarium*-infriserte havrekorn

Etter høsting av havrekorn i ulike forsøksruter ble det tatt ut en kornprøve på 1 kg per forsøksrute. Prøven ble tørket ned til 10-12 % vann og rensset. Kornprøvene ble videre neddelt og 200 gram korn ble oppmalt på KIMEN såvarielaboratoriet ved bruk av Perten Laboratory Mill 3303. Ferdig oppmalte kornprøver ble lagret ved -20 °C før mykotoksin-analyse. Analyse av HT2/T2 og DON ble gjennomført ved Bioforsk Plantehele, seksjon Pesticidkjemi ved bruk av Liquid chromatography–tandem mass spectrometry (LC- MS/MS) og QUECHERS- metode (acetonitrile extraction) for opparbeiding av prøvene.

2.6 *In vitro* vekstrate hos utvalgte *Fusarium*-arter

2.6.1 Tillaging av enkeltsporeisolater

For genetiske studier av både feltpopulasjoner og laboratorieforsøk er det viktig å få rene kulturer. Rene kulturer stammer fra enkeltsporer, noe som gir sikrere forsøksresultater.

I denne delen ble det laget rene kulturer fra tre forskjellige *Fusarium*-arter (*Fusarium avenaceum*, *graminearum* og *Fusarium langsethiae*) ved hjelp av enkeltsporer. Både fargen og formen på de tre *Fusarium*-artene ble undersøkt og sammenlignet.

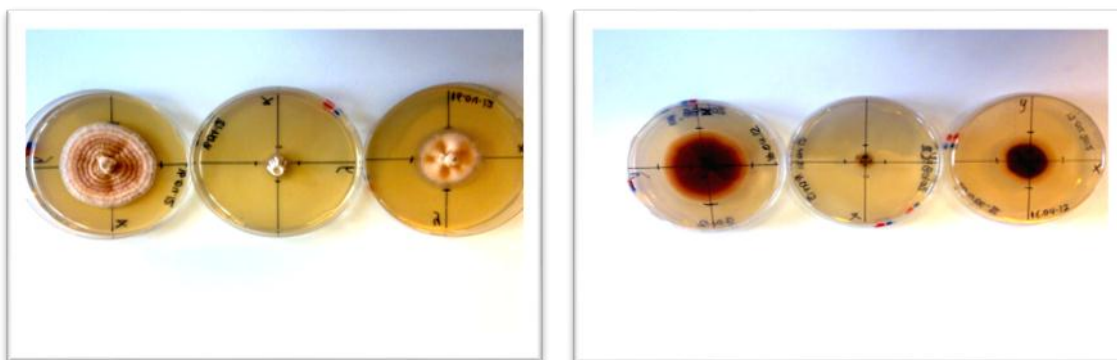
For å isolere enkeltsporer ble et lite område fra kanten av mycelveksten i skålene skrapet og avskrapet ble overført til et plastrør med sterilt vann. Spore-konsentrasjonen ble redusert med opptil 50-75 % ved å tilsette mer sterilt vann. Sporeblandingen fra hvert plastrør ble fordelt på 4 WA (Water Agar)-skåler. Det ble laget 4 skåler av hver *Fusarium*-art med redusert spore-konsentrasjon (12 skåler til sammen). WA-skålene med sporer på ble lagret ved 25 °C over natta. Tidlig dagen etter ble spirende enkeltsporer funnet på hver WA-skål ved hjelp av mikroskop (30-70X) og overført til midten av nye SNA-skåler. Det ble 4 SNA-skåler for hver *Fusarium*-art, det vil si 12 skåler til sammen. De ble pakket i poser og plassert i inkubatorskap ved 20 °C under hvitt+NUV-lys i 10 dager. Etter 10 dager ble mycel av de ulike rene isolatene, som stammet fra enkeltsporene, lagret ved -80 °C på SNA-kjeks (diameter på 5mm) i forskjellige Ependorf-rør (12 stk.) (Leslie & Summerell 2006). Senere ble disse mycelene brukt for å lage rene isolater av de ulike *Fusarium*-artene, til bruk i forsøk som vekstrate-forsøket.

2.6.2 Registrering av vekstrate for utvalgte *Fusarium* arter

Et Ependorf-rør med rendyrket mycel fra hvert isolat ble tatt opp og en kjeks fra hvert rør ble overført til midten av en skål med PDA (Potato Dextrose Agar 90 mm i diameter) for oppformering av isolater. Det ble benyttet 4 skåler per isolat (hvert Ependorf-rør), til sammen 36 PDA-skåler for hele forsøket. Skålene ble plassert ved 20 °C under hvitt+NUV-lys og pakket inn i poser. Etter tre dager ble kulturene overført til CZPD-skåler ved at nye kjeks ble stanset ut fra det ytterste området av mycelveksten og lagt over på de nye skålene (til sammen 36 CZPD-skåler). De utstansede kjeksene hadde en diameter på 5mm. Alle skålene ble pakket inn i poser og plassert ved 20 °C under hvitt+NUV-lys.

2.6.3 Måling av vekstrate

Etter tre dager, da kjeksene hadde hatt tid til å feste seg på den nye agaren, ble det tegnet opp et kryss på undersiden av skålene hvor agarkjeksene var sentrum. På dette tidspunktet ble første registrering av mycelelets vekst utført (Lane *et al.* 2012). Andre registrering ble gjort etter 10 dager. Etter at registreringen var ferdig ble merkene på skålene målt opp med linjal. Diameteren i begge retninger for begge tidspunkter ble registrert. Fra vekstraten mellom første og andre registrering ble det regnet ut gjennomsnittlig vekst per dag (figur 17).



Figur 17: Vekst av *Fusarium graminearum*, *F. langsethiae* og *F. avenaceum* fra venstre til høyre i hvert bilde på selektivt medium «CZPD» for måling av *in vitro* vekstrate. (Foto: B. Shakery 2012).

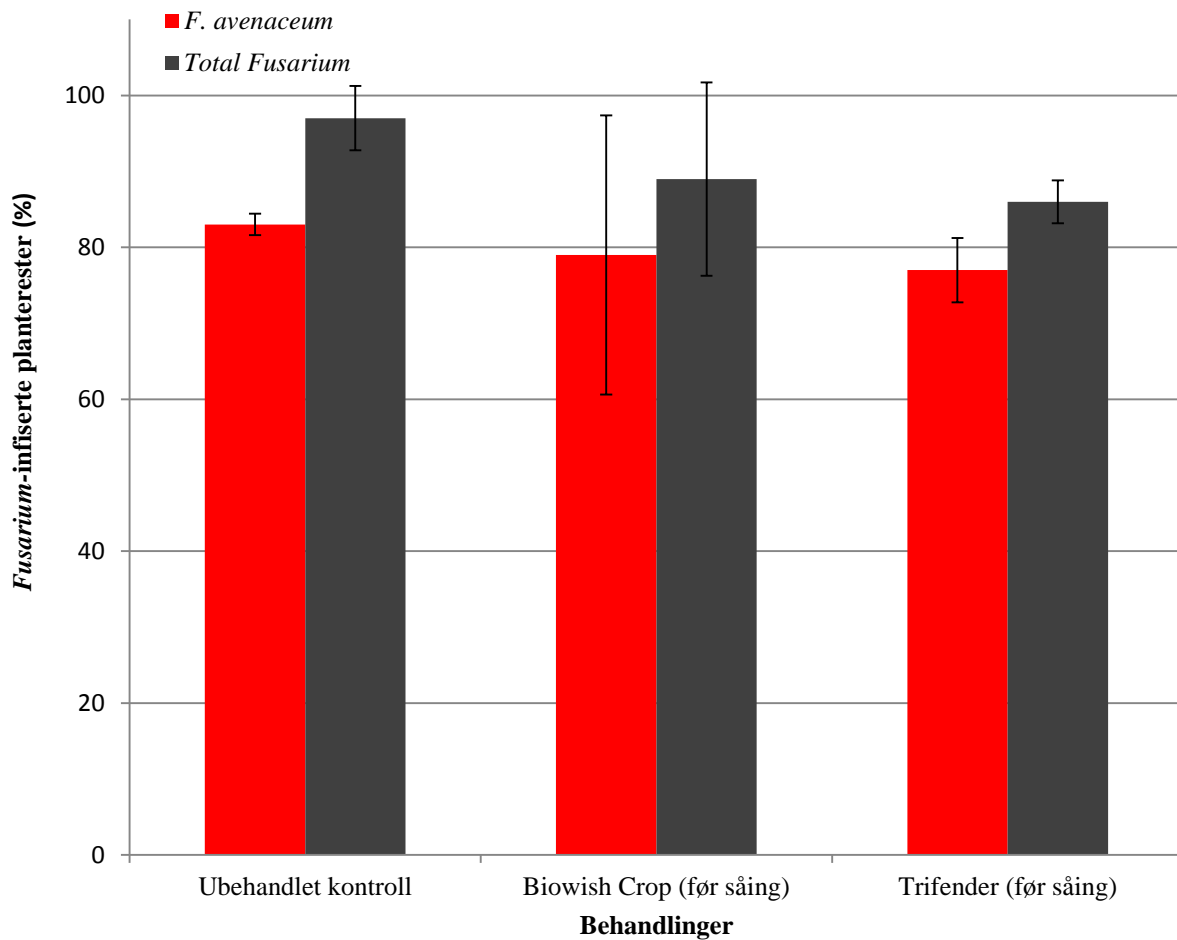
Kapittel 3 - Resultater

3.1 Planterester

I dette forsøket ble effekten av enkelte preparater undersøkt ved å behandle jorden (inkludert planterester) etter jordarbeiding, men før såing av havre. I tillegg til å registrere forekomst av *Fusarium* og mykotoksiner i høstet korn, ble vekst av *Fusarium* registrert etter inkubering av planterester som var innsamlet ved aksskyting.

Figur 18A viser hvor stor andel av halmrestene som var infisert med henholdsvis total *Fusarium sp.* og *Fusarium avenaceum* (gjennomsnittlig prosent av to gjentak per behandling). Prosent forekomst av total *Fusarium sp.* og *Fusarium avenaceum* i planterester er registrert etter inkubering av planterester på selektivt medium (CZPD) ved 20°C og 12 timers hvitt+NUV-lys i 10 dager. Resultatene viser at de fleste prøvene av planterester (85-95 %) som ble innsamlet fra åkeren ved aksskyting var infisert med *Fusarium*. *F. avenaceum* ble isolert fra om lag 80 % av prøvene. I ubehandlede forsøksruter (kontroll) var 95 % av planterestene infisert med *Fusarium sp.* og 83 % infisert med *F. avenaceum*. I forsøksruter som var behandlet med Biowish Crop før såing var 89 % av planterestene infisert med *Fusarium sp.* og 79 % infisert med *F. avenaceum*. På planterester innsamlet fra ruter som var behandlet med Trifender før såing var 88 % av planterestene infisert med *Fusarium sp.* og 78 % infisert med *F. avenaceum*.

Det ble ikke funnet noen signifikant forskjell i forekomst av *Fusarium sp.* og *F. avenaceum* på planterester som var behandlet med Biowish crop eller Trifender før såing, sammenliknet med ubehandlede ruter.

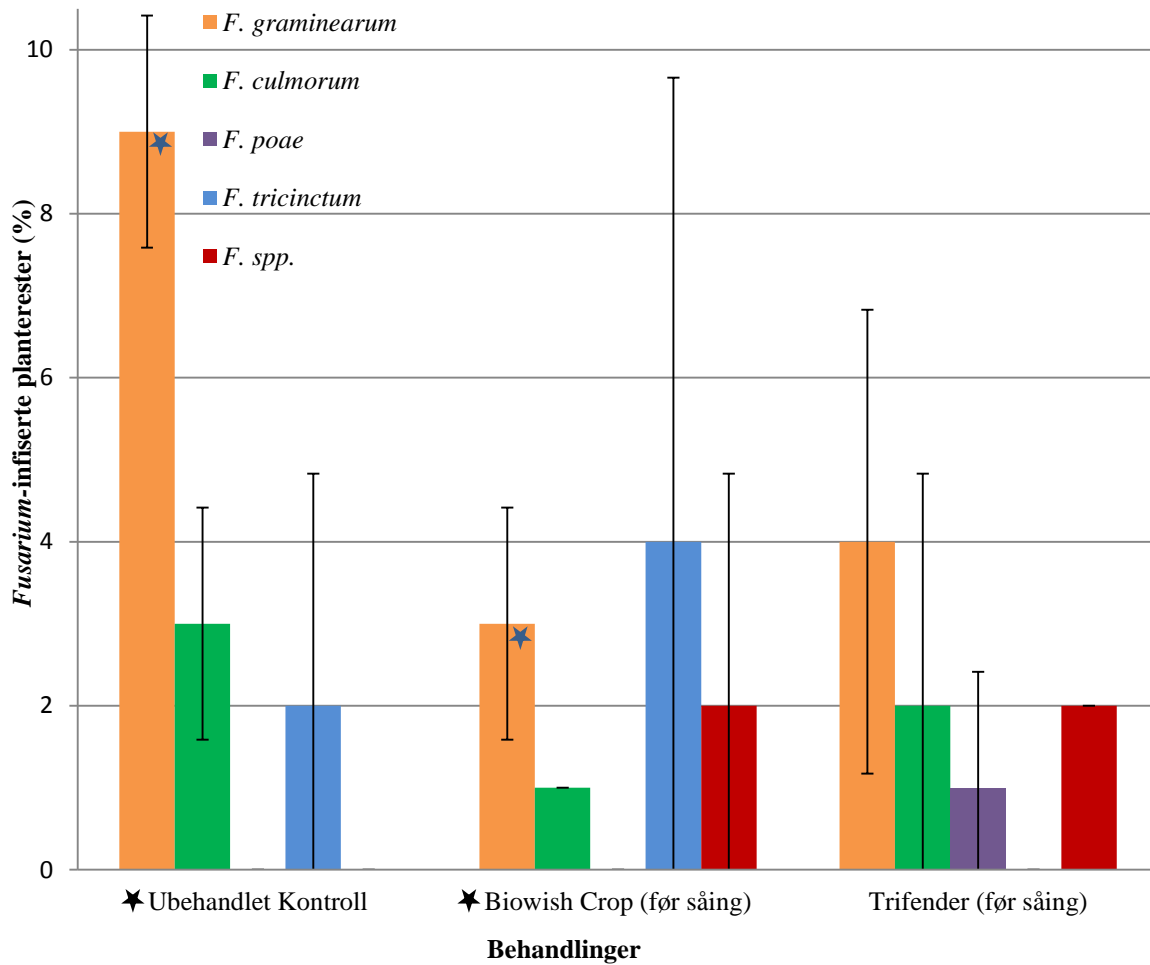


Figur 18A: Effekt av behandling av jord og planterester med henholdsvis Biowish Crop og Trifender etter jordarbeiding, men før såing av havre, på forekomst av total *Fusarium sp.* og *Fusarium avenaceum* i planterester innsamlet ved aksskyting. Figuren viser hvor stor andel av prøvene med halmrester som var infisert med henholdsvis total *Fusarium sp.* og *Fusarium avenaceum* (gjennomsnitt av to gjentak per behandling). Prosent forekomst av total *Fusarium sp.* og *Fusarium avenaceum* i planterester er registrert etter inkubering av planterester på selektivt medium (CZPD) ved 20°C og 12 timers hvitt+NUV-lys i 10 dager.

Figur 18B viser effekt av ulike behandlinger (Biowish og Trifender) etter jordarbeiding, men før såing av havre, på forekomst av ulike *Fusarium*-arter i planterester innsamlet ved aksskyting. Figuren viser prosent prøver med halmrester som var infisert med *F. graminearum*, *F. poae*, *F. culmorum*, *F. tricinctum* og *F. spp.* (det vil si *Fusarium*-arter som ikke ble identifisert som *F. avenaceum*, *F. graminearum*, *F. poae*, *F. culmorum* eller *F. tricinctum*). Prosent forekomst av de ulike *Fusarium*-artene i planterester ble registrert etter inkubering av planterester på selektivt medium (CZPD) ved 20°C og 12 timers hvitt+NUV-lys i 10 dager.

I ubehandlede forsøksruter (kontroll) var 9 % av prøvene med planterester infisert med *F. graminearum*, 3 % var infisert med *F. culmorum* og 2 % var infisert med *F. tricinctum*. I forsøksruter som var behandlet med Biowish Crop før såing var 3 % av prøvene med planterester infisert med *F. graminearum*, 1 % var infisert med *F. culmorum*, 4 % var infisert med *F. tricinctum* og 2 % var infisert med *F. spp.* På planterester innsamlet fra ruter som var behandlet med Trifender før såing var 4 % av prøvene med planterester infisert med *F. graminearum*, 2 % var infisert med *F. culmorum*, 1 % var infisert med *F. poae* og 2 % var infisert med *F. spp.*

I planterester innsamlet fra forsøksruter som var behandlet med Biowish Crop var forekomsten av *F. graminearum* redusert med 67 % (signifikant ved 85% signifikansnivå) og forekomsten av *F. culmorum* redusert med 67 % (ikke signifikant) sammenlignet med ubehandlede forsøksruter. I prøvene med planterester inn samlet fra forsøksruter som var behandlet med Trifender før såing ble det registrert en reduksjon i forekomst av *F. graminearum* og *F. culmorum* som var henholdsvis 56 % og 34% lavere enn i kontrollen. Figur 18B viser en økning i forekomst av *F. tricinctum* i prøvene med planterester behandlet med Biowish Crop (Z55) som var 100 % høyere enn i kontrollen. I prøvene med planterester innsamlet fra ruter som var behandlet med Trifender og Biowish Crop før såing, viser resultatene en økning i forekomst av *Fusarium spp.* som var 100 % høyere enn i kontrollen. Forskjellene er imidlertid ikke signifikante (N=100).



Figur 18B: Effekt av ulike behandlinger (Biowish og Trifender) etter jordarbeiding, men før såing av havre, på forekomst av ulike *Fusarium*-arter i planterester innsamlet ved aksskyting. Figuren viser prosent prøver med halmrester infisert med *F. graminearum*, *F. poae*, *F. culmorum*, *F. tricinctum* og *F. spp.* (dvs. *Fusarium*-arter som ikke ble identifisert som *F.avenaceum*, *F.graminearum*, *F. poae*, *F. culmorum* eller *F. tricinctum*). Prosent forekomst av de ulike *Fusarium*-artene i planterester ble registrert etter inkubering av planterester på selektivt medium (CZPD) ved 20 °C og 12 timers hvitt+NUV-lys i 10 dager. Det er signifikant forskjell mellom behandlingene som er merket med stjerne (signifikant ved 85% signifikansnivå, P-verdi= 0,10).

3.2 Havrekorn

Figur 19 viser forekomst av total *Fusarium sp.* og *F. avenaceum* i havrekorn høstet fra ubehandlede ruter og ruter som var behandlet med ulike biologiske og kjemiske preparater til ulike tidspunkt (før såing, ved ugrassprøyting og ved aksskyting: Z55). Prosent forekomst av total *Fusarium sp.* og *Fusarium avenaceum* i havrekorn er registrert etter inkubering av havrekorn på selektivt medium (CZPD) ved 20 °C og 12 timers hvitt+NUV-lys i 10 dager.

I havrekorn høstet fra de ubehandlede forsøksrutene (kontroll) var 80 % av kornprøvene infisert med *Fusarium sp.* og 50 % var infisert med *F. avenaceum*. I korn høstet fra ruter som var behandlet med Biowish Crop var 95 % av kornprøvene infisert med *Fusarium sp.* og 65 % var infisert med *F. avenaceum*. I korn høstet fra ruter som var behandlet med Trifender før såing var 98 % av kornet infisert med *Fusarium sp.* og 46 % var infisert med *F. avenaceum*, mens i kornprøver høstet fra ruter som var behandlet med Trifender ved aksskyting var 88 % av kornprøvene infisert med *Fusarium sp.* og 58 % av kornprøvene var infisert med *F. avenaceum*.

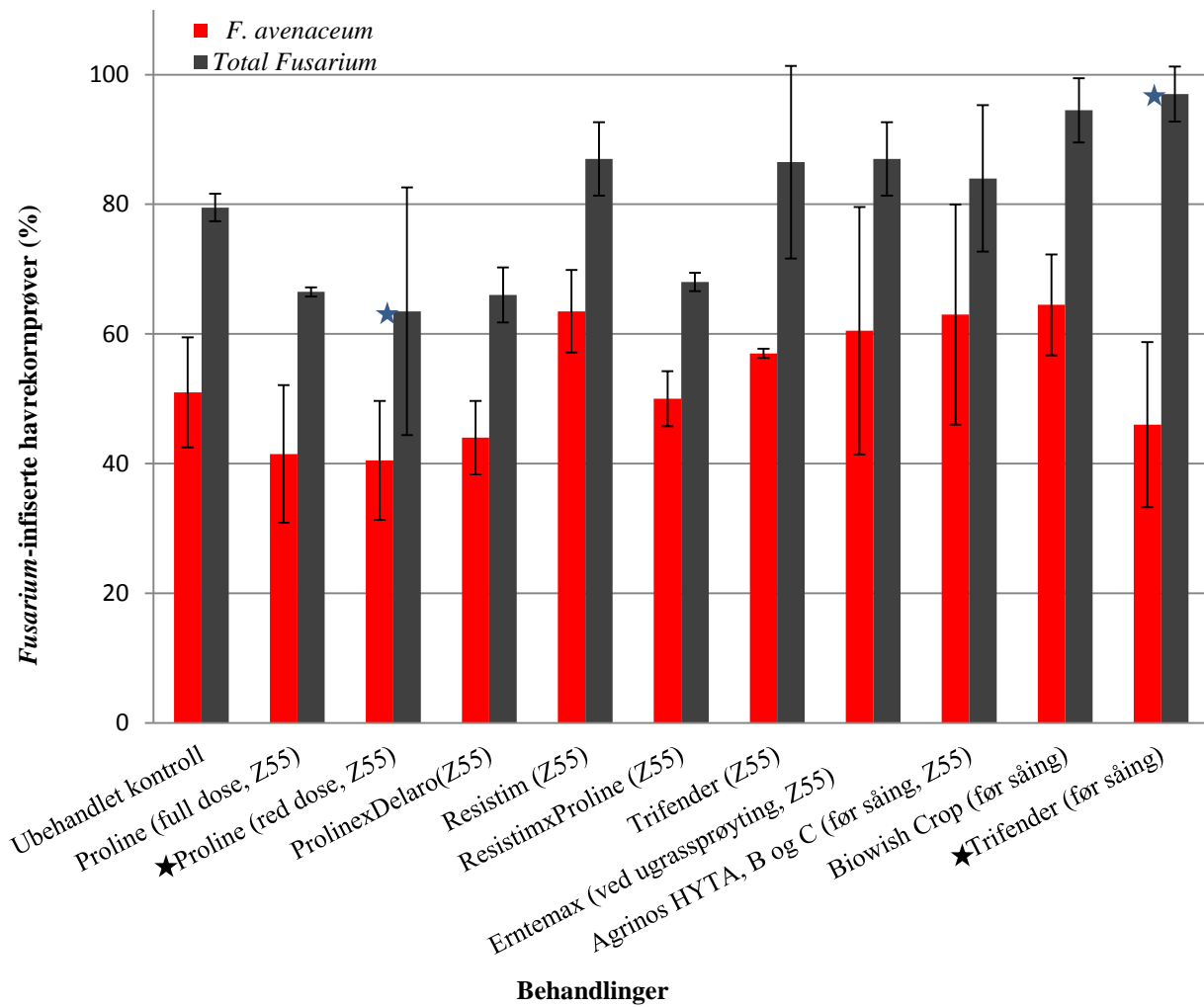
I havrekorn høstet fra ruter som var behandlet med preparater som inneholder protriokonazol (Proline, Proline + Delaro og Resistim + Proline) ved aksskyting var 65-69 % av kornet infisert med *Fusarium sp.* og 40-49 % var infisert med *F. avenaceum*. I kornprøver høstet fra forsøksruter som var behandlet med Resistim ved aksskyting ble det registrert 83 % total *Fusarium sp.* og 63 % *F. avenaceum*. I forsøksruter som var behandlet med Erntemax ved ugrassprøyting og ved aksskyting var 88 % av kornet infisert med *Fusarium* og 60 % var infisert med *F. avenaceum*. I kornprøver høstet fra ruter som var behandlet med Agrinos HYT A, B og C før såing og ved aksskyting var 85 % av kornprøvene infisert med *Fusarium sp.* og 65 % var infisert med *F. avenaceum*.

I kornprøver høstet fra forsøksruter som var behandlet med Biowish Crop (før såing) ble det registrert en økning i forekomst av total *Fusarium sp.* og *F. avenaceum* som var henholdsvis 12 % og 15 % høyere enn i kontrollen. I forsøksruter som var behandlet med Trifender før såing var forekomsten av total *Fusarium sp.* i kornprøvene økt med 17 % og forekomsten av *F. avenaceum* i kornet redusert med 10 % sammenlignet med korn fra ubehandlede forsøksruter. Det ble registrert en økt forekomst av både total *Fusarium sp.* og *F. avenaceum* i kornprøvene etter behandling med Trifender ved aksskyting som var 10 % høyere enn i kontrollen.

Figur 19 viser en reduksjon i forekomst av total *Fusarium sp.* og *F. avenaceum* i kornprøvene høstet fra ruter som var behandlet med protriokonazol ved aksskyting, noe som var 14-20 % lavere enn i kontrollen (ikke signifikant).

I korn høstet fra Resistimbehandlede ruter (behandlet ved aksskyting) var forekomsten av total *Fusarium* økt med 10 % og forekomsten av *F. avenaceum* økt med 26 % sammenlignet med korn høstet fra ubehandlede forsøksruter. I korn høstet fra forsøksruter med Erntemax behandling ved ugrassprøyting og ved aksskyting ble det registrert en forekomst av total *Fusarium sp.* og *F. avenaceum* som var henholdsvis 11 % og 20 % høyere enn i kontrollen. I kornprøvene høstet fra ruter som var behandlet med Agrinos HYT A, B og C (Z55) var forekomsten av *F. avenaceum* økt med 15 %. Ingen av forskjellene var signifikante.

Minitabanalysen viser ingen signifikante forskjeller i forekomst av total *Fusarium sp.* og *F. avenaceum* i korn høstet fra behandlede forsøksruter sammenlignet med korn høstet fra kontrollen. Det har kun blitt registrert en signifikant forskjell i forekomst av total *Fusarium sp.* i prøver av havrekorn mellom behandling med redusert dose Proline ved aksskyting og behandling med Trifender før såing (P-verdi = 0,01).



Figur 19: Prosent forekomst av total *Fusarium sp.* og *Fusarium avenaceum* i havrekornprøver høstet fra forsøksruter med ulike behandlinger til ulike tidspunkt (før såing, ved ugrassprøyting og ved aksskyting: Z55). Prosent av kornprøvene med forekomst av total *Fusarium sp.* og *Fusarium avenaceum* er registrert etter inkubering av kornprøvene på selektivt medium (CZPD) ved 20 °C og 12 timers hvitt+NUV-lys i 10 dager. Det er signifikant forskjell mellom behandlingene som er merket med stjerne (P-verdi= 0,01).

Figur 20 viser forekomst av *F. graminearum*, *F. poae*, *F. culmorum*, *F. tricinctum*, *F. langsethiae* og *F. spp.* (dvs. *Fusarium*-arter som ikke ble identifisert som *F. avenaceum*, *F. graminearum*, *F. poae*, *F. culmorum*, *F. tricinctum* eller *F. langsethiae*) på havrekorn høstet fra ubehandlede ruter (kontroll) og ruter som var behandlet med ulike biologiske og kjemiske preparater til ulike tidspunkt (før såing, ved ugrassprøyting og ved aksskyting: Z55). Prosent av kornprøvene med forekomst av ulike *Fusarium*-arter ble registrert etter inkubering av kornprøvene på selektivt medium (CZPD) ved 20°C og 12 timers hvitt+NUV-lys i 10 dager.

I ubehandlede forsøksruter (kontroll) var 24 % av kornprøvene infisert med *F. graminearum*, 1 % var infisert med *F. poae*, 2 % var infisert med *F. langsethiae* og 3 % av kornet var infisert med *F. spp.* I forsøksruter som var behandlet med Biowish Crop før såing var 28 % av kornprøvene infisert med *F. graminearum*, 1 % var infisert med *F. poae*, 1 % var infisert med *F. langsethiae* og 1 % var infisert med *F. tricinctum*.

I ruter som var behandlet med Trifender før såing var 50 % av kornprøvene infisert med *F. graminearum*, 1 % var infisert med *F. poae* og 1 % var infisert med *F. tricinctum*. I forsøksruter som var behandlet med Trifender ved aksskyting var 26 % av kornprøvene infisert med *F. graminearum*, 3 % var infisert med *F. sporotrichoides*, 1 % var infisert med *F. langsethiae* og 1 % var infisert med *F. poae*. I forsøksruter som var behandlet med protiokonazol (Proline, Proline + Delaro og Resistim + Proline) ved aksskyting var 13-20 % av kornprøvene infisert med *F. graminearum*, 1-4 % var infisert med *F. poae*, 1-2 % var infisert med *F. tricinctum*, 1-8 % var infisert med *F. langsethiae*, 0-1 % var infisert med *F. sporotrichoides* og 0-2 % var infisert med *F. spp.* I forsøksruter som var behandlet med Resistim ved aksskyting var 22 % av kornprøvene infisert med *F. graminearum*, 2 % var infisert med *F. tricinctum* og 1 % var infisert med *F. spp.* I forsøksruter som var behandlet med Erntemax ved ugrassprøyting og ved aksskyting var 25 % av kornprøvene infisert med *F. graminearum*, 1 % var infisert med *F. sporotrichoides*, 1 % var infisert med *F. langsethiae* og 1 % var infisert med *F. poae*. I havrekornprøvene høstet fra ruter som var behandlet med Agrinos HYT A, B og C før såing og ved aksskyting ble det registrert 20 % *F. graminearum*, 1 % *F. tricinctum* og 1 % *F. langsethiae*.

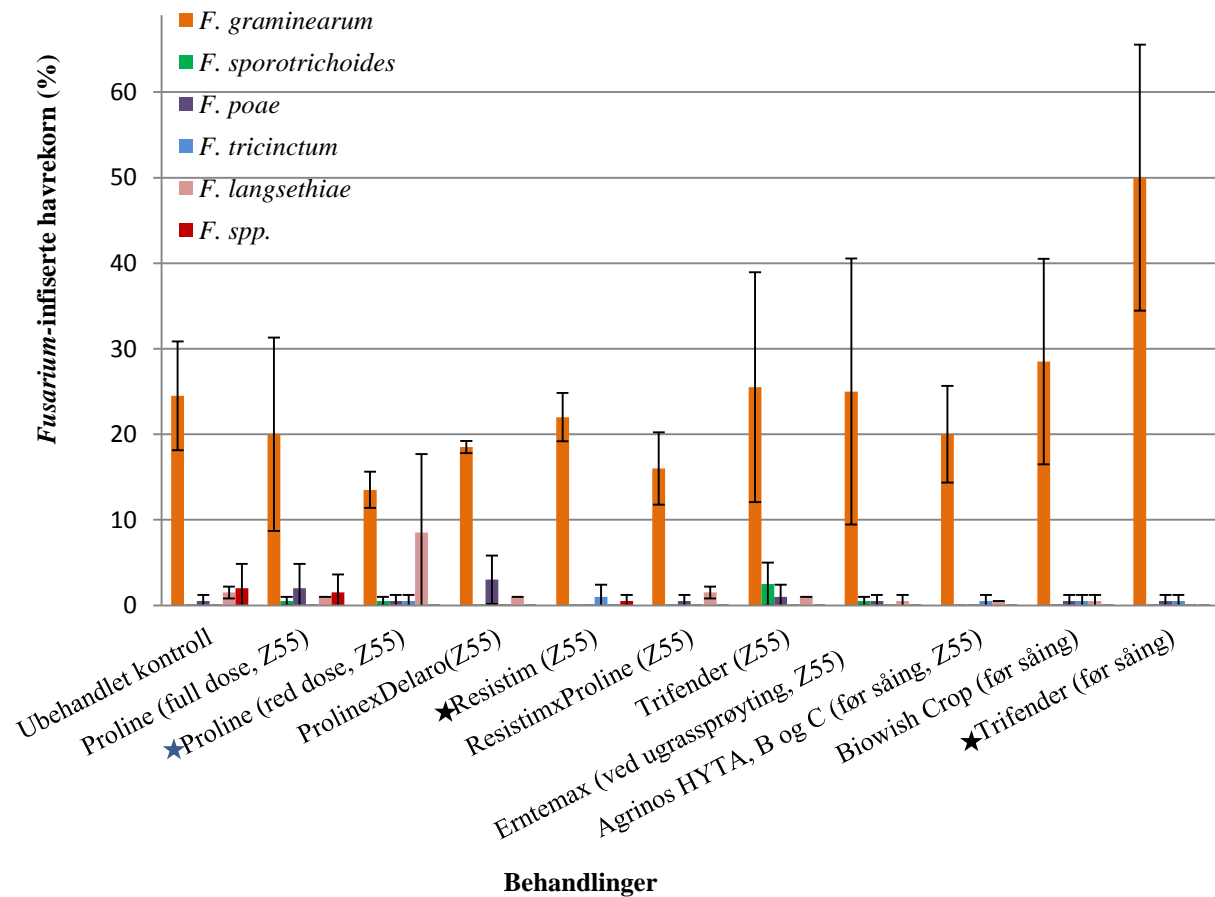
Figur 20 viser at i kornprøvene høstet fra forsøksrutene som var behandlet med Biowish Crop før såing var forekomsten av *F. graminearum* og *F. tricinctum* økt med henholdsvis 11 % og 100 % og forekomsten av *F. langsethiae* og *F. spp.* var redusert med henholdsvis 50 % og 100 % sammenlignet med ubehandlede forsøksruterruter (kontroll).

I kornprøvene høstet fra ruter som var behandlet med Trifender før såing viser resultater en økt forekomst av *F. graminearum* som var 50 % høyere og en redusert forekomst av *F. langsethiae* som var 100 % lavere enn i kontrollen. I forsøksruter behandlet med Trifender ved aksskyting ble det registrert en økt forekomst av *F. sporotrichiodies* og *F. poae* i kornprøvene som var henholdsvis 100 % og 50 % høyere enn i kontrollen og en redusert forekomst av *F. langsethiae* i de samme kornprøvene, som var 50 % lavere enn i kontrollen. I kornprøvene høstet fra ruter som var behandlet med protikonazol var forekomsten av *F. graminearum* redusert med 20-50 %, sammenlignet med ubehandlede forsøksruter.

Figur 20 viser en forekomst av *F. langsethiae* i kornprøvene høstet fra ruter som var behandlet med redusert dose Proline ved aksskyting, som var 100 % høyere enn i kontrollen. I kornprøvene høstet fra ruter som var behandlet med Proline + Delaro viser figur 20 en forekomst av *F. poae* som var 70 % høyere enn i kontrollen. I kornprøvene høstet fra forsøksruter med Resistim behandling ved aksskyting ble det registrert en forekomst av *F. tricinctum* som var 100 % høyere og en forekomst av *F. graminearum*, *F. langsethiae*, *F. poae* og *F. spp.* som var henholdsvis 12 %, 100 %, 100 % og 50 % lavere enn i kontrollen. I kornprøvene høstet fra ruter som var behandlet med Erntemax ved ugrassprøyting og ved aksskyting var forekomsten av *F. sporotrichiodies* økt med 100 % sammenlignet med kontrollen.

Imidlertid er ingen av disse forskjellene signifikante. Det vil si at det ikke ble funnet noen signifikant effekt av behandling med ulike biologiske og kjemiske preparater på forekomst av *F. graminearum*, *F. poae*, *F. culmorum*, *F. tricinctum*, *F. langsethiae* og *F. spp.* i korn, sammenlignet med forekomst av *Fusarium* i ubehandlede ruter.

Minitabanalysen viser signifikante forskjeller mellom forekomsten av *F. langsethiae* i kornprøvene høstet fra ruter som var behandlet med Resistim (Z55) eller Trifender (før såing) og forekomst av *F. langsethiae* i korn fra ruter som var behandlet med redusert dose Proline ved aksskyting (P-verdi= 0,05). Det er også en signifikant forskjell i forekomst av *F. graminearum* (90 % signifikansnivå, P-verdi= 0,1) mellom kornprøver høstet fra ruter behandlet med redusert dose Proline (Z55) og korn høstet fra ruter behandlet med Trifender (før såing).



Figur 20: Prosent forekomst av ulike *Fusarium*-arter i havrekornprøver høstet fra forsøksruter med ulike behandlinger til ulike tidspunkt (før såing, ved ugrassprøyting og ved aksskyting: Z55). Figuren viser prosent av kornprøvene infisert med *F. graminearum*, *F. sporotrichoides*, *F. poae*, *F. culmorum*, *F. tricinctum*, *F. langsethiae* og *F. spp.* (dvs. *Fusarium*-arter som ikke ble identifisert til å være *F. avenaceum*, *F. graminearum*, *F. poae*, *F. culmorum*, *F. tricinctum* eller *F. langsethiae*). Prosent av kornprøvene med forekomst av ulike *Fusarium*-arter er registrert etter inkubering av havrekornprøvene på selektivt medium (CZPD) ved 20 °C og 12 timers hvitt+NUV-lys i 10 dager. Det er signifikant forskjell mellom behandlingene som er merket med stjerne (P-verdi= 0,1 med 90 % signifikansnivå og P-verdi= 0,05).

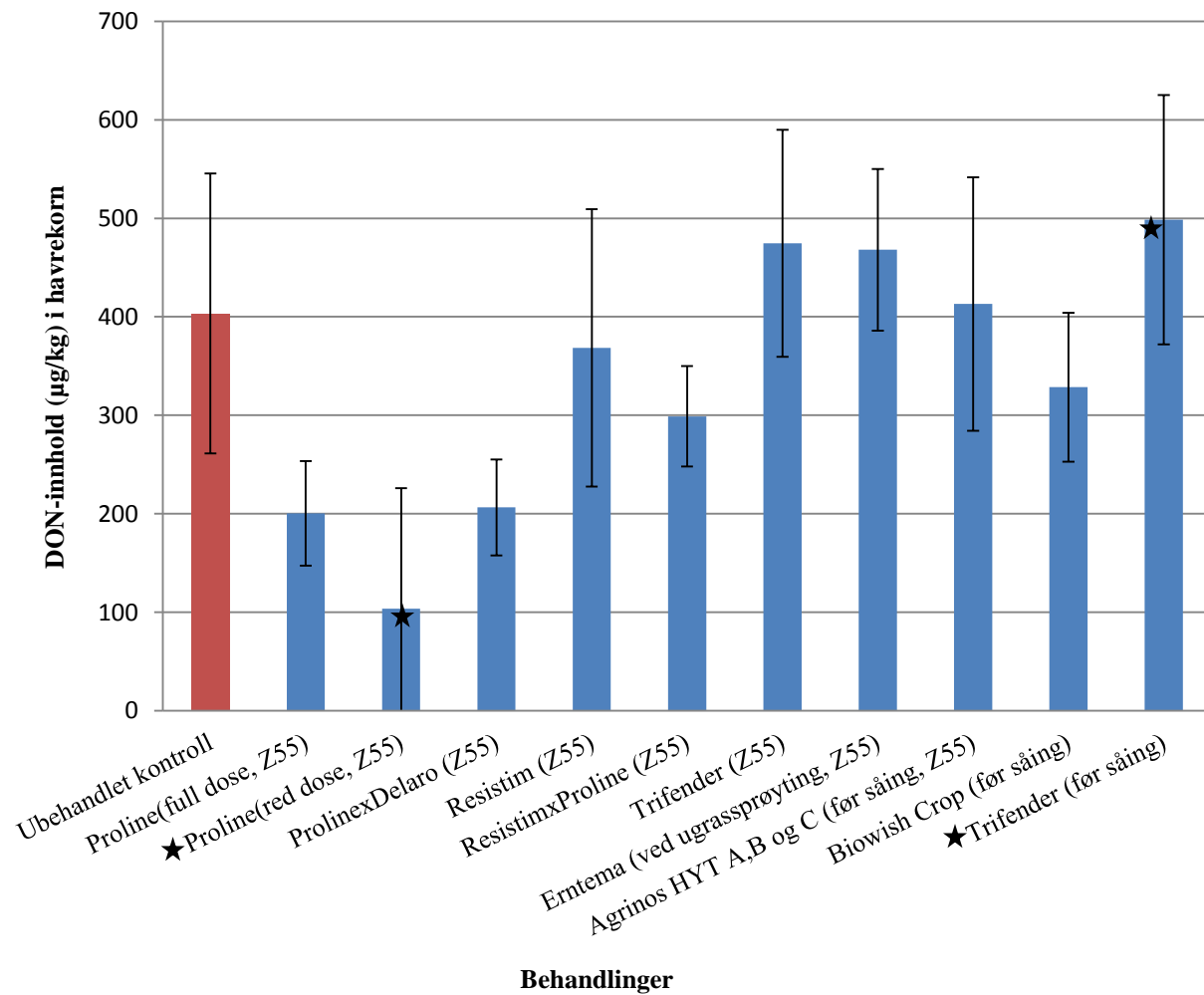
3.3 Mykotoksin-innhold (DON og HT2/T2) i havrekorn

Figur 21 viser gjennomsnittlig DON-mengde ($\mu\text{g}/\text{kg}$) i havrekorn høstet fra ruter som var behandlet med ulike preparater til ulike tidspunkt (før såing, ved ugrassprøyting og ved aksskyting : Z55).

Det ble registrert et DON- innhold på $405 \mu\text{g}/\text{kg}$ i korn høstet fra ubehandlede ruter (kontroll), $330 \mu\text{g}/\text{kg}$ i korn høstet fra ruter som var behandlet med Biowish Crop før såing, $500 \mu\text{g}/\text{kg}$ i korn høstet fra ruter som var behandlet med Trifender før såing, $480 \mu\text{g}/\text{kg}$ i korn høstet fra ruter som var behandlet med Trifender ved aksskyting, $100\text{-}299 \mu\text{g}/\text{kg}$ i korn høstet fra ruter som var behandlet med protikonazol ved aksskyting, $370 \mu\text{g}/\text{kg}$ i korn høstet fra ruter som var behandlet med Resistim ved aksskyting, $457 \mu\text{g}/\text{kg}$ i korn høstet fra ruter som var behandlet med Erntemax (ved ugrassprøyting og ved aksskyting) og $410 \mu\text{g}/\text{kg}$ i korn høstet fra ruter som var behandlet med Agrinos HYT A, B og C før såing og ved aksskyting.

Figur 21 viser et økt DON-innhold i kornprøvene høstet fra ruter som var behandlet med Erntemax ved aksskyting, Trifender før såing og Trifender ved aksskyting, som var henholdsvis 15 %, 25 % og 20 % høyere enn i kontrollen. Derimot har behandling med protikonazol ved aksskyting, spesielt behandling med redusert dose Proline, redusert DON-innholdet i kornprøvene med 25-75 % i forhold til kontrollen. Resultatene viser en reduksjon i DON-innhold ($\mu\text{g}/\text{kg}$) i kornprøvene høstet fra ruter som var behandlet med Biowish Crop før såing og Resistim ved aksskyting, noe som var henholdsvis 19 % og 12.5 % lavere enn i kontrollen. Imidlertid er ingen av disse forskjellene signifikante.

Det er ingen signifikante forskjeller mellom DON-innhold i korn høstet fra behandlede forsøksruter og ubehandlet kontroll. Det finnes kun en signifikant forskjell i DON-mengde ($\mu\text{g}/\text{kg}$) i korn mellom behandling med redusert dose Proline ved aksskyting og behandling med Trifender før såing med en P-verdi på 0,05.



Figur 21: Gjennomsnittlig mengde DON ($\mu\text{g}/\text{kg}$) i havrekorn høstet fra ruter som var behandlet med ulike preparater til ulike tidspunkt (før såing, ved ugrassprøyting og ved aksskyting: Z55). Mykotoksinanalyse ble gjennomført ved bruk av Liquid chromatography–tandem mass spectrometry (LC-MS/MS). Det er signifikant forskjell mellom behandlingene som er merket med stjerne ($P\text{-verdi}=0,05$).

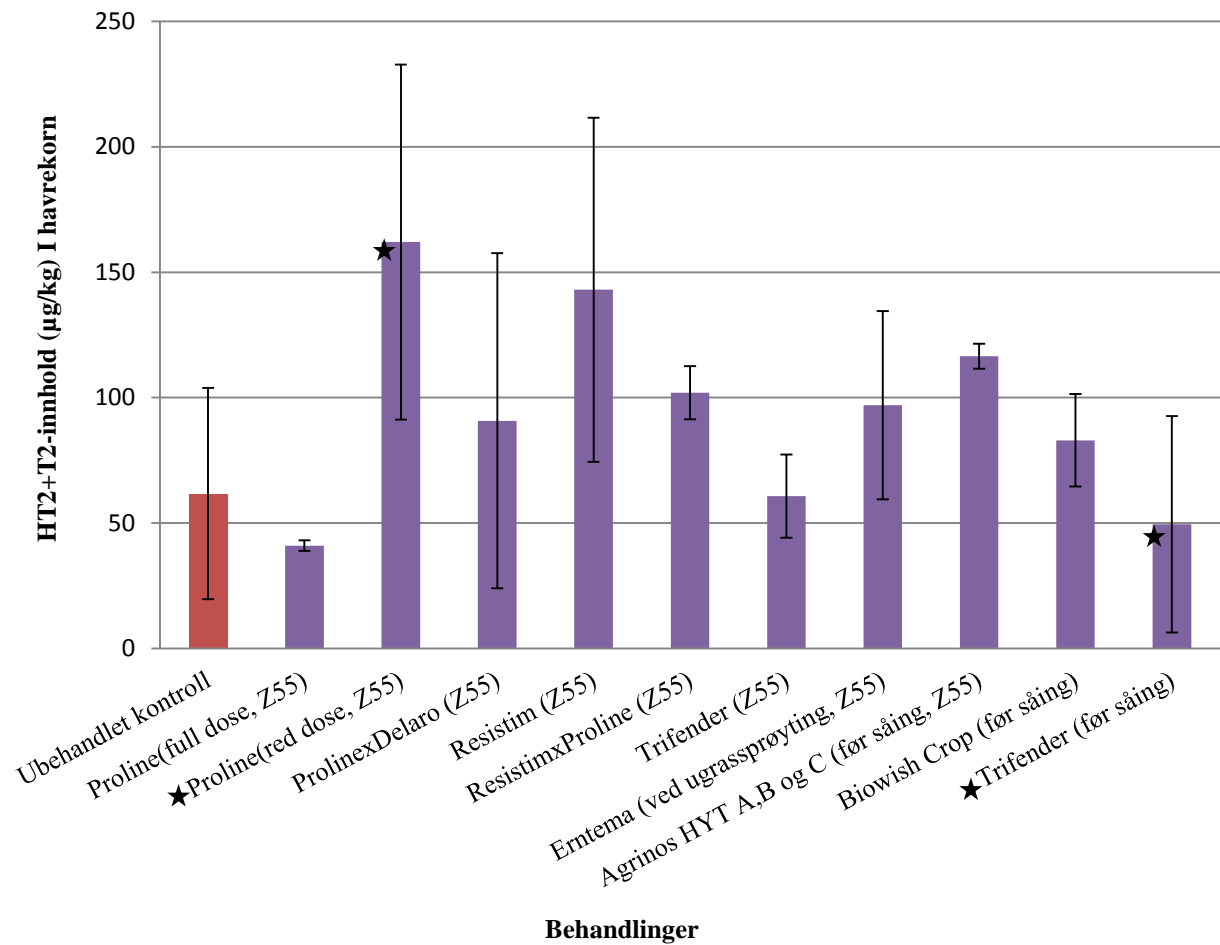
Figur 22 viser gjennomsnittlig mengde av HT2+T2 ($\mu\text{g}/\text{kg}$) i havrekorn høstet fra ruter som var behandlet med ulike preparater til ulike tidspunkt (før såing, ved ugrassprøyting og ved aksskyting : Z55).

Det ble registrert en mengde HT2+T2-toksin på 60 $\mu\text{g}/\text{kg}$ i korn høstet fra ubehandlede ruter, 75 $\mu\text{g}/\text{kg}$ i korn høstet fra ruter som var behandlet med Biowish Crop før såing, 49 $\mu\text{g}/\text{kg}$ i korn høstet fra ruter som var behandlet med Trifender før såing, 60 $\mu\text{g}/\text{kg}$ i korn høstet fra ruter som var behandlet med Trifender ved aksskyting, 40-160 $\mu\text{g}/\text{kg}$ i korn høstet fra ruter som var behandlet med preparater som inneholder protiokonazol (Z55), 140 $\mu\text{g}/\text{kg}$ i korn høstet fra ruter som var behandlet med Resistim (Z55), 98 $\mu\text{g}/\text{kg}$ i korn høstet fra ruter som var behandlet med Erntemax (ved ugrassprøyting, Z55) og 118 $\mu\text{g}/\text{kg}$ i korn høstet fra ruter som var behandlet med Agrinos HYT A, B og C før såing og ved aksskyting.

Figur 22 viser at i de fleste behandlingene økte HT2+T2-innholdet ($\mu\text{g}/\text{kg}$) i kornprøvene sammenlignet med kontrollen. I forsøksruter som var behandlet med Biowish Crop før såing, Resistim ved aksskyting, Agrinos HYT A, B og C før såing og ved aksskyting, Erntemax ved ugrassprøyting og ved aksskyting og protiokonazol ved aksskyting, økte HT2+T2-innholdet i kornprøvene, som var henholdvis 33 %, 100 %, 100 %, 85 % og 50-100 % høyere enn i kontrollen. Resultatene viser en reduksjon i HT2+T2-innholdet ($\mu\text{g}/\text{kg}$) i kornprøvene etter behandling med full dose Proline ved aksskyting og Trifender før såing, som var henholdvis 33 % og 18 % lavere enn i kontrollen. Imidlertid er ingen av disse forskjellene signifikante.

Det er ingen signifikant forskjell mellom HT2+T2-innhold i korn høstet fra ubehandlede ruter og HT2+T2-innhold i korn høstet fra ruter som var behandlet med ulike preparater.

Minitabanalysen viser en signifikant økning i innhold av T2-toksin ($\mu\text{g}/\text{kg}$) i korn høstet fra ruter som var behandlet med redusert dose Proline (Z55) sammenlignet med innhold av T2-toksin i korn høstet fra ruter som var behandlet med Trifender før såing.



Figur 22: Gjennomsnittlig mengde av HT2+T2 ($\mu\text{g}/\text{kg}$) i havrekorn høstet fra ruter med ulike behandlinger til ulike tidspunkt (før såing, ved ugrassprøyting og ved aksskyting: Z55). Mykotoksinanalyse ble gjennomført ved bruk av Liquid chromatography–tandem mass spectrometry (LC- MS/MS). Kolonnene som er merket med stjerner er kun signifikant forskjellige fra hverandre i T2-innhold (med 90 % signifikantsnivå, P-verdi= 0,16).

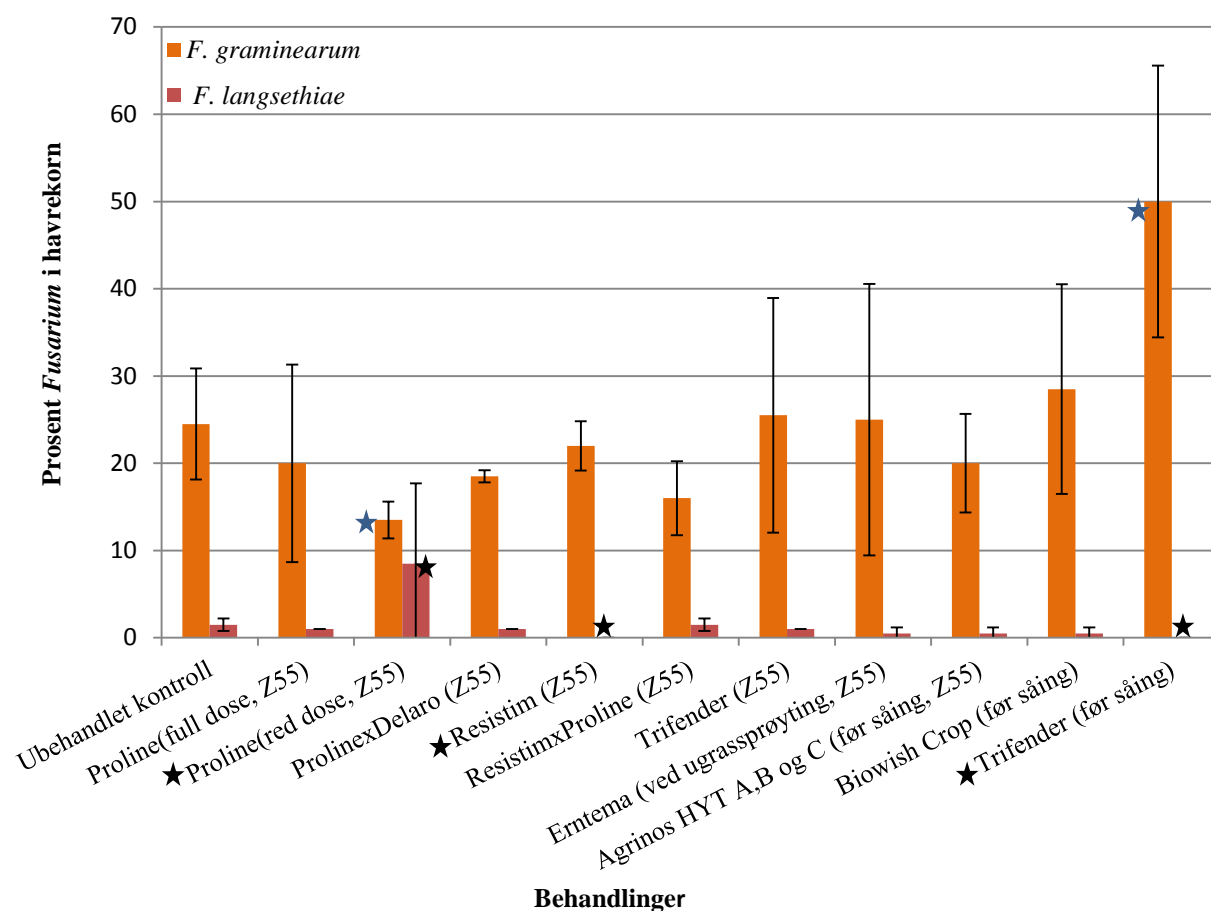
3.4 Forekomst av *F. graminearum* og *F. langsethiae* på havrekorn

Figur 23 viser effekten av ulike behandlinger til ulike tidspunkt (før såing, ved ugrassprøyting og ved aksskyting) på forekomst av *F. graminearum* og *F. langsethiae* i korn høstet fra hver forsøksrute. Gjennomsnittlig prosent *F. graminearum* og *F. langsethiae* i havrekorn er registrert etter inkubering av havrekorn på selektivt medium (CZPD) i 20 °C under hvitt+NUV-lys etter 10 dager.

I ubehandlede forsøksruter var 24 % av kornprøvene infisert med *F. graminearum* og 2 % var infisert med *F. langsethiae*. I ruter som var behandlet med Biowish Crop før såing var 28 % av kornprøvene infisert med *F. graminearum* og 1 % av kornet var infisert med *F. langsethiae*. I ruter som var behandlet med Trifender før såing var 50 % av kornprøvene infisert med *F. graminearum*, mens ingen forekomst av *F. langsethiae* ble registrert i kornet. I ruter som var behandlet med Trifender ved aksskyting var 25 % av kornprøvene infisert med *F. graminearum* og 2 % av kornet var infisert med *F. langsethiae*. I ruter som var behandlet med protikonazol ved aksskyting var 14-20 % av kornprøvene infisert med *F. graminearum* og 1-8 % av kornet var infisert med *F. langsethiae*. I korn høstet fra ruter som var behandlet med Resistim ved aksskyting var 22 % av kornet infisert med *F. graminearum*, mens ingen forekomst av *F. langsethiae* ble registrert i kornprøvene. Det ble registrert 24 % *F. graminearum* og 1 % *F. langsethiae* i kornprøvene høstet fra ruter som var behandlet med Erntemax ved ugrassprøyting og ved aksskyting. I ruter som var behandlet med Agrinos HYT A, B og C både før såing og ved aksskyting, var 20 % av kornet infisert med *F. graminearum* og 1 % av kornet var infisert med *F. langsethiae*.

Resultatene viser en reduksjon i forekomst av *F. langsethiae* i kornprøvene høstet fra ruter som var behandlet med Resistim ved aksskyting og Trifender før såing, som var 100 % lavere enn i kontrollen. Figur 23 viser en økt forekomst av *F. langsethiae* i kornprøvene etter behandling med redusert dose Proline ved aksskyting, som var 100 % høyere enn i kontrollen. Det vises en reduksjon i forekomst av *F. graminearum* i kornprøvene høstet fra ruter som var behandlet med protikonazol ved aksskyting, som var 17-56 % lavere enn i kontrollen. I korn høstet fra ruter som var behandlet med Agrinos HYT A, B og C før såing og ved aksskyting viser figur 23 en reduksjon i forekomst av *F. graminearum* i kornprøvene, som var 17 % lavere enn i kontrollen. Resultatene ga en økt forekomst av *F. graminearum* i kornprøvene høstet fra ruter som var behandlet med Biowish Crop ved aksskyting, som var 16 % høyere enn i kontrollen.

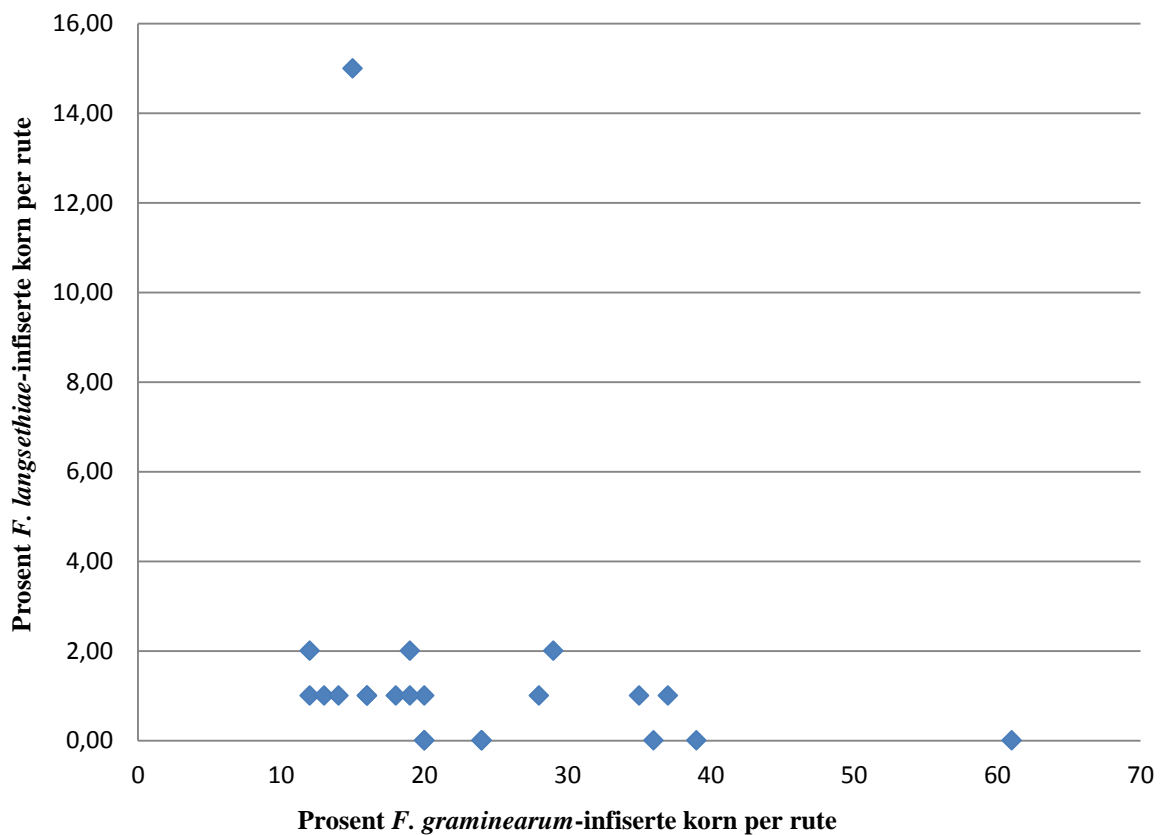
Der ble registrert en økning i forekomst av *F. graminearum* i kornprøvene høstet fra ruter som var behandlet med Trifender før såing, som var 100 % høyere enn kontrollen. Ingen av forskjellene var signifikante. Derimot viser minitabanalysen en signifikant større forekomst av *F. graminearum* og en signifikant mindre forekomst av *F. langsethiae* i kornprøver høstet fra ruter som var behandlet med redusert dose Proline (Z55) enn ved behandling med Trifender før såing. Det er også en signifikant høyere forekomst av *F. langsethiae* i korn høstet fra ruter som var behandlet med redusert dose Proline (Z55) enn ved behandling med Resistim ved akkskyting (P-verdi= 0,05).



Figur 23: Gjennomsnittlig prosent av forekomst av *F. graminearum* og *F. langsethiae* i havrekorn i hver rute ved ulike behandlinger til ulike tidspunkt (før såing, ved ugrassprøyting og ved akkskyting). Prosent av kornprøvene med forekomst av *F. graminearum* og *F. langsethiae* er registrert etter inkubering av havrekorn på selektivt medium (CZPD) ved 20 °C og 12 timers hvitt+NUV-lys i 10 dager. Det er signifikant forskjell mellom behandlingene som er merket med stjerne (★ P-verdi= 0,1 med 90 % signifikantsnivå, ★ P-verdi= 0,05).

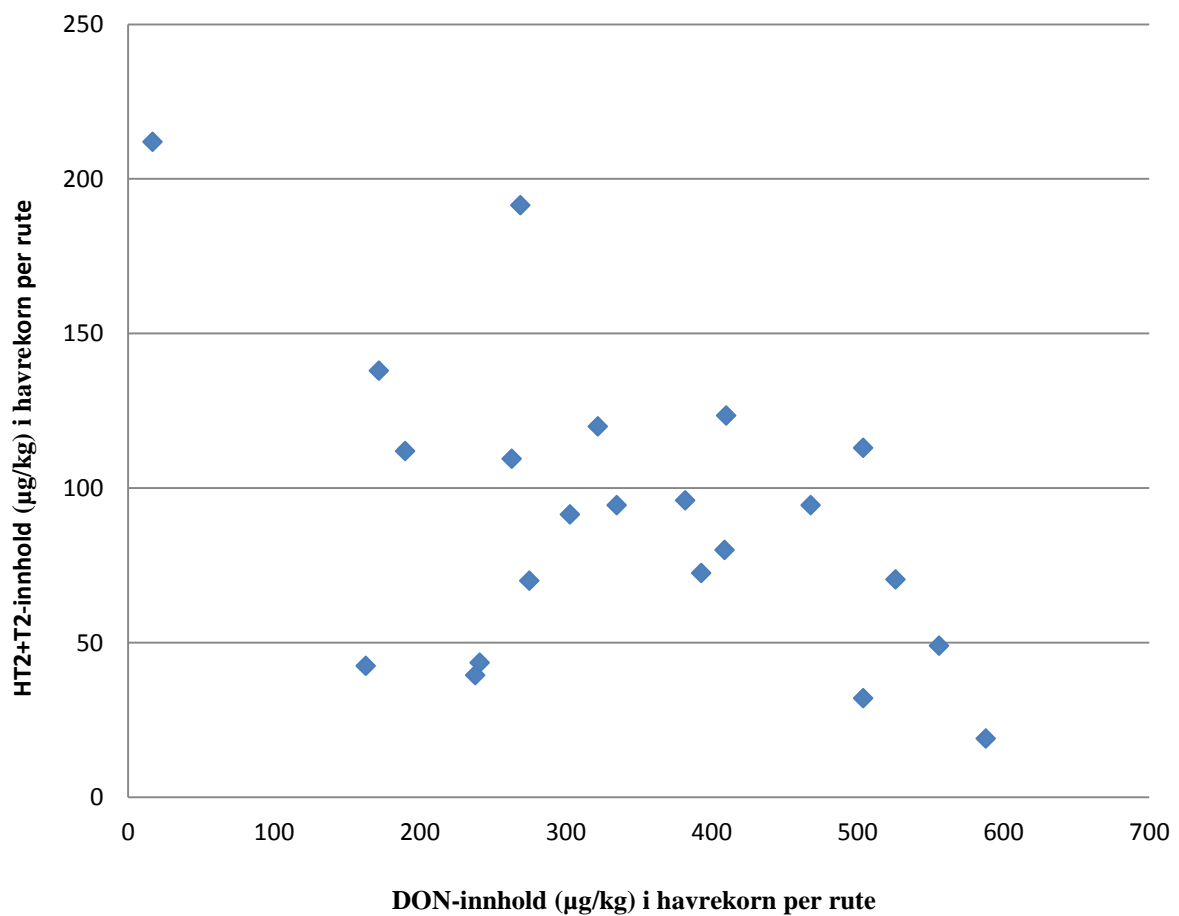
Figur 24 viser sammenhengen mellom forekomst av *F. graminearum* og forekomst av *F. langsethiae* i kornprøvene høstet fra hver forsøksrute. Prosent av kornprøvene med forekomst av *F. graminearum* og *F. langsethiae* i havrekorn er registrert etter inkubering av havrekorn på selektivt medium (CZPD) ved 20°C og 12 timers hvitt+NUV-lys i 10 dager.

Regresjonsanalysen viser ingen sammenheng mellom prosent forekomst av *F. graminearum* og *F. langsethiae* i korn høstet fra hver forsøksrute illustrert ved formelen "Prosent *F. graminearum* = 24,5 - 0,961 Prosent *F. langsethiae* per rute".



Figur 24: Sammenheng mellom gjennomsnittlig prosent forekomst av *F. graminearum* vs. *F. langsethiae* i havrekornprøvene høstet fra hver forsøksrute. Prosent av kornprøvene med forekomst av *F. graminearum* og *F. langsethiae* er registrert etter inkubering av havrekorn på selektivt medium (CZPD) ved 20°C og 12 timers hvitt+NUV-lys i 10 dager. Regresjonsanalysen viser ingen sammenheng mellom prosent forekomst av *F. graminearum* og *F. langsethiae* i kornprøvene høstet fra hver forsøksrute.

Figur 25 viser sammenhengen mellom DON-innhold ($\mu\text{g}/\text{kg}$) og HT2+T2-innhold i kornprøvene høstet fra hver forsøksrute. Mykotoksinanalyse ble utført ved bruk av Liquid chromatography–tandem mass spectrometry (LC- MS/MS). Regresjonsanalysen viser en sammenheng mellom mengde DON-toksin ($\mu\text{g}/\text{kg}$) og HT2+T2-toksin i kornprøvene høstet fra hver forsøksrute, illustrert ved formelen ”DON Korr. $\mu\text{g}/\text{kg} = 482 - 1,53 \text{ HT-2+ T-2 korr. } \mu\text{g}/\text{kg}$ ” og en P-verdi på 0,01.

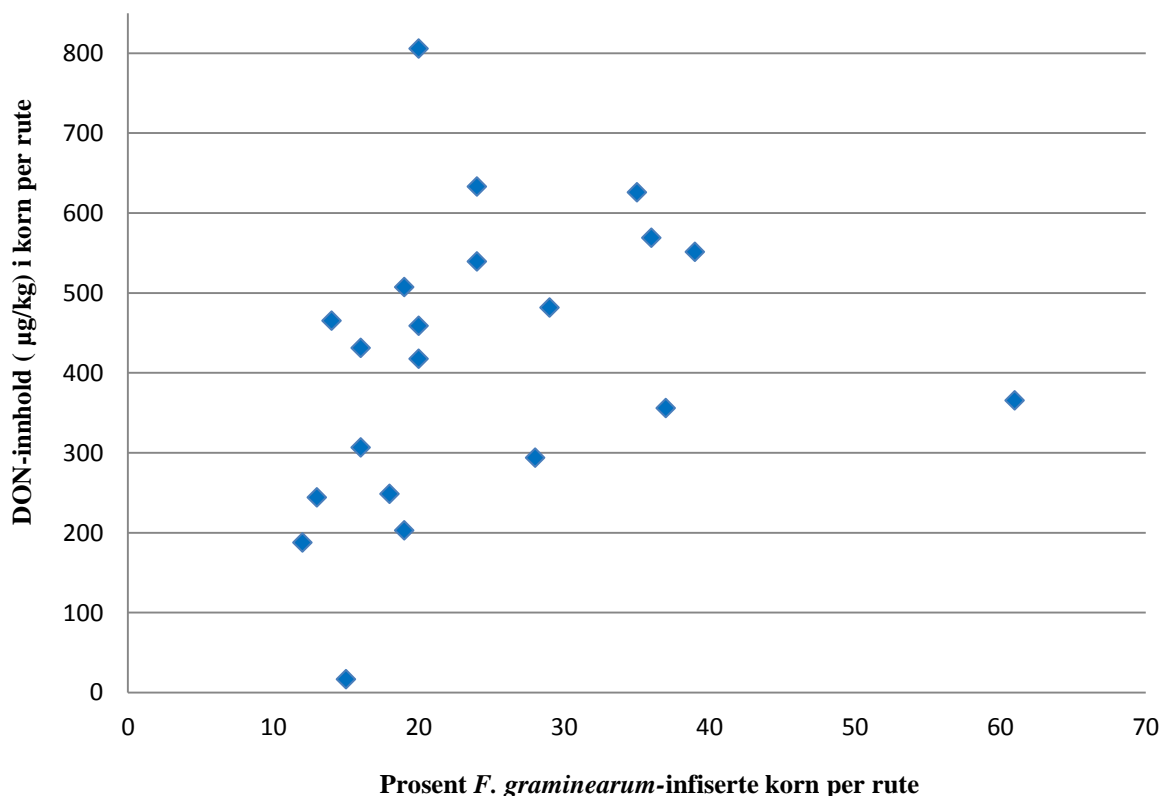


Figur 25: Sammenheng mellom DON-innhold ($\mu\text{g}/\text{kg}$) og HT2+T2-innhold i kornprøvene høstet fra hver forsøksrute. Mykotoksinanalyse ble gjennomført ved bruk av Liquid chromatography–tandem mass spectrometry (LC- MS/MS). Regresjonsanalysen viser en sammenheng mellom innhold av DON-toksin ($\mu\text{g}/\text{kg}$) og HT2+T2-toksin i kornprøvene høstet fra hver forsøksrute, med en P-verdi på 0,02.

3.5 Forekomst av *F. graminearum*, *F. langsethiae*, DON-innhold og HT2/T2-innhold i havrekorn

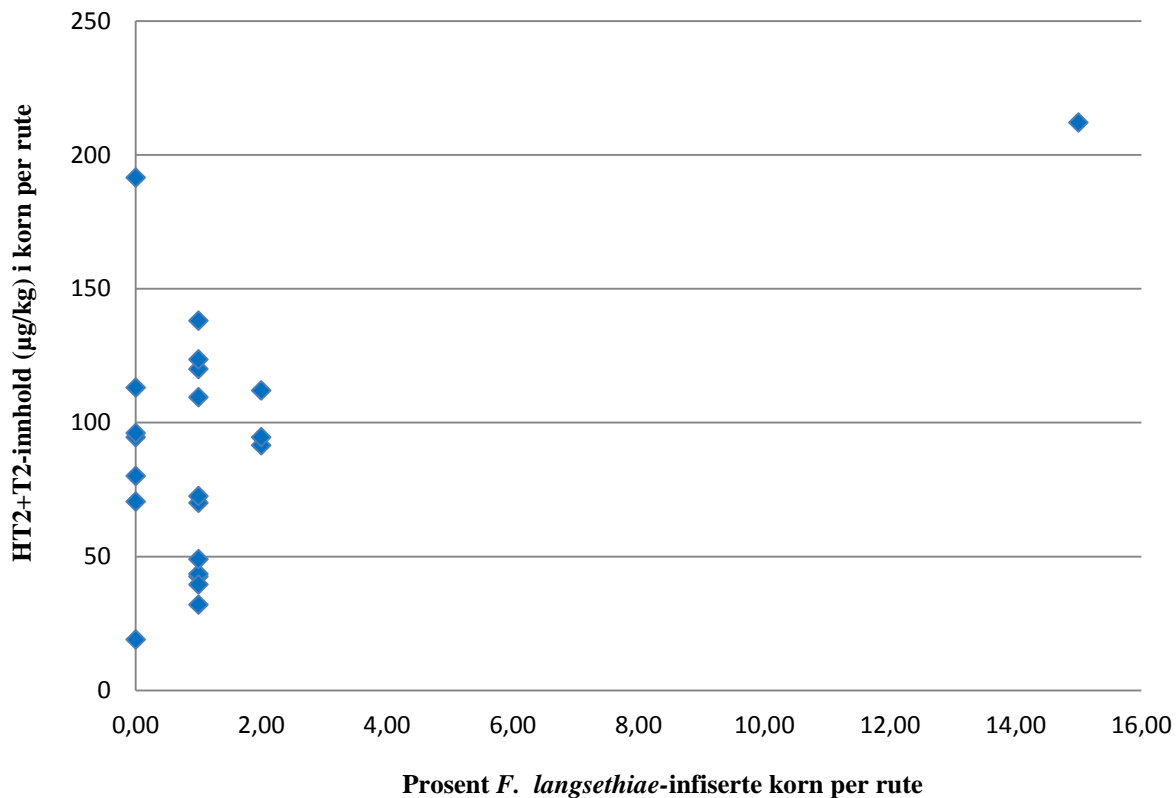
Figur 26 viser sammenhengen mellom DON-innhold ($\mu\text{g}/\text{kg}$) og forekomst av *F. graminearum* i korn høstet fra hver rute. Prosent av kornprøvene med forekomst av *F. graminearum* er registrert etter inkubering av havrekorn på selektivt medium (CZPD) ved 20°C og 12 timers hvitt+NUV-lys i 10 dager. Mykotoksinanalyse ble utført ved bruk av Liquid chromatography–tandem mass spectrometry (LC- MS/MS). Regresjonsanalysen viser en sammenheng mellom forekomst av *F. graminearum* og innhold av DON-toksin ($\mu\text{g}/\text{kg}$) i kornprøvene høstet fra hver forsøksrute, illustrert ved formelen

”DON ($\mu\text{g}/\text{kg}$) = $202 + 5,87$ prosent *F. graminearum* per rute” og en P-verdi på 0,02.



Figur 26: Sammenheng mellom DON-innhold ($\mu\text{g}/\text{kg}$) og forekomst av *F. graminearum* i havrekorn høstet fra hver rute. Prosent av kornprøvene med forekomst av *F. graminearum* er registrert etter inkubering av havrekorn på selektivt medium (CZPD) ved 20°C og 12 timers hvitt+NUV-lys i 10 dager. DON- innhold ($\mu\text{g}/\text{kg}$) i havrekorn ble gjennomført ved bruk av Liquid chromatography–tandem mass spectrometry (LC- MS/MS). Regresjonsanalysen viser en sammenheng mellom forekomst av *F. graminearum* og innhold av DON-toksin ($\mu\text{g}/\text{kg}$) i korn høstet fra hver forsøksrute med en P-verdi på 0,02.

Figur 27 viser sammenhengen mellom mengde HT2+T2-toksin ($\mu\text{g}/\text{kg}$) og forekomst av *F. langsethiae* i korn høstet fra hver rute. Prosent av kornprøvene med forekomst av *F. langsethiae* er registrert etter inkubering av havrekorn på selektivt medium (CZPD) ved $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ og 12 timers hvitt+NUV-lys i 10 dager. Mykotoksin-analyse ble gjennomført ved bruk av Liquid chromatography–tandem mass spectrometry (LC- MS/MS). Regresjonsanalysen viser en sammenheng mellom forekomst av *F. langsethiae* og HT2/T2-innhold i kornprøvene høstet fra hver rute, illustrert ved formelen ”HT2+T2 ($\mu\text{g}/\text{kg}$) =79,4+8,37 prosent *Fusarium langsethiae* per rute” og en P-verdi på 0,01.



Figur 27: Sammenhengen mellom HT2+T2-innhold ($\mu\text{g}/\text{kg}$) i korn og prosent forekomst av *F. langsethiae* på korn høstet fra hver rute. Prosent av kornprøvene med forekomst av *F. langsethiae* er registrert etter inkubering av havrekorn på selektivt medium (CZPD) ved $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ og 12 timers hvitt+NUV-lys i 10 dager. Mykotoksin-analyse ble gjennomført ved bruk av Liquid chromatography–tandem mass spectrometry (LC- MS/MS). Regresjonsanalysen viser en sammenheng mellom forekomst av *F. langsethiae* og HT2+T2-innhold ($\mu\text{g}/\text{kg}$) i korn høstet fra hver rute med en P-verdi på 0,01.

3.6 Isolater av enkeltsporer

Figurene nedenfor (figur 28, 29 og 30) viser rene isolater av tre ulike *Fusarium*-arter etter vekst på selektivt medium (PDA) ved 20 °C og 12 timers hvitt+UV-lys i 10 dager. Figur 28 viser et rent isolat av *F. graminearum* med et blekt oransje-farget mycel. Figur 29 viser et rent isolat av *F. avenaceum* med et lys gult til gråaktig mycel med et rosa skjær. Figur 30 viser to rene isolater av *F. langsethiae*, der den ene har en gulaktig, hvit farge og den andre har en oransje-rosa farge.



Figur 28: Rent isolat av *F. graminearum* på selektivt medium (PDA) ved 20 °C og 12 timers hvitt+NUV-lys i 10 dager. (Foto: B. Shakeri 2012)



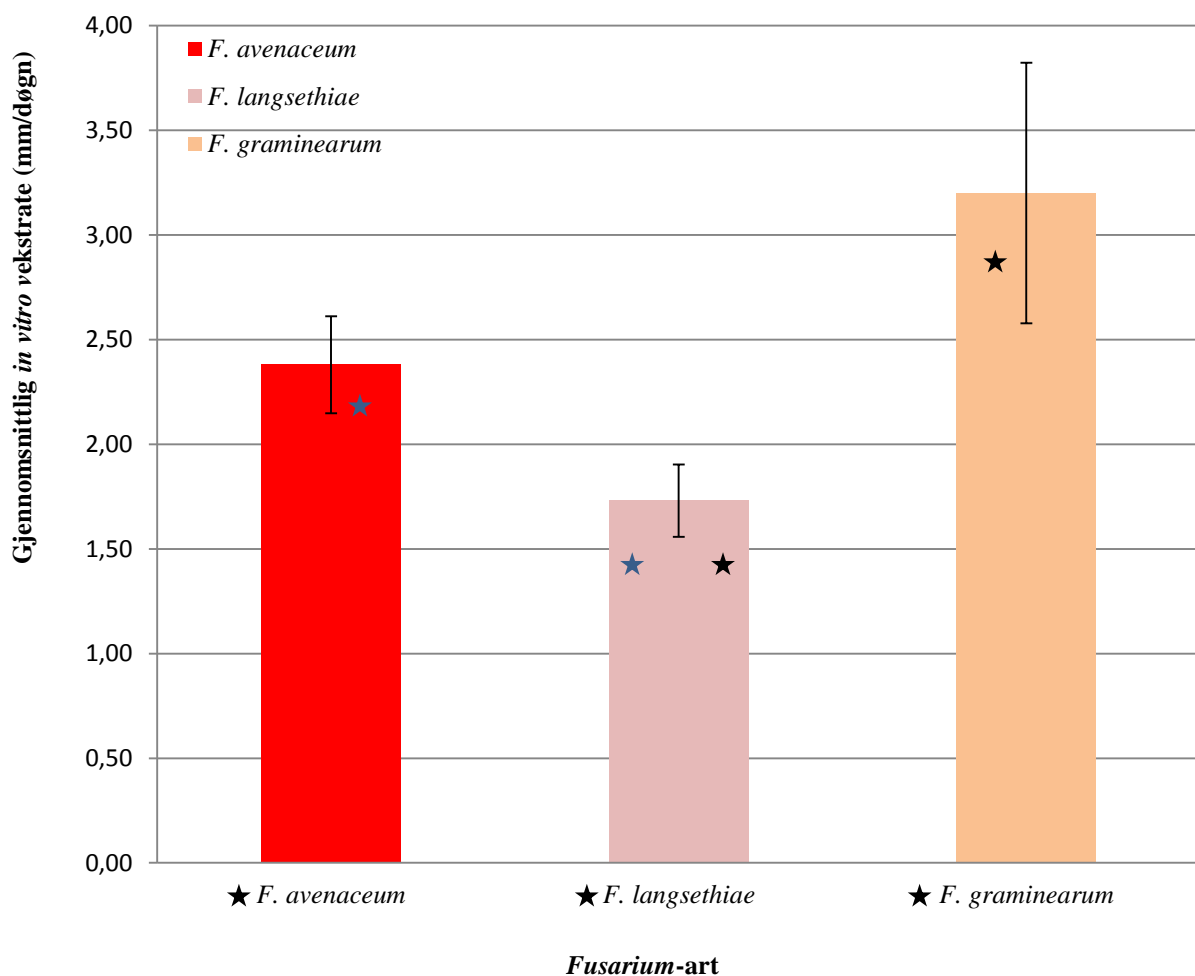
Figur 29: Rent isolat av *F. avenaceum* på selektivt medium (PDA) ved 20 °C og 12 timers hvitt+NUV-lys i 10 dager. (Foto: B. Shakeri 2012)



Figur 30: Rene isolater av to typer *F. langsethiae* på selektivt medium (PDA) ved 20 °C og 12 timers hvitt+NUV-lys i 10 dager. (Foto: B. Shakeri 2012)

3.7 Vekstrate

Figur 31 viser gjennomsnittlig vekst hos tre ulike *Fusarium*-arter (*F. avenaceum*, *F. graminearum* og *F. langsethiae*) som ble laget av enkeltsporer på selektivt medium «CZPD» ved 20 °C etter 10 dager. Det ble benyttet 4 skåler per isolat og 36 CZPD-skåler til sammen for hele forsøket. Resultatene viser at i dette forsøket er *F. graminearum* den sopparten som vokser mest, mens *F. langsethiae* vokser minst. *F. avenaceum* vokser raskere enn *F. langsethiae* og mindre enn *F. graminearum*. Minitabanalysen viser også en signifikant mindre vekst hos *F. langsethiae* enn hos *F. graminearum* og *F. avenaceum* med en P-verdi på 0,01.



Figur 31: Gjennomsnittlig *in-vitro* vekstrate (mm/døgn) på selektivt medium «CZPD» ved 20°C og 12 timers hvitt+NUV-lys i 10 dager hos tre ulike *Fusarium*-arter (*F. avenaceum*, *F. langsethiae* og *F. graminearum*). Det ble benyttet 4 skåler per isolat, det vil si 36 CZPD-skåler til sammen for hele forsøket. Det er en signifikant forskjell med P-verdi på 0,01 mellom behandlingene som er merket med samme stjernefarge.

Kapittel 4 - Diskusjon

En viktig kilde til *Fusarium*-infeksjon kan være planterester eller halmrester som ligger igjen på jordoverflaten. Patogene sopp er vanligvis mer utbredt i organisk materiale enn i jord (Inch & Gilbert 2003). Spesielt kan de være mer problematiske i et dyrkningssystem med lite jordarbeiding, som ofte fører til at en økt mengde planterester blir liggende igjen på jordoverflaten (Krupinsky *et al.* 2002). Målet med denne studien var å undersøke effekten av ulike biologiske og kjemiske preparater på forekomsten av ulike *Fusarium*-arter på halmrester og havrekorn, og videre å se på innholdet av mykotoksinene DON og HT2/T2 i havrekorn. Hovedmålet har vært å finne frem til preparater som kan redusere forekomsten av *F. graminearum* og *F. langsethiae*, som er de viktigste produsentene av DON og HT2/T2 mykotoksinene i korn.

4.1 Naturlig forekomst av *Fusarium* og mykotoksiner i forsøksfeltet

I dette arbeidet var en stor andel av planterester som ble liggende igjen på jordoverflaten infisert med *Fusarium* og de mest utbredte *Fusarium*-artene var *F. avenaceum* og *F. graminearum*. Tilsvarende forsøk (Hofgaard *et al.* 2012) viser samme resultater. I forsøket som ble gjennomført av Bioforsk Plantehelse våren 2011 på samme sted som mitt forsøk (Solør), ble planterester av havre samlet inn rett etter såing. Tallene i mitt forsøk viser en høyere forekomst av total *Fusarium* og *F. avenaceum* og en mindre forekomst av *F. graminearum* på planterester innsamlet fra ubehandlede ruter, sammenlignet med forsøket til Hofgaard *et al.* 2012. Ulike forekomst av *F. avenaceum* og *F. graminearum* på planterester mellom de to forsøkene, kan være forårsaket av ulik type forgrøde i de to forsøkene. Som forgrøde ble det benyttet havre i forsøket til Hofgaard *et al.* (2012), mens bygg ble benyttet i forsøket som danner grunnlag for denne oppgaven. Registreringene av *Fusarium* på planterester ble derfor også gjort på henholdsvis havre og bygg i de to forsøkene. Det er mulig at det er ulik mottakelighet eller resistens mot *Fusarium*-infeksjon i de ulike kornartene. Forskjellen i prosent *F. graminearum* på planterester fra forsøket til Hofgaard *et al.* (2012) (60 %) og mitt forsøk (10 %) kan muligens forklares med et gunstigere klima om sommeren, noe som gir et økt antall *Fusarium*-arter og dermed økt konkurranse mellom artene. Det er blitt vist at inter- og intraspesifikk konkurranse mellom *Fusarium*-arter er svært viktig i

etableringen av sopp og sykdomsutvikling forårsaket av sopp (Velluti *et al.* 2000, Xu *et al.* 2007a).

Angående korn høstet fra de ubehandlede forsøksrutene i mitt forsøk, viser resultater at en stor andel av kornet var infisert med *Fusarium* og de mest utbredte *Fusarium*-artene i kornet, var *F. avenaceum* og *F. graminearum*. Lignende forsøk ble gjennomført i Norge i perioden 1994-1999 (Henriksen 1999) og andre undersøkelser (Kosiak *et al.* 2003) har vist at de *Fusarium*-artene som er mest vanlige i korn i Norge er *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. langsethiae* og *F. poae*. I alle forsøkene viser resultatene at *F. avenaceum* og *F. graminearum* er de dominerende *Fusarium*-artene i norsk havrekorn. I feltforsøk gjennomført i 1995 (Henriksen 1999) ble det registrert en større forekomst av *F. avenaceum* og en mindre forekomst av *F. graminearum* i havrekorn sammenliknet med resultater fra mitt feltforsøk gjennomført i 2011. En større forekomst av *F. graminearum* i de seinere årene har også blitt rapportert i Norge og i andre deler av Europa. Denne endringen i forekomsten av *Fusarium*-arter som *F. graminearum* kan være et resultat av klimaforandringer, eller at soppene har tilpasset seg andre klimaforhold (Xu *et al.* 2005). I mitt forsøk var en større andel av kornet høstet fra ubehandlede ruter infisert med *F. graminearum* sammenliknet med resultater fra feltforsøket gjennomført i 1995. Det er også mulig at økt dyrking av nye sorter som er mer mottakelige for angrep av *F. graminearum* (Xu *et al.* 2005), samt økt fungicidbehandling mot andre sopp sykdommer (Henriksen & Elen 2005), kan ha hatt betydning. Reduksjonen i forekomsten av *F. avenaceum* i mitt forsøk i 2011 sammenliknet med resultatene fra forsøket gjennomført i 1995 kan kanskje forklares med en økt forekomst av *F. graminearum* eller andre *Fusarium*-arter med et antagonistisk forhold til *F. avenaceum*. *F. graminearum* skal være den mest konkurransesterke *Fusarium*-arten i samspill med *F. avenaceum* (Klemsdal *et al.* 2009) og en økt forekomst av *F. graminearum* kan derfor føre til redusert forekomst av *F. avenaceum*. Resultater fra veksteforsøk som ble gjennomført i denne oppgaven mellom tre ulike *Fusarium*-arter (*F. graminearum*, *F. avenaceum* og *F. langsethiae*) viser at det er *F. graminearum* som har raskest vekst av de tre *Fusarium*-artene med en signifikant forskjell.

Korn høstet fra ubehandlede forsøksrutene i mitt forsøk viser et større DON-innhold (405) µg/kg sammenliknet med DON-innholdet (250) µg/kg i korn høstet fra ubehandlede forsøksruter i forsøket til Hofgaard (Hofgaard *et al.* 2012). *F. graminearum* og *F. culmorum* er de viktigste DON-toksin produsenter i kornet og dermed forekomsten av de to *Fusarium*-artene i kornet, kan påvirke mengde av DON i korn. Selv om det ble registrert en lavere

forekomst av *F. graminearum* på planterester i mitt forsøk enn i forsøket til Hofgaard *et al.* (2012), kan det være andre faktorer enn mengden inokulum på planterester som kan påvirke omfanget av *Fusarium* angrep på kornet. Inokulum av *F. graminearum* kan komme fra omkringliggende åkre fordi *F. graminearum* kan produsere askosporer som kan spres med vind over lange avstander (Parry *et al.* 1995). Andre studier har vist at sammenhengen mellom soppmengden og toksinnivået kan påvirkes av sesongvariasjoner i klima og agronomiske faktorer, i tillegg til endrede metoder for kvantifisering av mengde av *Fusarium*-artene for eksempel ved hjelp av DNA-analyse (Aamot *et al.* 2009). Det er vist at produksjon av DON-toksinet kan bli påvirket av samspill mellom ulike *Fusarium*-arter i havrekorn (Klemsdal *et al.* 2009). Ulik såtid av havreplantene i de to forsøkene, som igjen fører til ulike tidspunkter for blomstring, kan ha hatt betydning. Gunstige klimaforhold, spesielt i blomstringen når plantene er mest mottakelige for smitte, kan føre til en høyere forekomst av *Fusarium* og mykotoksiner i korn. I figur 13 viser figuren mengde nedbør (mm/døgn) og temperaturen (°C) i blomstringsstadiet hos havre hos de to ulike forsøkene i Solør. Det ble registrert mer nedbør og varmere temperaturer ved blomstring til havreplantene i mitt forsøk enn i forsøket til Hofgaard *et al.* (2012). Disse er viktige faktorer som kan forklare et høyere *Fusarium*-angrep og et høyere nivå av mykotosiner i havrekorn i mitt forsøk enn i forsøket til Hofgaard *et al.* (2012).

I de ubehandlede forsøksrutene ble *F. culmorum* kun isolert fra planterester og ikke fra korn. *F. langsethiae* ble derimot isolert kun fra korn og ikke fra planterester. Selv om planterester skulle være den viktigste smitekilden for *Fusarium* infeksjon (Inch & Gilbert 2003), finnes det trolig andre faktorer som kan påvirke tilstedeværelse eller fravær av ulike *Fusarium*-arter på det infiserte kornet. Slike faktorer kan være ulike biologiske egenskaper hos soppen, infeksjonsveier (systemisk eller ikke-systemisk), spredningsmåter og klimatisk avhengighet. Varierende forekomst av ulike *Fusarium*-arter på planterester og korn kan forklares med forskjellig konkurranseevne hos ulike *Fusarium*-arter i samspill med hverandre. For eksempel ansees *F. culmorum*, *F. tricinctum* og *F. poae* for å være mindre aggressive og dermed svakere konkurrenter enn *F. graminearum* (Marasas *et al.* 1984). *F. culmorum* vokser i jord og på planterester, og skal være avhengig av vannsprut for spredning opp til akset (Jenkinson & Parry 1994, Jackowiak *et al.* 2005). Det er vist at *F. culmorum* ikke er et systemisk patogen i hvete (Snijders 1990), noe som gjør at *F. culmorum* vil være svært klimaavhengig for å kunne spre sporene oppover planten. Dette kan være en årsak til at *F. culmorum* ikke ble registrert på kornet. Grunnen til at *F. langsethiae* kun ble registrert på korn og ikke på

planterester kan kanskje forklares med det at *F. langsethiae* er et svakt patogen med en langsom veksthastighet og sparsomt mycelium og derfor blir lett overgrodd av andre, mer rasktvoksende sopparter, som *F. colmurum* og *F. graminearum* (Torp & Nirenberg 2004; Imathiu 2008). En annen grunn til dette kan være at *F. langsethiae* har evnen til å opptre som et symptomfritt og endofyttisk patogen (Imathiu *et al.* 2010). I tillegg tyder resultater fra mitt forsøk på at *F. langsethiae* har ikke evne til å leve som en saprofytt på døde materialer og det kan bekrefte det at *F. langsethiae* er en endofytt patogen (Imathiu 2012).

4.2 Effekt av behandling med Biowish Crop (før såing) på forekomst av *Fusarium* på planterester og havrekorn og på mengde mykotoksiner i korn

I mitt forsøk ble det registrert kun en signifikant reduksjon i forekomst av *F. graminearum* på planterester innsamlet fra ruter som var behandlet med Biowish Crop (signifikant ved 85 % signifikansnivå) sammenliknet med kontrollen. Det ble registrert en lavere gjennomsnittlig forekomst av *F. culmorum* og en høyere forekomst av *F. tricinctum* på planterester innsamlet fra ruter med denne behandlingen sammenliknet med planterestene fra de ubehandlede rutene. Reduksjonen i forekomsten av *Fusarium*-artene på planterester skal i følge Biowish Technology (2012) og BIOWISHTM Nordic (2008) kunne forklares med en raskere nedbrytning av planterester på grunn av stimulert mikrobiell aktivitet i jorda ved bruk av Biowish Crop. Dette skal føre til at organisk forurensning raskt fjernes, noe som spesielt vil påvirke smittepresset fra *Fusarium*.

I korn høstet fra ruter som var behandlet med Biowish Crop (før såing) var det økt forekomst av *F. graminearum*, mens DON-innholdet var redusert sammenliknet med ubehandlede forsøksruter. Det ble registrert en lavere gjennomsnittlig forekomst av *F. langsethiae*, men derimot en høyere forekomst av *F. tricinctum* og HT2/T2 i kornet (ikke signifikante). I følge Biowish Technology (2012) og BIOWISHTM Nordic (2008) er det mulig at anti-soppeffekten av Biowish Crop klarer å redusere eller fjerne noen sopparter, både i planterester og korn. Økning i forekomst av *F. graminearum* kan forklares med at inokulum av *F. graminearum* muligens kan ha kommet fra omkringliggende åkre fordi *F. graminearum* kan produsere askosporer som kan spres med vind over lange avstander (Parry *et al.* 1995). Mens reduksjon i DON-innholdet i følge BIOWISHTM Nordic (2008) kanskje kan være på grunn av nøytralisering av soppgifter forårsaket av Biowish Crop-behandling. Økningen i HT2/T2-innholdet i korn kan kanskje forklares med økt forekomst av *F. tricinctum*, en viktig produsent av T2-toksinet.

I tillegg, i følge Biowish Technology (2012) kan bruk av Biowish Crop øke plantens styrke og ernæringsstoffenes tilgjengelighet. Dette kan føre til bedre plantekvalitet, muligens ved at planter får et bedre forsvar mot plantepatogener.

4.3 Effekt av behandling med Trifender (før såing og ved aksskyting) på forekomst av *Fusarium* på planterester og havrekorn og på mengde mykotoksiner i korn

I dette forsøket ble havreplanter behandlet med Trifender ved to ulike vekststadier. Enten før såing eller ved aksskyting.

Dette arbeidet viser at behandling med Trifender, enten før såing eller ved aksskyting, ga noe økt forekomst av *F. graminearum* og DON-innhold, men derimot noe redusert forekomst av *F. langsethiae* og HT2/T2 i korn sammenlignet med korn høstet fra ubehandlede ruter (kontrollen). Den økte forekomsten av *F. graminearum* og det økte DON-innhold i kornet kan eventuelt komme av nytt inokulum fra omkringliggende områder (Parry *et al.* 1995). Dersom forsøket hadde vært gjennomført over et større område ville kanskje de samme behandlingene hatt en bedre effekt på DON-innholdet i høstet korn. Over et større forsøksområde er det mulig at en effekt av behandlingene ville vært lettere å oppdage, da effekten på resultatet av tilfeldig, påvirkende faktorer ville blitt redusert.

Reduksjonen i forekomsten av andre *Fusarium*-arter, som *F. langsethiae*, ved behandling med Trifender, både før såing og ved aksskyting, kan i følge Gyula (2005) og Agronova (2011) forklares biologiske kontroll som utøves av den levende organismen *Trichoderma asperellum* i Trifender. I følge produsenten Agronova (2011) og Samuels *et al.* (1999) skal *Trichoderma asperellum* kunne hemme vekst og utvikling av andre sopper både ved å parasitere dem og ved å aktivere det systemiske forsvaret hos vertsplanter.

Dette vil også påvirke mykotoksin-innholdet i havrekornet. Det er vist at *T. asperellum* kan deaktivere soppgifter som blir produsert av plantepatogene sopp (Gyula 2005; Agronova 2011). Ulik effekt av behandling med Trifender, både før såing og ved aksskyting, på forekomst av *Fusarium* og mykotoksiner kan tyde på at *T. asperellum* muligens ikke har lik effekt på alle *Fusarium*-arter og på alle typer mykotoksiner. Kanskje kan effekt av *T. asperellum* på forekomst av *F. langsethiae* og HT2/T2 i korn forklares med at begge de to soppartene kan leve som endofytter i plantene (Samuels *et al.* 1999; Imathiu 2012) og at

Trifender gjennom økt konkurranse/interaksjon derfor kan ha mest effekt på *F. langsethiae* og videre på HT2/T2-innholdet som produseres av *F. langsethiae* i kornet.

Lignende forsøk har vist effekt av Trifender som en biologisk kontroll på forekomsten av *Fusarium* hos andre kulturplanter. Et forsøk som ble gjennomført i Ungarn på potetplanter påviste effekt av behandling med Trifender ved en reduksjon i forekomsten av *Fusarium spp.* og en vekstfremming hos plantene sammenliknet med ubehandlede potetplanter (Biovéd 2005). Et tilsvarende forsøk i 1992 viser at behandling med *Trichoderma harzianum* førte til redusert forekomst av *F. graminearum* og *F. spp.* i hvete og strå av svart havre (Fernandez 1992). Det er flere studier som viser effekt av biologisk kontroll i kampen mot skadeorganismer som *Fusarium*. I en studie gjennomført i 2012, ble en *Pythium sp.* som var isolert fra halm begravd i jord presentert som en viktig kilde med antagonistisk potensiale for bekjempelse av *F. culmorum* ved aksfusariose (Sarrocco *et al.* 2012).

4.4 Effekt av behandling med protikonazol ved aksskyting på forekomst av *Fusarium* og på mengde mykotoksiner i korn

Forsøket som er grunnlaget for denne oppgaven viste at behandling med preparater som inneholder protikonazol ved aksskyting, spesielt behandling med redusert dose Proline, gav noe redusert forekomst av *F. graminearum* og DON-innhold i kornet sammenliknet med korn høstet fra ubehandlet kontroll. Derimot, i en del av de behandlingene, ble det registrert en økt forekomst av *F. langsethiae*, *F. poae* og *F. sporotrichoides* og dermed en økt mengde HT2/T2 i kornet unntak av full dose Proline sammenliknet med korn høstet fra ubehandlede forsøksruter. Ingen av forskjellene var signifikante.

Det er flere forsøk og studier som har bekreftet effekten av protikonazol på *F. graminearum* og på DON-innholdet i korn. Noen forsøk har vist at protikonazol virker best ved kontroll av aksfusariose i hvete (Mesterhazy *et al.* 2004).

Nyere studier har indikert at behandling med Proline under blomstringen halverer innholdet av DON (produseres av *F. graminearum* og *F. culmorum*) både i havre og i hvete, mens det ikke skal ha noen effekt på HT2/T2-toksiner (produseres av *F. langsethiae* og *F. sporotrichoides*) i havre (Elen *et al.* 2008). Det er også vist at bruk av et triazolsoppmiddel reduserer DON-innholdet i *Fusarium*-infisert hvete med opptil 50 % sammenliknet med ubehandlet hvete (Beyer *et al.* 2006).

Reduksjon i forekomst av *F. graminearum* i korn etter behandling med preparater som inneholder protriokonazol kan forklares med den soppbekjempende effekten av protriokonazol (Bayer Crop Science 2011). I følge Bayer Crop science (2011) inneholder både Proline og Delaro protriokonazol som fungerer godt i en effektiv soppbekjempelse. Resultatene tyder på at protriokonazol muligens ikke har lik effekt på alle *Fusarium*-arter og på alle typer mykotoksiner.

Økning i forekomst av noen *Fusarium*-arter, som *F. langsethiae*, ved denne behandlingen, kan kanskje forklares med at reduksjon i forekomsten av den konkurransesterke *F. graminearum* kanskje påvirke samspillet mellom *Fusarium*-arter og føre til en økt forekomst av andre *Fusarium*-arter, som for eksempel den konkurransesvake *F. langsethiae* (Klemsdal 2009). Tidligere publisert forskning viser at konkurranseaspektet er svært viktig når det gjelder etablering av sopp og utvikling av sykdom forårsaket av sopp (Xu *et al.* 2007a). Den mest konkurransesterke arten koloniserer vanligvis ikke mer enn den ville gjort når den er alene, mens artene som er svake konkurrenter etablerer seg dårligere enn hva de ville gjort alene (Velluti *et al.* 2000).

F. langsethiae kan trolig etablere seg bedre ved en lavere forekomst av *F. graminearum*. Ved behandling med protriokonazol kan en lavere forekomst av *F. graminearum* føre til en lavere produksjon av DON-toksinet, mens en høyere forekomst av *F. langsethiae* kan føre til en høyere produksjon av HT2/T2-toksinet i havrekornet.

4.5 Effekt av behandling med Resistim (bladgjødning) ved aksskyting på forekomst av *Fusarium* og på mengde mykotoksiner i korn

I dette forsøket gav behandling med Resistim ved aksskyting en redusert forekomst av *F. langsethiae* og *F. poae* i korn, men derimot en økt forekomst av *F. tricinctum* og HT2/T2 i korn sammenliknet med kontrollen.

Reduksjon i forekomsten av de nevnte *Fusarium*-artene ved denne behandlingen kan i følge Yara (2012) og Prodana (2011) forklares med at Resistim forbedrer plantenes kvalitet, noe som fører til et bedre forsvarssystem hos planter (forsvarsaktivatorer) og videre styrker plantenes evne til å motstå angrep fra noen plantepatogene sopp (Prodana 2011; Yara 2012). Økning i HT2/T2-innholdet i kornet trolig forklares med en økt forekomst av *F. tricinctum* som er en viktig produsent av HT2/T2-toksiner.

I et lignende forsøk der effekten av ulike preparater som kunne indusere resistens mot aksfusariose i vinterhvetete ble undersøkt viste Resistim seg å redusere forekomsten av aksfusariose med inntil 75 % på vinterhvetete som var inokulert med *F. culmorum* (Hofgaard *et al.* 2010). Både i mitt forsøk og forsøket til Hofgaard (Hofgaard *et al.* 2010) viser resultatene at Resistim kan redusere forekomst av *Fusarium* i korn.

4.6 Effekt av behandling med Erntemax (Amalgerol Erntemax) både ved ugrassprøyting og ved aksskyting på forekomst av *Fusarium* og på mengde mykotoksiner i korn

I dette arbeidet gav behandling med Erntemax både ved ugrassprøyting og ved aksskyting, noe økt forekomst av *F. sporotrichioides*, HT2/T2-og DON-innhold i kornet sammenlignet med ubehandlet kontroll.

Et tidligere forsøk som ble gjennomført i Danmark i 2008-2010 viser derimot en liten reduksjon i forekomst av *Fusarium* på mais ved behandling med Amalgerol (Vidensentret For Landbrug 2010). I følge Mineral-Express Ltd (2012) er Amalgerol en biostimulant for planter som skal øke mikroorganismenes aktivitet i jorden og dermed forbedre halmnedbrytingen. De hevder at bruk av Erntemax også skal forbedre plantenes rotsystem og kvalitet som igjen styrker forsvarsmekanismene mot ulike sykdomsorganismer (Mineral-Express Ltd 2012).

I motsetning til det som produsentene hevder og til det tidligere forsøket i Danmark, viser mine resultater ingen signifikant reduksjon i forekomst av *Fusarium* og mykotoksiner i høstet korn. Derimot tyder resultater fra mitt forsøk på at det kan være risiko for en økt forekomst av *Fusarium* og mykotoksiner i korn ved bruk av Erntemax. Ulike resultater fra mitt forsøk og fra det tidligere forsøket som ble gjort i Danmark i 2010 kan kanskje forklares med ulike kulturplanter i de to ulike forsøkene.

Erntemax kan i følge Mineral-Express Ltd (2012) gi et sterkere forsvar mot ulike sykdomsorganismer, men det er også mulig at den har ulik effekt mot *Fusarium*-sopper på ulike kulturvekster.

4.7 Effekt av behandling med Agrinos HYT A, B og C før såing og ved aksskyting på forekomst av *Fusarium* og på mengde mykotoksiner i korn

I mitt forsøk gav behandling med Agrinos HYT A, B og C (før såing og ved aksskyting) en reduksjon i forekomst av *F. graminearum*, *F. langsethiae* og *F. poae*, men derimot noe økning i HT2/T2-innholdet i korn sammenlignet med ubehandlet kontroll (ikke signifikante).

Det finnes andre studier av biologisk kontroll av *Fusarium* i hvete og havre som viser at kitosan og noen nyttige bakterier kan føre til en mindre skade på hvetekorn og en signifikant reduksjon (53 % - 91 %) i springfusariose forårsaket av *F. culmorum* i hvete og bygg (Khan *et al.* 2005). I følge Khan (2005) en forklaring på bikontroll aktiviteten hos bakterier og kitosan er induksjon av systemisk resistens i vertsplantene (Khan *et al.* 2005). I følge Agrinos (2012) kan reduksjon i forekomst av de ovennevnte *Fusarium*-artene ved behandling med Agrinos HYT A, B og C forklares med det at tilstedeværelse av nyttige bakterier eller biopolymerer som kitin og kitosan fører til en induksjon av systemisk resistens eller en høyere toleranse mot plantepatogener (Agrinos 2012). Men ingen av de kildene dokumenterer mekanismen for den biokontroll aktiviteten.

4.8 Effekt av behandling med biologiske midler sammenlignet med effekten av det kjemiske fungicidet Proline (reduisert dose) på forekomst av *Fusarium* og på mengde mykotoksiner i korn

Ut fra forsøket viser det seg at bortsett fra den reduserende effekten av Biowish Crop på forekomst av *F. graminearum* på planterester har behandling med ulike biologiske og kjemiske preparater ingen signifikante effekter på forekomst av *Fusarium* og mykotoksiner i planterester og korn sammenliknet med kontrollen. Derimot viser resultater fra minitabanalysen noen signifikante forskjeller i forekomst av *F. graminearum*, *F. langsethiae* og DON- og T2-innhold i korn mellom behandling med en del biologiske preparater og behandling med redusert dose Proline som er det eneste kjemiske preparatet som har blitt brukt i dette forsøket.

En av de signifikante forskjellene ble funnet mellom behandling med Trifender (før såing) og behandling med redusert dose Proline (Z55) på forekomst av *Fusarium sp.*, *F. graminearum*, *F. langsethiae* og DON- og T2-innhold i havrekorn. De to behandlingene viser seg å ha motsatt effekt på forekomst av *F. graminearum*, *F. langsethiae* og DON- og T2-innhold i korn i forhold til hverandre.

Behandling med redusert dose Proline ved aksskyting reduserte forekomsten av *F. graminearum* og DON-innholdet, men økte forekomsten av *F. langsethiae* og T2-innholdet i korn. Derimot reduserte behandling med Trifender (før såing) forekomsten av *F. langsethiae* og T2-innholdet, men øker forekomsten av *F. graminearum* og DON-innholdet i havrekorn. Som ble det nevnt tidligere (se punkt 4.4 side 54), økning i forekomst av noen *Fusarium*-arter, som *F. langsethiae*, ved behandling med redusert dose Proline, kan kanskje forklares med at reduksjon i forekomsten av den konkurransesterke *F. graminearum* kanskje påvirke samspillet mellom *Fusarium*-arter og føre til en økt forekomst av andre *Fusarium*-arter, som for eksempel den konkurransesvake *F. langsethiae* (Klemsdal 2009). Det vil si at ved reduksjon i forekomst av den mest konkurransesterke arten (*F. graminearum*), kan den svake konkurrente arten (*F. langsethiae*) etablere seg bedre enn hva den ville gjort i samspill med andre arter som *F. graminearum* (Velluti *et al.* 2000).

En annen signifikant forskjell ble funnet mellom behandlingen med Resistim (Z55) og behandlingen med redusert dose Proline (Z55) på forekomsten av *F. langsethiae* i havrekorn. Behandling med Resistim (Z55) reduserer forekomst av *F. langsethiae* i kornet, mens behandling med redusert dose Proline (Z55) øker forekomsten av *F. langsethiae* i havrekorn.

4.9 Sammenheng mellom forekomst av noen *Fusarium*-arter (*F. graminearum* og *F. langsethiae*) i havrekorn - betydning for mykotoksinproduksjon

I forsøket som danner grunnlag for denne oppgaven viser resultatene en sammenheng mellom DON-innhold ($\mu\text{g}/\text{kg}$) og HT2+T2-innhold ($\mu\text{g}/\text{kg}$) i kornprøvene høstet fra hver forsøksruter. Derimot ble det ikke funnet noen sammenheng mellom forekomst av *F. graminearum* og forekomst av *F. langsethiae* i kornprøvene høstet fra samme forsøksruter. Dette kan skyldes feil identifisering av *Fusarium*-artene ved registrering i laboratoriet. Konidiesporene til noen av *Fusarium*-artene er svært like og dette gjør identifiseringen vanskelig, spesielt for utrente personer. En annen feilkilde kan være at ulike *Fusarium*-arter har ulike veksthastighet. I den siste delen av dette forsøket ble det gjennomført et forsøk for å finne vekstratene hos de tre ulike *Fusarium*-arter (*F. avenaceum*, *F. graminearum* og *F. langsethiae*).

Vekstratforsøket viser en signifikant forskjell i veksten til *F. graminearum* og *F. avenaceum*, i forhold til *F. langsethiae*. *F. graminearum* hadde en raskere vekst enn *F. langsethiae*.

Tidspunktet for registreringen av forekomsten av *Fusarium* i korn, kan derfor ha kommet litt

tidlig for identifisering av *F. langsethiae* sammenlignet med *F. graminearum*. En annen feilkilde kan være valg av feil teknikk for å registrere mengde av ulike *Fusarium*-arter. I en studie gjennomført i 2008 på havre ble forekomsten av aksfusariose og HT2/T2-toksinet forårsaket av *F. langsethiae* undersøkt.

I den nevnte studien (Imathiu 2008) ble ingen symptomer på forekomst av *F. langsethiae* på aksene observert, men soppene ble isolert fra symptomfrie aks og en høy konsentrasjon av HT2/T2-toksinet ble kvantifisert fra disse aksene (Imathiu 2008). Slike studier viser at *F. langsethiae* er et symptomfritt patogen (Imathiu 2008) og det kreves nye tiltak for å registrere forekomsten av *Fusarium*-arter.

Et mulig verktøy for å overvåke sopp-biomassen er bruk av molekylære teknikker som, PCR-analyse. PCR analyse kunne i dette tilfellet ha gitt sikrere resultater. Det ville da ha blitt registrert eventuell forekomst av både saktevoksende *Fusarium*-arter og symptomfrie sopper som *F. langsethiae*, i tillegg til ødelagte eller døde soppsporer.

En annen forklaring kan kanskje være for få gjentak per behandling i dette forsøket (her kun 2 gjentakelser) det vil si at flere gjentakelser kanskje kunne ført til bedre og sikrere resultater. Videre i mitt forsøk ble det funnet en sammenheng mellom forekomst av *F. graminearum* og DON-innhold, og forekomst av *F. langsethiae* og HT2/T2-innhold i korn høstet fra hver forsøksrute. En økt forekomst av de to *Fusarium*-artene på kornet førte til en økt mengde av mykotoksinene i kornet høstet fra forsøksrutene.

4.10 Konklusjon

Ut fra dette forsøket viser det seg at behandling av jord/planterester med Biowish Crop før såing av havreplanter, gir noe redusert forekomst av *F. graminearum* i planterester innsamlet før aksskyting sammenlignet med ubehandlet kontroll.

Behandling av havreplanter ved aksskyting med protiokonazol, spesielt med redusert dose Proline, reduserte forekomsten av *F. graminearum* og DON i høsta korn, men ser derimot ut til å medføre en risiko for økt forekomst av *F. langsethiae* og HT2/T2 i korn. Behandling med Trifender før såing viser seg å redusere forekomst av *F. langsethiae* og HT2/T2, men fører derimot til økt forekomst av *F. graminearum* og DON-innhold i korn.

Resultater fra disse forsøkene tyder på at behandling med Biowish Crop og Trifender før såing kombinert med protriokonazol ved aksskyting kan være en strategi for å redusere forekomsten av henholdsvis *F. graminearum* og *F. langsethiae* og dermed redusere risikoen for utvikling av DON og HT2/ T2 i havre.

Kapittel 5 - Referanser

- Aamot, H.U., Elen, O., Hofgaard, I.S., Brodal, G. & Klemsdal, S.S. (2009). Metoder for testing av *Fusarium* og mykotoksiner i havre og vårhvete. *Bioforsk FOKUS*, 4 (2): 196-197.
- Adams, J.F. (1921). Observations on wheat scab in Pennsylvania and its pathological histology. *Phytopathology*, 11: 115-125.
- Agranova, bio plant growth experts (2011). *Trifender WP, Microbiological Plant Growth Promoter*. Tilgjengelig fra: <http://www.agranova.eu/contacts.html> (lest 18.10.2012).
- Agrinos™ innovative by nature (2012). *HYT for Speciality Agriculture*. Tilgjengelig fra: http://int.agrinos.com/HYT_for_Specialty_Agriculture (lest 23.11.2012)
- Agrinos™ innovative by nature (2012). *HYT™ for Specialty Agriculture*. Tilgjengelig fra: http://sea.agrinos.com/HYT_for_Specialty_Agriculture (lest 15.02.2013).
- Agrios, G.N. (2005). *Plant Pathology*. Amsterdam, Elsevier.
- Argyris, J., Sanford, D.V. & Tekrony, D. (2003). *Fusarium graminearum* Infection during Wheat Seed Development and Its Effect on Seed Quality. *Crop Science*, 43: 1782-1788.
- Arthur, J.C. (1891). Wheat scab. *Indiana Agricultural Station Bulletin*, 36: 129-138.
- Asano, T., Masuda, D., Yasuda, M., Nakashita, H., Kudo, T., Kimura, M., Yamaguchi, K. & Nishiuchi, T. (2008). AtNFXL1, an Arabidopsis homologue of the human transcription factor NF-X1, functions as a negative regulator of the trichothecene phytotoxin-induced defense response. *Plant Journal*, 53: 450-464.
- Bai, G.H. & Shaner, G. (2004). *Management and resistance in wheat and barley to Fusarium head blight*. Annual Review of Phytopathology, 42: 135-161.
- Bayer Crops Science (2011). Tilgjengelig fra: http://www.bayercropscience.no/fileadmin/uploads/Allt_material_Norge/Nyheter/Artikkel_priotikonazol_til_net2011.pdf (lest 18.10.2012).
- Beasley, V.R. (Ed.), (1989). Trichothecene Mycotoxicosis, *Pathophysiologic Effects*, vols. 1 and 2. CRC Press, Florida, Boca Raton.

Bernhoft, A., Clasen, P.E., Kristoffersen, A.B. & Torp, M. (2010). Less *Fusarium* infestation and mycotoxin contamination in organic than in conventional cereals. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 27: 842-852.

Beyer, M., Klix, M.B., Klink, H. & Verreet, J.A. (2006). Quantifying the effects of previous crop, tillage and trazole fungicides on the deoxynivalenol content of wheat grain - a review. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 113: 241-246.

Biowish Technologies (2012). Biological help for the human race™. *Biowish Crop™*. Fact sheet. Tilgjengelig fra: www.biowishtech.com (lest 11.10.2012).

Biovéd (2005). *Biological control*. Tilgjengelig fra: <http://biological-control.com/trifender.php> (lest 15.02.2013).

BIOWISH™ Nordic (2008). *Biowish Crop™*. Tilgjengelig fra: http://biowish.no/produkt/crop_produkt.php (lest 29.01.2013).

Birzele, B., Meier, A., Hindorf, H. & Dehne, H.W. (2002). Epidemiology of *Fusarium* and Deoxynivalenol content in winter wheat in the Rhineland, Germany. *European Journal of Plant Pathology*, 108: 667-673.

Bjørnstad, Å. & Skinnes, H. (2008). Resistance to *Fusarium* Infection in Oats (*Avena sativa* L.). 3rd International FHB symposium, Szeged, Hungary. *Cereals Research Communication*, 57-69.

Bjørnstad, Å. (2010). *Vårt daglige brød, Kornets kultur historie*. Oslo, Vidarforlaget. 255s.

Bottalico, A. & Perrone, G. (2002). Toxigenic *Fusarium* Species and Mycotoxins associated with Head Blight in Small-grain Cereals. *European Journal of Plant Pathology*, 108: 611-624.

Brodal, G. & Elen., O. (2002). *Fusarium* i korn fra siste sesong. *Grønn forskning*, 1: 122-124.

Brodal, G., Henriksen, B. & Sundheim, L. (2009). *Sjukdommer i korn, oljevekster og kjernebelgvekster*. I: Brandsæter, L.O., Mangerud, K., Birkenes, S.M., Brodal, G. & Andersen, A. (2009). *Plantevern og plantehelse i økologisk landbruk*. Bind 3: Korn, oljevekster og kjernebelgvekster. *Bioforsk Fokus*, 4 (4): 198 s.

Brodal, G., Elen, O., Hofgaard, I.S., Aomat, H.U., Lysøe, E. & Klemsdal, S.S. (2008). Strategies to reduce *Fusarium* and mykotoxin contamination in Norwegian cereals. *European Journal of Plant Pathology*, 90 (2): 318. Abstract to the 9th International Congress of Plant Pathology, ICPP 2008, Torino, Italy, 24-29 August 2008.

Bujold, I., Paulitz, T.C. & Carisse, O. (2001). Effect of *Microsphaeropsis* sp. on the production of perithecia and ascospores of *Gibberella Zeae*. The American Phytopathological Society. *Plant Disease*, 85: 977-983.

Chala, A., Weinert, J. & Wolf, G. A. (2003). An integrated approach to the evaluation of the efficacy of fungicides against *Fusarium culmorum*, the cause of head blight of wheat. *Journal of Phytopathology*, 115: 673-678.

Champeil, A., Dore', T. & Fourbet, J. F. (2004). *Fusarium* head blight: epidemiological origin of the effects of cultural practices on head blight attacks and the production of mycotoxins by *Fusarium* in wheat grains. *Plant Science*, 166 (6): 1389-1415.

COMMUNITIES, T.C.O.T.E. (2006). Commission recommendation of 17 August 2006 on the prevention and reduction of *Fusarium* toxins in cereals and cereals products. Tilgjengelig fra:

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:234:0035:0040:EN:PDF> (lest 06.02.2013).

Cooper, K.W. (1940). Relations of *Pedicolopsis graminearum* and *Fusarium poae* to control of bud rot of carnations. *Phytopathology*, 30: 853-859.

Dill-Macky, R. & Jones, R.K. (2000). The effect of previous crop residues and tillage on *Fusarium* head blight of wheat. *Plant Disease*, 84: 71-76.

Divon, H.H., Razzaghian, J., Aamot, H.U. & Klemsdal, S.S. (2012). *Fusarium langsethiae* (Torp and Nirenberg), investigation of alternative infection routes in oats. *European Journal of Plant Pathology*.

Doohan, F.M., Brennan, J., & Cooke, B.M. (2003). Influence of climatic factors on *Fusarium* species pathogenic to cereals. *European Journal of Plant Pathology*, 109: 755-768.

Dufault, N. S., De Wolf, E. D., et al. (2006). Role of temperature and moisture in the production and maturation of *Gibberella zeae* i perithecia. *Plant Disease*, 90 (5): 637-644.

Eiblmeire, P., & Lepschy von Gleissenthall, J. (2007). Risk evaluation of deoxynivalenol levels in Bavarian wheat from survey data. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 114: 69-75.

Elen, O. (2001). *Fusarium* i korn - hvor står vi nå? I: U. Abrahamsen (red.). Jord- og plantekultur 2001. *Planteforsk Grønn forskning*, 114-117.

Elen, J., Lindblom-Ylänne, S., & Clement, M. (2007). Faculty development in research-intensive universities: The role of academics' conceptions on the relationships between research and teaching. *International Journal for Academic Development*, 12 (2): 123–139.

Elen, O., Hofgaard, I.S., Brodal, G., Aamot, H.U., Jestoi, M. & Klemsdal, S.S. (2008). *Effect of fungicide treatment in field trials on different Fusarium spp. and mycotoxins*. Proceedings from 10th International *Fusarium* Workshop and *Fusarium* genomics Workshop.

Elen, O., Hofgaard, I.S., Brodal, G., Klemsdal, S. & Aamot, H.U. (2009). Kan vi redusere mykotoksin mengden i korn ved å sprøyte med fungicider?. *Bioforsk FOKUS* 4 (2): 198-199.

Eriksen, G.S. & Aleksander, J. (1998). *Fusarium* toxins in cereals: a risk assessment. København, Nordisk Ministerråd.

FAOSTAT, Mongabay (årsstatistikk), FAO estimat (2009). Tilgjengelig fra: <http://snl.no/havre> (lest 23.11.2012).

Fernandez, M.R. (1992). The effect of *Trichoderma harzianum* on fungal pathogens infesting wheat and black oat straw. *Soil Biology and Biochemistry*, 24 (10): 1031-1034.

Gilbert, J. & Fernando, W.G. D. (2004). Epidemiology and biological control of *Gibberella Zeae/ Fusarium graminearum*. *Canadian Journal Plant Pathology*, 26: 464-472.

Gilbert, J., Tekauz, A. & Woods, S.M. (1997). Effect of Storage on Viability of *Fusarium* Head Blight-Affected Spring Weed Seed. *Plant Disease*, 88: 159-162.

Gordon, W.L. (1956). The occurrence of *Fusarium* species in Canada. VI. Taxonomy and geographic distribution of *Fusarium* species on plants, insects and fungi. *Canadian Journal of Botany*, 37: 257-290.

Gyula, B. (2005). Biovéd 2005 Ltd. *Trifender microbiological plant growth promoter*. Tilgjengelig fra: <http://www.bioved.eu/en/trifender.html> (lest 23.11.2012).

Henriksen, B. (1999). *Factors affecting Fusarium infection and mycotoxin content in cereal grains*. Agricultural University of Norway. The Norwegian Crop Research Institute.

Department of Plant Pathology. Doctor Scientiarum Theses 1999: 4.

Henriksen, B. & Elen, O.N. (2005). Natural *Fusarium* grain infection level in wheat, barley and oat after early application of fungicides and herbicides. *Journal of Phytopathology*, 153 (4): 214-220.

Hofgaard, I.S., Åshild, E., Henriksen, B. & Tronsmo, A.M. (2010). The effect of potential resistance inducers on development of *Microdochium majus* and *Fusarium culmorum* i winter wheat. *European Journal of Plant Pathology*, 128: 269-281.

Hofgaard, I.S., Brodal, G., Elen, O., Strand, E., Sveen, O. (2011). Hvordan redusere risiko for mykotoksiner i korn? *Bioforsk TEMA*, 4: 1-2.

Hofgaard, I.S., Seehusen, T., Abrahamsen, U., Razzaghian, J., Hong Le, V., Elen, O.L., Riely, H., Holen, B., Aamot, H.U., Strand, E., Norskog, B. & Brodal, G. (2012). Impact of agricultural practices on mycotoxin contamination of oats and spring wheat in Norway. The 7th Conference of The World Mycotoxin Forum. *World Mycotoxin Journal*. WMF meets IUPAC in Rotterdam and Netherland on 5-9 November 2012.

Holtet, E. Kr., Uhlen, A. & Holtekjølen, A.K. (2012). Tilgjengelig fra: <http://snl.no/havre> (lest 23.11.2012).

Imathiu, S.M. (2008). *Fusarium langsethiae Infection and Mycotoxin Production in Oats*. Newport, UK, Harper Adams University College, PhD thesis.

Imathiu, S.M., Hare, M.C., Ray, R.V., Back, M., Edward, S.G. (2010). Evaluation of pathogenicity and aggressiveness of *Fusarium langsethiae* on oats and wheat seedlings relative to known seeding blight pathogens. *European Journal Plant Pathology*, 126: 203-216.

Inch, S.A. & Gilbert, J. (2003). Survival of *Gibberella zeae* in *Fusarium*-damaged Wheat Kernels. *Plant Disease*, 87 (3): 282-287.

Jackowiak, H., D. Packa, M. Wiwart and J. Perkowski, 2005. Scanning electron microscopy of *Fusarium* damaged kernels of spring wheat. *International Journal of Food Microbiology*, 98 (2): 113-123.

Jenkinson, P. & D.W. Parry (1994a). Splash dispersal of conidia of *Fusarium culmorum* and *Fusarium avenaceum*. *Mycological Research*., 98: 506-510.

Jenkinson, P. & D.W. Parry (1994b). Isolation of *Fusarium* species from common broad-leaved weeds and their pathogenicity to winter wheat. *Mycological Research*, 98: 776-780.

Joffe, A.Z. (1978). *Fusarium poae* and *Fusarium sporotrichioides* as principal causal agents of alimentary toxic aleulia. In: Wyllie, T.D. & Morehouse, L.G. (eds) *Handbook of Mycotoxins and Mycotoxicoses*, 3: 21-86.

Jones, R.K. (2000). Assessment of *Fusarium* head blight of wheat and barley in response to fungicide treatment. *Plant Disease*, 84: 1021-1030.

Jordan, V.W.L. & Fielding, E.C. (1988). *Fusarium spp.* on wheat. In: *Long Ashton Research Station Report for 1981*. Long Ashton Research Station Publication 23, Long Ashton.

Khonga, E.B. & Sutton, J.C. (1988). Inoculum production and survival of *Gibberella Zeae* in maize and wheat residues. *Canadian Journal of Plant Pathology- Revue Canadienne De Phytopathologie*, 10 (3): 232-239.

Klemsdal, S.S., Aamot, H.U., Elen, O., Hofgaard, I.S. & Brodal, G. (2009). Samspill mellom ulike *Fusarium* arter - betydning for soppens vekst og mykotoksinproduksjon. *Bioforsk FOKUS*, 4 (2): 202-203.

Kosiak, B., Torp, M., Skjerve, E. & Thrane, U. (2003). The prevalence and distribution of *Fusarium* species in Norwegian cereals: a survey. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B- Soil and Plant Science*, 53 (4): 168-176.

Krupinsky, J.M. , Bailey, K.L., McMullen, M.P., Gossen, B.D. & Turkington, T.K. (2002). Managing plant disease risk in diversified cropping systems. *Agron. Journal*, 94: 198-209.

Lane, Ch.R., Beales, P.A. & Hughes, K.J.D. (2012). *Fungal Plant Pathogens*. CABI Publishing. Protocol, 6 (1): 146-147.

Leslie, J.F., Summerell, B.A. (2006). *The Fusarium Laboratory Manual*, 1st edn. USA, Blackwell publishing professional. 382 s.

Leonard, K.J. & Bushnell, W.R. (2003). *Fusarium head blight of wheat and barley*. St. Paul, Minnesota , USA. APS PRESS, 10: 241-295.

Liu Y., Buchenauer H. (2005): Interactions between *Barley yellow dwarf virus* and *Fusarium* spp. affecting development of Fusarium head blight of wheat. *European Journal of Plant Pathology*, 113: 283–295.

Ma, L.J., van der Dose, H.C., *et al.* (2010). Comparative genomics reveals mobile pathogenicity chromosomes in *Fusarium*. *Nature*, 464 (7287): 367-373.

Magan, N., Hope, R., Colleate, A. & Baxter, E. S. (2002). Relationship between growth and mycotoxin production by *Fusarium* species, biocides and environment. *European Journal of Plant Pathology*, 108: 685-690.

Marasas, W.F.O., Nelson, P. E. & Toussoun, T. A. (1984). *Toxigenic Fusarium species: identity and mycotoxicology*. The Pennsylvania State University, University Park and London, 328 s.

Martin, R. A. & Johnston, H. W. (1982). Effects and control of Fusarium diseases of cereal grains in the Atlantic Provinces. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 4: 210-216.

Medina, A., Magan, N. (2010). Comparisons of water activity and temperature impact on growth of *Fusarium langsethiae* strains from northern Europe on oat-based media. *International Journal Food Microbiology*, 142: 365-369.

Mesterhazy, A., Kászonyi, G. & Tóth, B. (2004). Prothioconazol fungicides against FHB. *Proceedings of the 2nd International Symposium on Fusarium Head Blight*, 2: 355-358.

Mineral-Expressen Ltd. (2012). Amalerol Erntemax, *Erntemax Aktiv Ingrediens: Amalgerol*. Tilgjengelig fra: <http://www.mineralexpressen.no> (lest 11.10.2012).

Nishiuchi, T., Masuda, D., Nakashita, H., Ichimura, K., Shinozaki, K., Yoshida, S., Kimura, M., Yamaguchi, I. & Yamaguchi, K. (2006). *Fusarium* phytotoxin trichothecenes have an elicitor-like activity in *Arabidopsis thaliana*, but the activity differed significantly among their molecular species. *Molecular Plant Microbe Interactions*, 19 (5): 512-520.

Paul, P.A., Lipps, P.E., *et al.* (2007). A distributed lag analysis of the relationship between *Gibberella Zeae* inoculum density on wheat spikes and weather variables. *Phytopathology*, 97 (12): 1608-1624.

Paul, P.A., El-allaf, S.M., *et al.* (2004). Rain splash dispersal of *Gibberella Zeae* within wheat canopies in Ohio. *Phytopathology*, 94 (12): 1342- 1349.

Parry, D.W., Jenkinson, P., *et al.* (1995). *Fusarium* ear blight (scab) in small grain cereals - a review. *Plant Pathology*, 44 (2): 207-238.

Parry, D.W., Pettitt, T.R., Jenkinson, P. & Lees, A.K. (1994). The cereal *Fusarium* complex, 301-320. In: *Ecology of Plants Pathogens*. Blackman, P. & Williamson, B. (Eds.). Wallingford, UK, CAB International,

Prodana (2011). Tilgjengelig fra : <http://www.prodana.dk/Goedning/Mikronaering,-s-Biostimulanter/Resistim%200-7-11.aspx> (lest den 15.02.2013).

Prelusky, D.B., Rotter, B.A., Rotter, R.G. (1994). Toxicology of mycotoxins. In: Miller, J.D. & Trenholm, H.L. (Eds.), *Mycotoxins in Grain: Compounds other than Aflatoxin*. Eagan Press, St. Paul: 359-404.

Reis, E.M. (1990). Integrated disease management- The changing concepts of controlling head blight and spot blotch. In: Saunders, D.A. (Ed.). *Wheat for the Nontraditional Warm Areas. Proceedings of International Conference*. CIMMYT, Mexico, D. F.: 165-177.

Samuels, R., Lieck, F. & Nirenberg, H. I. (1999). *Trichoderma asperellum*. *Sydowia*, 51 (1): 81. Tilgjengelig fra: <http://genome.jgi.doe.gov/Trias1/Trias1.home.html> (lest 04.01.2013).

Sarrocco, S., Matarese, F., Moretti, A., Haidukowski, M. & Vannacci, G. (2012). DON on wheat crop residues effects on mycobiota as a source of potential antagonists of *Fusarium culmorum*. *Phytopathologia Mediterranea*, 51 (1): 225-235.

Schumann, G.L. & D'Arcy, C.J. (2010). *Essential Plant Pathology*. Second Edition. Minnesota U.S.A., *The American Phytopathological Society Press*. 369 s.

Skadsen, R.W. & Hohn, T. M. (2004). Use of *Fusarium graminearum* transformed with gfp to follow infection patterns in barley and Arabidopsis. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 64 (1): 45-53.

Skinnes, H., Tarkegne, Y., Dieseth, J.A. & Bjørnstad, Å. (2008). Associations Between Anther Extrusion and *Fusarium* Head Blight in European Wheat. *3rd International FHB Symposium*, Szeged, Hungary. *Cereal Research Communications*: 223-231.

Snijders, C.H.A. & Perkowski, J. (1990). Effect of head blight caused by *Fusarium culmorum* on toxin content and weight of wheat kernels. *Physiological Plant Pathology*, 80: 566-570.

Snijders, C.H.A. (1990). *Fusarium* head blight and mycotoxin contamination of wheat, a review. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 96: 187-198.

Srobarova, A., Moretti, A., *et al.* (2002). Toxigenic *Fusarium* species of Liseola section in pre-harvest maize ear rot, and associated mycotoxins in Slovakia. *European Journal of Plant Pathology*, 108 (4): 299-306.

Statistisk sentralbyrå (2009). *Jordbruksbedrifter med areal av korn- og oljevekster. Areal av de ulike kornslaga*. 1989, 1995-2007. Tilgjengelig fra:

http://www.ssb.no/emner/10/04/10/nos_jordbruk/nos_d415/tab/7.1.html

[_http://www.brodogkorn.no/fakta/korntall/](http://www.brodogkorn.no/fakta/korntall/) (lest 23.11.2012).

Statistisk sentralbyrå (2012). *Korn og oljevekster, arealer og avlinger*. Tilgjengelig fra:

<http://www.ssb.no/korn/> (lest 27. 11.2012).

Strange, R.N. & Smith, H. (1971). A fungal growth stimulant in anthers which predisposes wheat to attack by *Fusarium graminearum*. *Physiological plant pathology*, 1: 141-150.

Strange, R.N., Majer, J.R. & Smith, H. (1974). The Isolation and Identification of Choline and Betaine as the Two Major Components in Anthers and Wheat Germ That Stimulate *Fusarium graminearum* in Vitro. *Physiological Plant Pathology*, 4: 277-290.

Strange, R.N. & Smith, H. (1978). Specificity of choline and betaine as stimulants of *Fusarium graminearum*. *Transactions of British Mycological Society*, 70: 187-192.

Tamburic-Ilincic, L., Gaba, D., *et al.* (2008). Chemotypes of *Fusarium graminearum* isolates and accumulation of deoxynivalenol (DON), 15-ADON and 3-ADON in naturally infected and inoculated winter wheat in Ontario, Canada. *Cereal Research Communications*, 36: 623-624.

Torp, M., Langseth, W. (1999). Production of T-2 toxin by a *Fusarium* resembling *Fusarium poae*. *Mykopathologia*, 147: 89-96.

Torp, M. & Nirenberg, H.I. (2004). *Fusarium langsethiae* sp nov on cereals in Europe. *International Journal of Food Microbiology*, 95: 247-256.

Velluti, A., Marin, S., Bettucci, L., Ramos, A.J. & Sanchis, V. (2000). The effect of fungal competition on colonization of maize grain by *Fusarium moniliforme*, *Fusarium proliferatum* and fumonisin B-1 and zearalenone formation. *International Journal Food Microbiology*, 59: 59-66.

Vidensenteret For Landbrug (2010). *Oversigt over landsforsøgene 2010*: 392-396.

Waalwijk, C., Kastelein, P., *et al.* (2003). Major changes in *Fusarium* spp. in wheat in the Nederland. *European Journal Of Plant Pathology*, 109 (7): 743-754.

Wanyoike, M.W., Walker, F., *et al.* (2002). Relationship between virulence, fungal biomass and mycotoxin production by *Fusarium graminearum* in winter wheat head blight. *Zeitschrift Fur Pflanzenkrankheiten Und Pflanzenschutz-Journal of Plant Diseases and Protection*, 109 (6): 589-600.

Wiese, M.V. (1987). *Compendium of wheat diseases*. St. Paul, Minnesota, ASP Press.

Windels, C.E., Windels, M.B. & Kommedahl, T. (1976). Association of *Fusarium* species with picnicbeetles on corn ears. *Phytopathology*, 66: 328-331.

Xu, X.M., Parry, D.W., *et al.* (2005). Predominance and association of pathogenic fungi causing *Fusarium* ear blight in wheat in four European countries. *European Journal of Plant Pathology*, 112 (2): 143-154.

Xu, X.M., Nicholson, P. & Ritieni, A. (2007). Effect of fungal interactions among *Fusarium* head blight pathogens on disease development and mycotoxin accumulation. *International Journal Food Microbiology*, 119: 67-71.

Xu, X.M., Nicholson, P., *et al.* (2008). Relationship between the fungal complex causing *Fusarium* head blight of wheat and environmental conditions. *Phytopathology*, 98 (1): 69-78.

Yara (2012). *Knowledge grows*. Tilgjengelig fra:

http://www.yara.no/fertilizer/Fertilzer_range/foliar_spray/index.aspx (lest 15.12.2012).

Vedlegg

Vedlegg 1: Oppskrifter

SNA(Spezieller Nährstoffarmer Agar)

Ingredienser:

-1l destilert vann

-1.0g KH_2PO_4

-0.5g $\text{Mg SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$

-0.5g K Cl

-0.2g Glukose

-0.2g Sukrose

-20g Agar

Fremgangsmåte:

Bland stoffene med destillert vann og autoklaver.

Vannagar(WA)

Ingredienser:

-1l destillert vann

-20g agar

Fremgangsmåte:

Bland vann og agar. Autoklaver i 20 minutter.

PDA (Potato Dextrose Agar)

Ingredienser:

-250g poteter (vasket og kjært i terninger)

-500 ml destillert vann

-20g dextrose

-15g agar

Fremgangsmåte:

Kok potetene til de er myke. Fyll dextrose og vann i en flaske og rist dette. Bland deretter inn potetene og fyll på agar og vann til volumet blir 1l. Autoklaver i 20 minutter.

CZID (Czapek Iprodione Dichloran agar)

Ingredienser:

-35.0g Czapek Dox Broth

-8,0g agar

-1.0 ml Dikloran oppløsning (DS)

-1.0 ml kloramfenicol oppløsning (CA)

-1.0 ml Trace metal oppløsning (TM)

-1000 ml destillert vann

Etter autoklaving og oppvarming til 55 °C, tilsettes:

-10 ml Klortetracycline oppløsning

-1.0 ml Iprodion suspension

-1.125 mg fenpropimorf/1000 ml (3 mg Tilt Top/1000 ml)

Dikloran oppløsning (DS):

-0,20 g Dikloran

-100 mg etanol (96 %)

Fremgangsmåte:

Stoffene veies og helles i en glassflaske og tilsettes destillert vann til det ønskede volumet. Flasken autoklaveres med lokk for 30 minutter i 121°C. Etter autoklaving, skal mediet avkjøles igjen til 50-55°C før tilsetning av chlortetracycline-(bredspektret antibiotikum) og Iprodione løsninger (soppmiddel) som er fremstilt og holdt i en fryser.

Den Iprodione oppløsningen skal rystes før det tilsattes substratet. Deretter helles mediet i sterile skåler under sterile betingelser med ca 20ml i hver skål. Skålene bør brukes innen to dager etter fremstilling, grunnet tapt effekt av Iprodione med tiden.

CZPD (Czapek propiconazole dichloran agar)

Ingredienser:

-35.0g Czapek Dox Broth

-8,0g agar

-1.0 ml Dikloran oppløsning (DS)

-1.0 ml kloramfenicol oppløsning (CA)

-1.0 ml Trace metal oppløsning (TM)

-1000 ml destillert vann

Etter autoklaving og oppvarming til 55°C, tilsettes:

-10 ml Klortetracycline oppløsning

-0,375 mg propiokonazole/1000 ml

-1.125 mg fenpropimorf/1000 ml (3 mg Tilt Top/1000 ml)

Dikloran oppløsning (DS):

-0,20 g Dikloran

-100 mg etanol (96 %)

Fremgangsmåte:

Det er samme fremgangsmåte for å lage CZPD-medium som CZID-medium som er beskrevet ovenfor. CZPD-medium er en modifisert utgave av CZID-medium, men CZPD-medium har propiokonazole i seg i stedet for Iprodion suspension som finnes i CZID-medium. Den nye ingrediensen (propiokonazol) i CZPD-medium, fører til en bedre holdbarhet hos CZPD-medier enn CZID-medier.

Vedlegg 2: Opplysninger om feltforsøket og ulike behandlinger

Feltforsøksopplysninger med dato og behandlinger.

Dato	Behandlinger
11/05/2011	Sprøyting før såing av ledd nr. 9, 10 og 11
11/05/2011	Såing ubeiset Ingeborg (kultursort)
11/05/2011	Gjødsling 52 kg med 22-3-10
10/06/2011	Ugrassprøytet med Ally Class 2,5 g
21/06/2011	Sprøytet led 8
11/07/2011	Samlet halmrester. Rute 202, 206, 208, 104, 113 og 114.
11/07/2011	Ingen tegn til sykdom i feltet. Gjentak nr. 2 er klart dårligere enn gjentak nr. 1. Rute nr. 214 lider litt av dårlige forhold.
15/07/2011	Sprøytet ledd nr. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 og 9.
16/08/2011	Registrert sykdom
09/09/2011	Høstet

Felt og kultur opplysninger.

Forsøksring:	Solør-Odal Landbruksrådgivning
Forkultur:	Bygg
Kulturart og sort:	Havre, Ingeborg
Jordart:	Silt
Jordarbeiding:	Fortrinnsvis harving

Behandlingstidspunkt.

Ledd	Behandlinger	Etter Jordarbeiding/ før såing	v/ ugrassprøyting	v/ aksskyting Z55	På stubb høst 2011
1	Ubehandlet kontroll	-	-	-	-
2	Proline (full dose)			X	
3	Proline (red dose)			X	
4	Proline X Delaro			X	
5	Resistim			X	
6	Resistim x Proline			X	
7	Trifender			X	
8	Erntemax		X	X	
9	Agrinos HYT A, B og C	X		X	
10	Biowish Crop	X			
11	Trifender	X			

Aktuelle behandlinger med ledd nummer i feltforsøk 2011.

Ledd nummer	Behandlinger	Behandlingstidspunkt	Analyse av <i>Fusarium</i>	Analyse av mykotoksiner
1	Ubehandlet kontroll	----	i halm/stubb og korn 2011	I høstet korn
2	Proline (full dose)	ved aksskyting (z55)	I høsta korn år 2011	I høstet korn
3	Proline (red dose)	ved aksskyting (z55)	I høsta korn år 2011	I høstet korn
4	Proline X Delaro	ved aksskyting (z55)	I høsta korn år 2011	I høstet korn
5	Resistim	ved aksskyting (z55)	I høsta korn år 2011	I høstet korn
6	Resistim x Proline	ved aksskyting (z55)	I høsta korn år 2011	I høstet korn
7	Trifender	ved aksskyting (z55)	I høsta korn år 2011	I høstet korn
8	Erntemax	ved ugrassprøyting + ved aksskyting (z55)	I høsta korn år 2011	I høstet korn
9	Agrinos HYT A, B og C	Før såing + ved aksskyting (z55)	I høsta korn år 2011	I høstet korn
10	Biowish Crop	Etter jordarbeiding, før såing vår	I halm/stubb ved aksskyting 2011	I høstet korn
11	Trifender	Etter jordarbeiding, før såing vår	I halm/stubb ved aksskyting 2011	I høstet korn

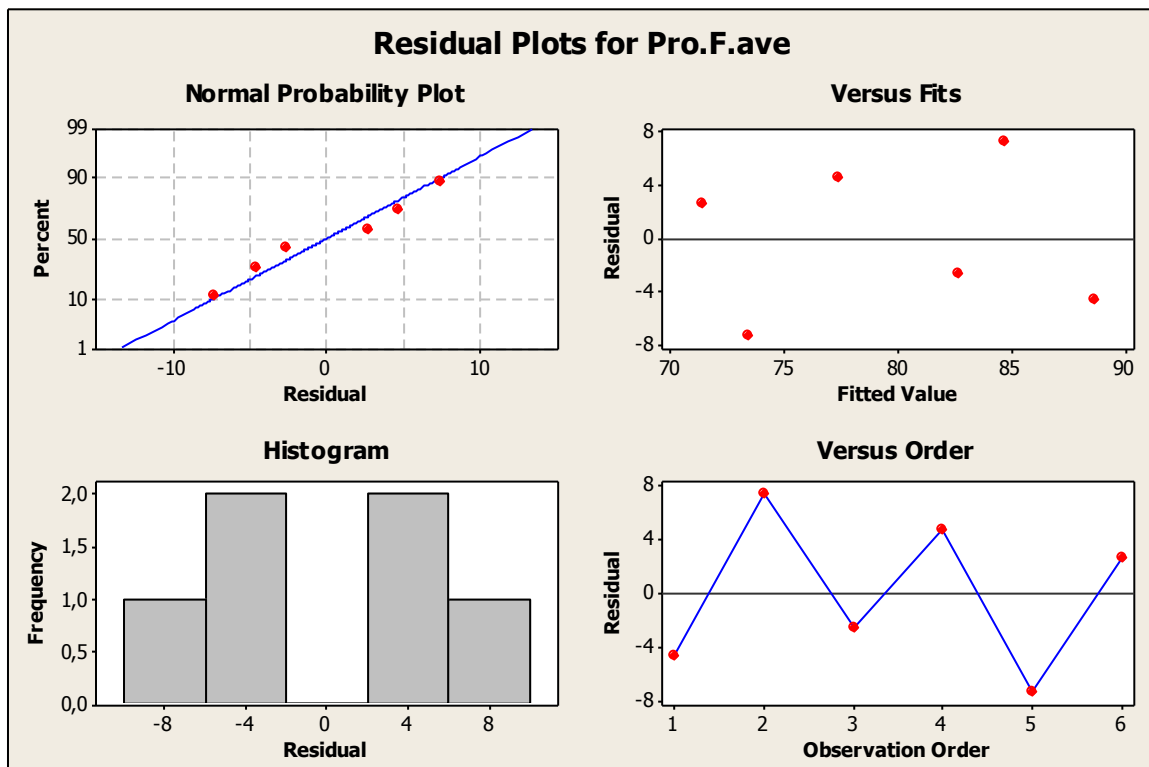
Dosering av ulike behandlinger (ml/daa).

Ledd	Behandlinger	Preparat ml/daa	Veskemengde l/da
1	Ubehandlet kontroll
2	Proline (full dose)	80	25
3	Proline (red dose)	60	25
4	Proline X Delaro	25 Proline +50 Delaro	25
5	Resistim	2500 ml	50 l/daa
6	Resistim x Proline	2500 ml Resistim + 60 ml Proline.	50 l/daa
7	Trifender	100 g/daa	50 l/daa
8	Erntemax	300 ml/daa ved/sammen med ugrassprøyting + 300 ml/daa i blomstringa	25 l/daa
9	Agrinos HYT A+B+	0,2 HYT A + 0,4 HYT B + 0,1 HYT C /daa 0,1 HYT A + 0,1 HYT B + 0,05 HYT C /daa	25 l/daa
10	Biowish Crop	Biowish Crop 30g/daa.	25 l/daa.
11	Trifender	100 g/daa	50 l/daa

Vedlegg 3: Opplysninger om minitabanalyse

Planterester:

F.avenaceum mot behandling



General Linear Model: Pro.F.ave versus Behandling nummer:_1

Factor	Type	Levels	Values
Behandling nummer:_1	fixed	3	1; 10; 11

Analysis of Variance for Pro.F.ave, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Behandling nummer:_1	2	37,33	37,33	18,67	0,23	0,816
gjentak.	1	192,67	192,67	192,67	2,33	0,266
Error	2	165,33	165,33	82,67		
Total	5	395,33				

S = 9,09212 R-Sq = 58,18% R-Sq(adj) = 0,00%

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	96,67	11,74	8,24	0,014
gjentak.	-11,333	7,424	-1,53	0,266

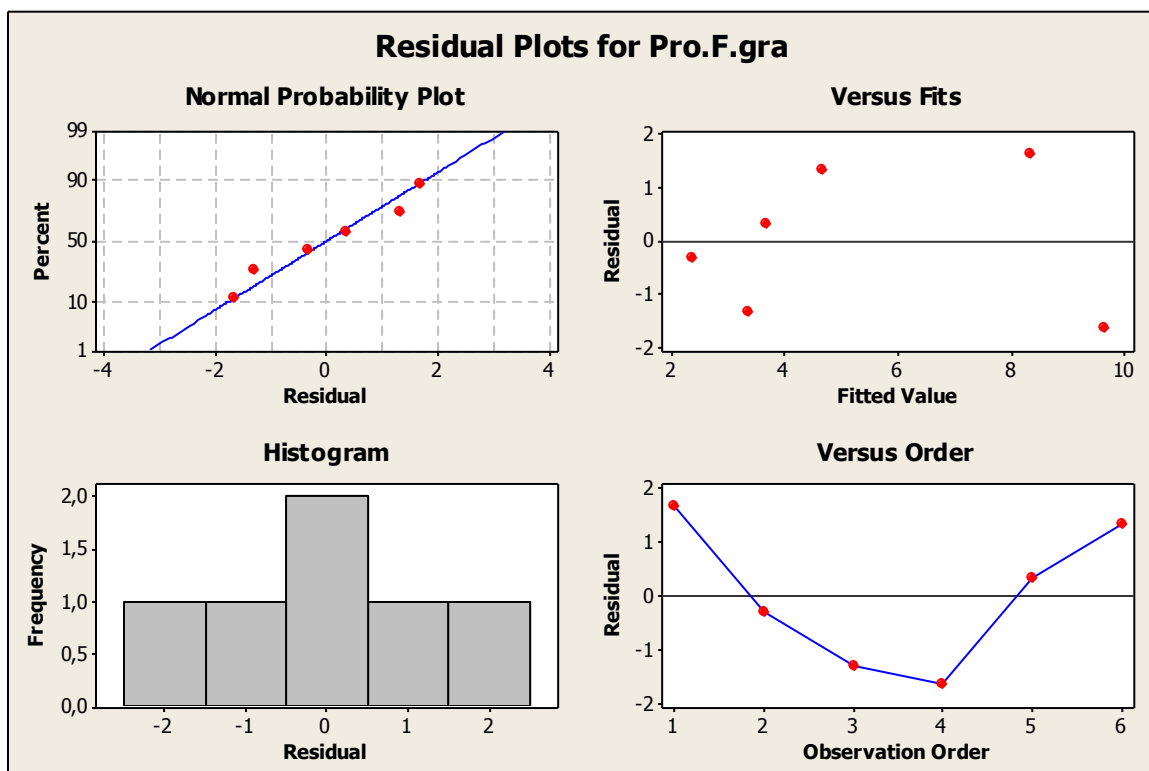
Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Behandling nummer:_1	N	Mean	Grouping
1	2	83,00	A
10	2	79,00	A
11	2	77,00	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Residual Plots for Pro.F.ave

F. graminearum mot behandling:



General Linear Model: Pro.F.gra versus Behandling nummer:_1

Factor	Type	Levels	Values
Behandling nummer:_1	fixed	3	1; 10; 11

Analysis of Variance for Pro.F.gra, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Behandling nummer:_1	2	41,333	41,333	20,667	4,43	0,184
gjentak.	1	2,667	2,667	2,667	0,57	0,529
Error	2	9,333	9,333	4,667		
Total	5	53,333				

S = 2,16025 R-Sq = 82,50% R-Sq(adj) = 56,25%

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	3,333	2,789	1,20	0,355
gjentak.	1,333	1,764	0,76	0,529

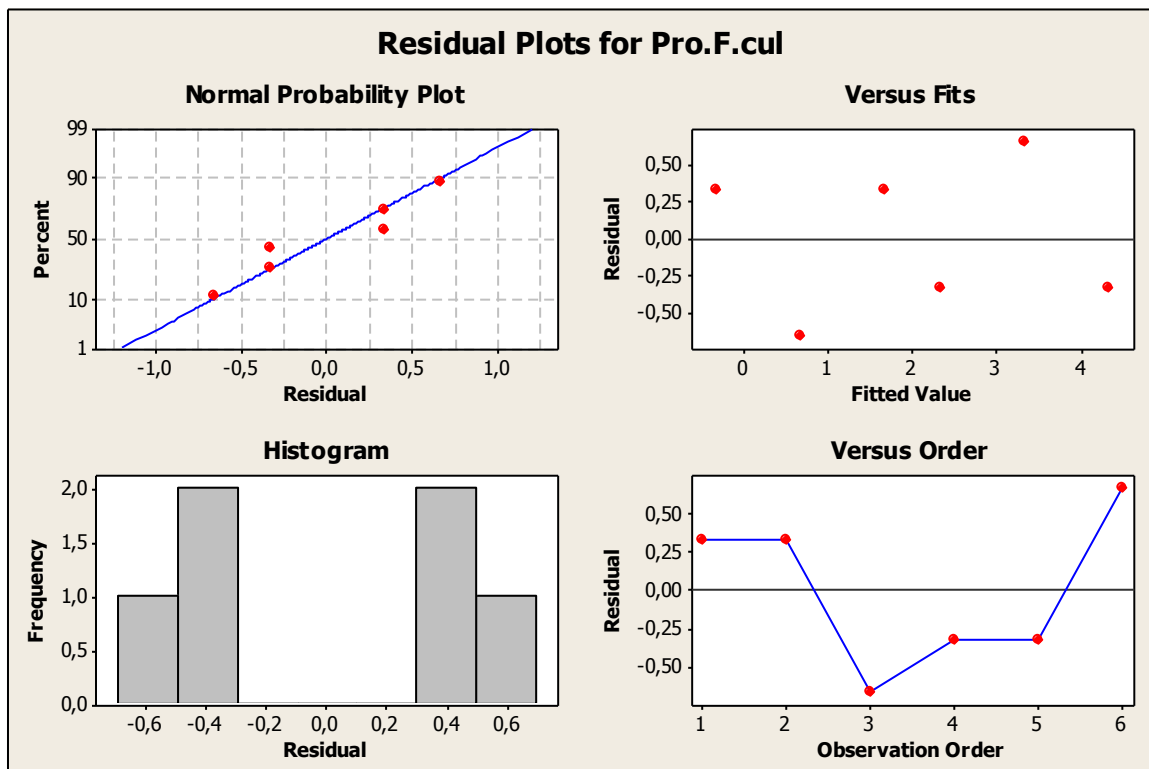
Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Behandling	number:_1	N	Mean	Grouping
	1	2	9,000	A
	11	2	4,000	A
	10	2	3,000	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Residual Plots for Pro.F.gra

F. cul mot behandling:



General Linear Model: Pro.F.gra versus Behandling nummer:

Factor	Type	Levels	Values
Behandling nummer:	fixed	3	1; 10; 11

Analysis of Variance for Pro.F.gra, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Behandling nummer:	2	41,333	41,333	20,667	5,17	0,107
Error	3	12,000	12,000	4,000		
Total	5	53,333				

S = 2 R-Sq = 77,50% R-Sq(adj) = 62,50%

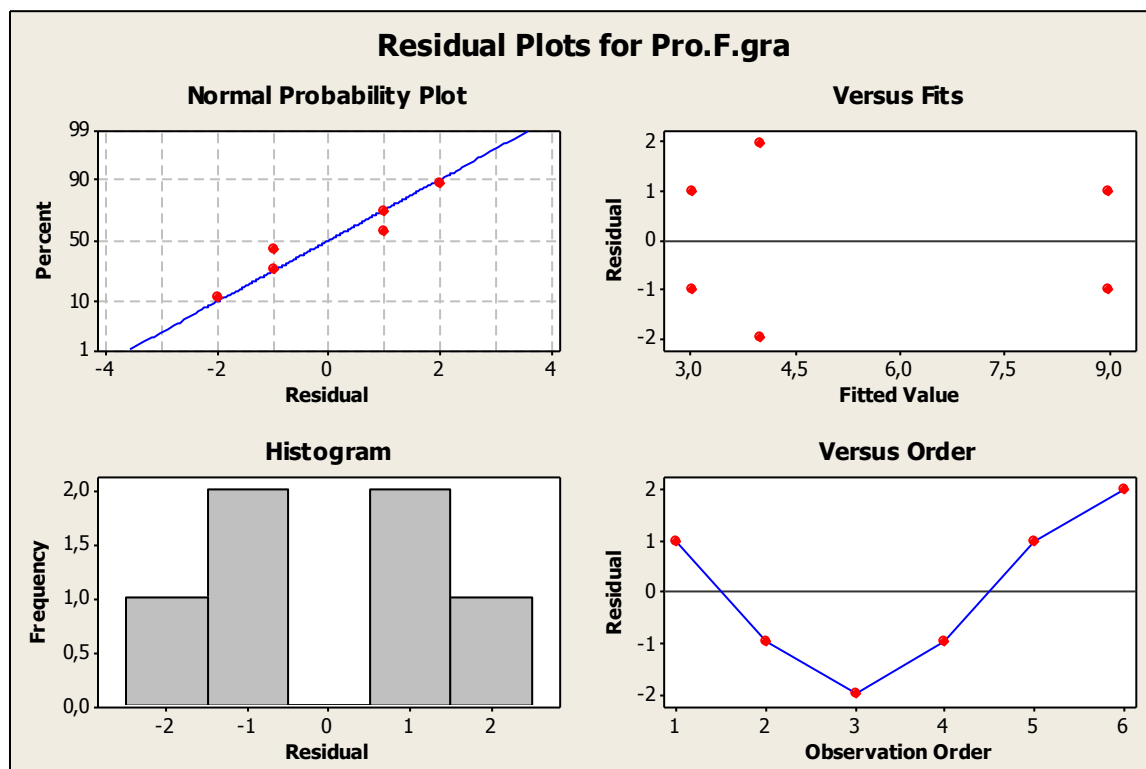
Grouping Information Using Tukey Method and 90,0% Confidence

Behandling

nummer:	N	Mean	Grouping
1	2	9,000	A
11	2	4,000	A
10	2	3,000	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Residual Plots for Pro.F.gra



General Linear Model: Pro.F.gra versus Behandling nummer:

Factor	Type	Levels	Values
Behandling nummer:	fixed	3	1; 10; 11

Analysis of Variance for Pro.F.gra, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Behandling nummer:	2	41,333	41,333	20,667	5,17	0,107
Error	3	12,000	12,000	4,000		
Total	5	53,333				

S = 2 R-Sq = 77,50% R-Sq(adj) = 62,50%

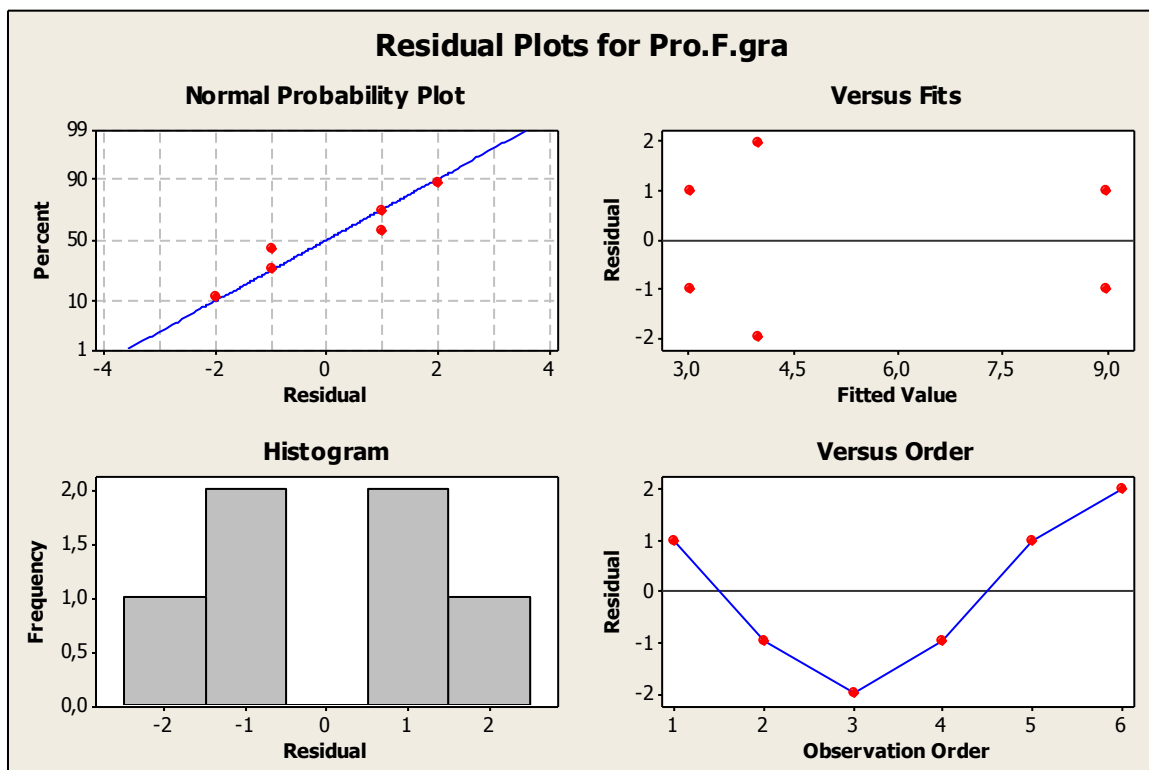
Grouping Information Using Tukey Method and 85,0% Confidence

Behandling

nummer:	N	Mean	Grouping
1	2	9,000	A
11	2	4,000	A B
10	2	3,000	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Residual Plots for Pro.F.gra



General Linear Model: Pro.F.cul versus Behandling nummer:_1

Factor	Type	Levels	Values
Behandling nummer:_1	fixed	3	1; 10; 11

Analysis of Variance for Pro.F.cul, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Behandling nummer:_1	2	4,0000	4,0000	2,0000	3,00	0,250
gjentak.	1	10,6667	10,6667	10,6667	16,00	0,057
Error	2	1,3333	1,3333	0,6667		
Total	5	16,0000				

S = 0,816497 R-Sq = 91,67% R-Sq(adj) = 79,17%

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-2,000	1,054	-1,90	0,198
gjentak.	2,6667	0,6667	4,00	0,057

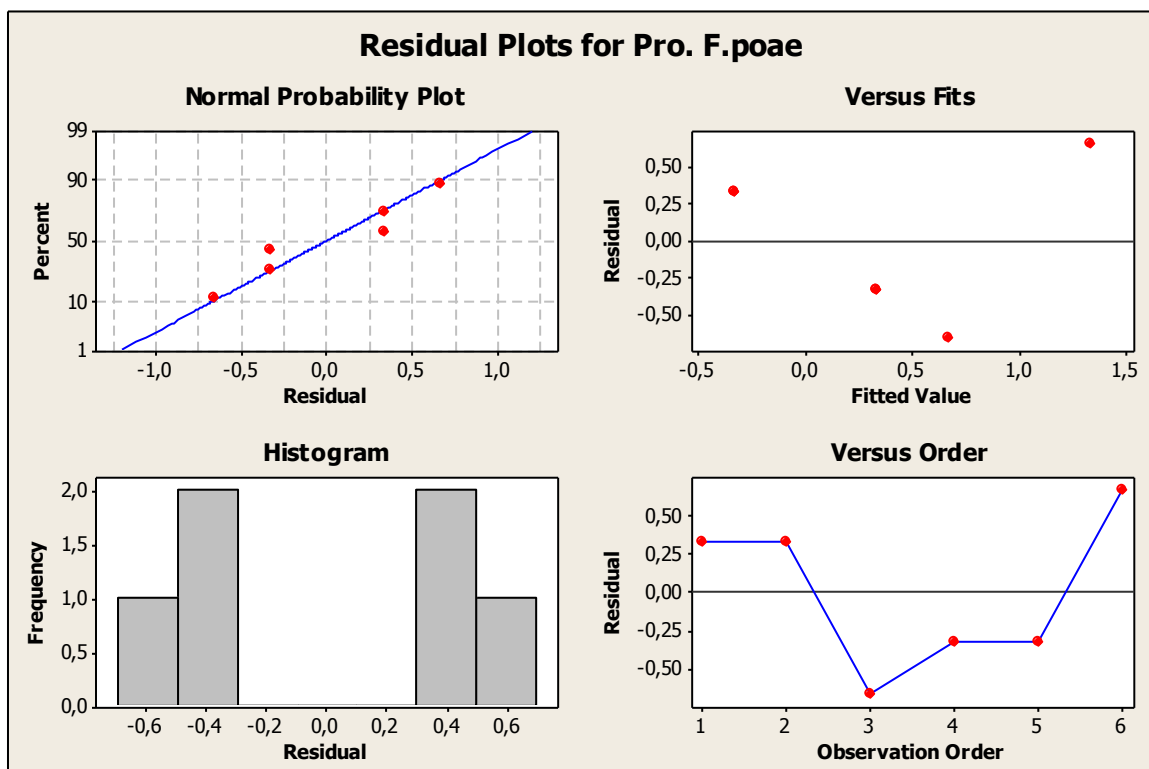
Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Behandling	number:_1	N	Mean	Grouping
	1	2	3,000	A
	11	2	2,000	A
	10	2	1,000	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Residual Plots for Pro.F.cul

F. poae mot behandling:



General Linear Model: Pro. F.poe versus Behandling number:_1

Factor	Type	Levels	Values
Behandling number:_1	fixed	3	1; 10; 11

Analysis of Variance for Pro. F.poe, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Behandling number:_1	2	1,3333	1,3333	0,6667	1,00	0,500
gjentak.	1	0,6667	0,6667	0,6667	1,00	0,423
Error	2	1,3333	1,3333	0,6667		
Total	5	3,3333				

S = 0,816497 R-Sq = 60,00% R-Sq(adj) = 0,00%

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-0,667	1,054	-0,63	0,592
gjentak.	0,6667	0,6667	1,00	0,423

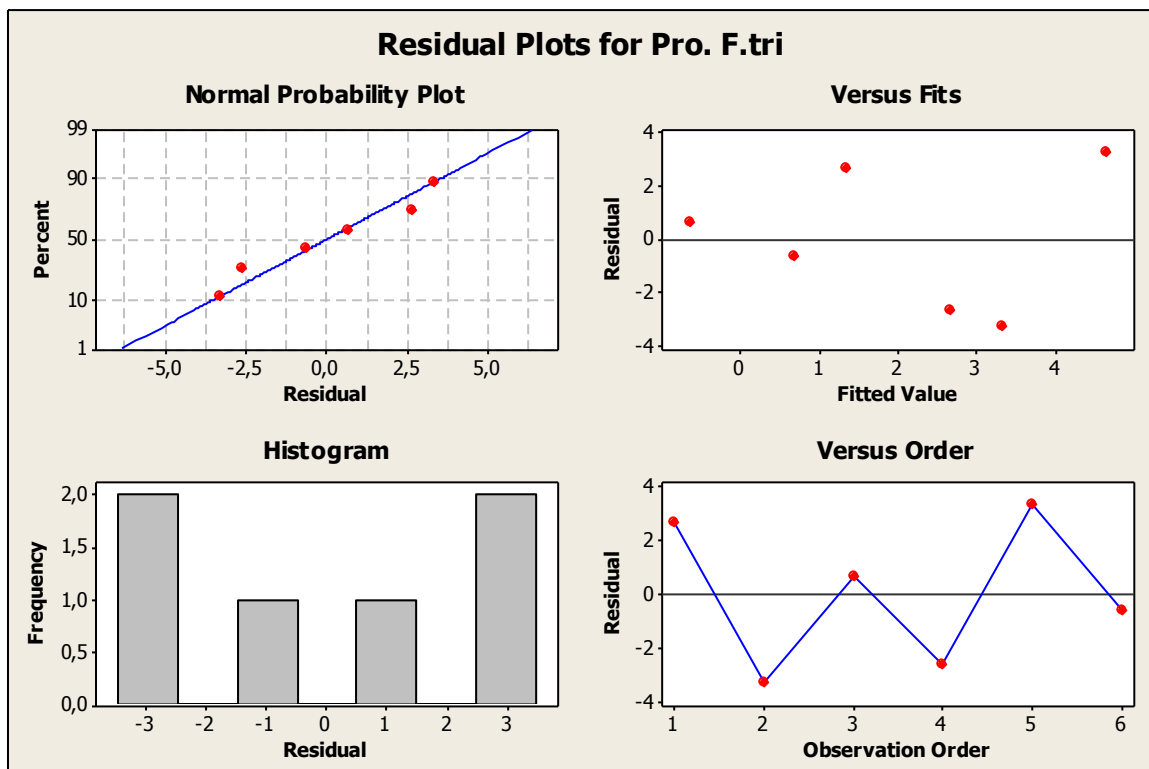
Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Behandling nummer:_1	N	Mean	Grouping
11	2	1,00000	A
10	2	0,00000	A
1	2	-0,00000	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Residual Plots for Pro. F.poae

F. tri mot behandling:



General Linear Model: Pro. F.tri versus Behandling nummer:_1

Factor	Type	Levels	Values
Behandling nummer:_1	fixed	3	1; 10; 11

Analysis of Variance for Pro. F.tri, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Behandling nummer:_1	2	16,00	16,00	8,00	0,43	0,700
gjentak.	1	2,67	2,67	2,67	0,14	0,742

Error 2 37,33 37,33 18,67
 Total 5 56,00

S = 4,32049 R-Sq = 33,33% R-Sq(adj) = 0,00%

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,000	5,578	0,00	1,000
gjentak.	1,333	3,528	0,38	0,742

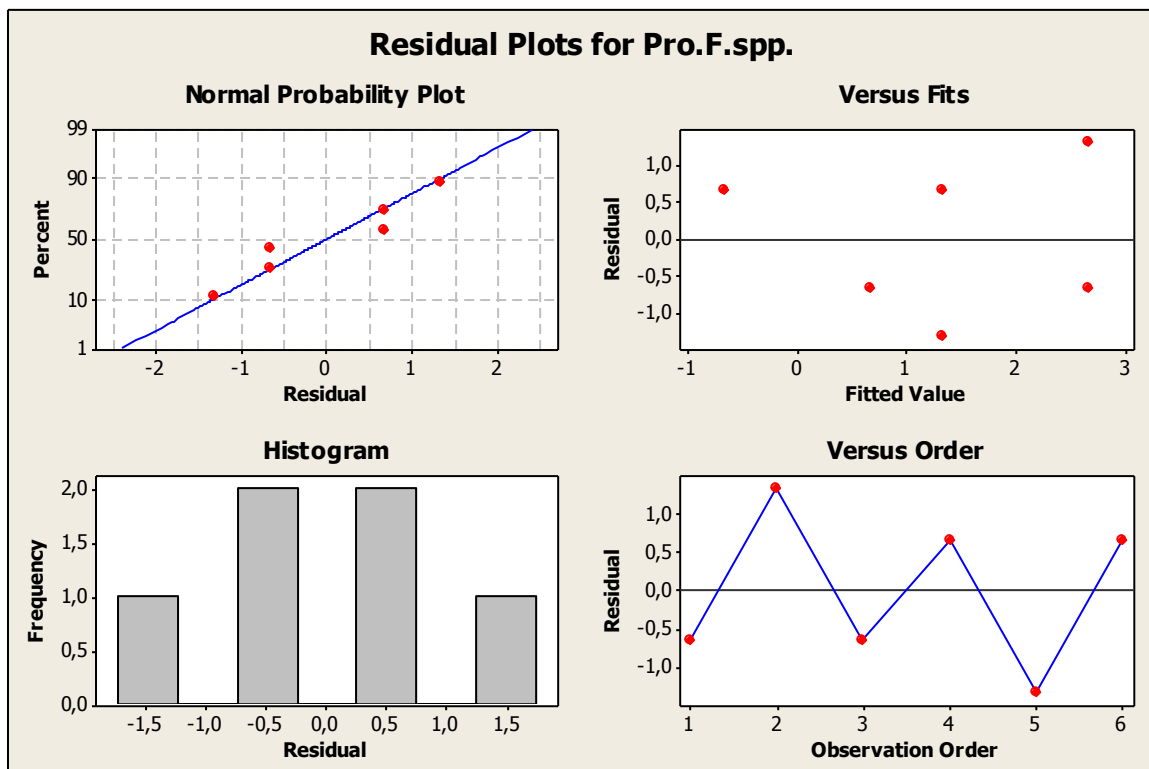
Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Behandling	number:_1	N	Mean	Grouping
10	2	2	4,00000	A
1	2	2	2,00000	A
11	2	2	-0,00000	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Residual Plots for Pro. F.tri

F. spp mot behandling:



General Linear Model: Pro.F.spp. versus Behandling nummer:_1

Factor	Type	Levels	Values
Behandling nummer:_1	fixed	3	1; 10; 11

Analysis of Variance for Pro.F.spp., using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Behandling nummer:_1	2	5,333	5,333	2,667	1,00	0,500
gjentak.	1	2,667	2,667	2,667	1,00	0,423
Error	2	5,333	5,333	2,667		
Total	5	13,333				

S = 1,63299 R-Sq = 60,00% R-Sq(adj) = 0,00%

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	3,333	2,108	1,58	0,255
gjentak.	-1,333	1,333	-1,00	0,423

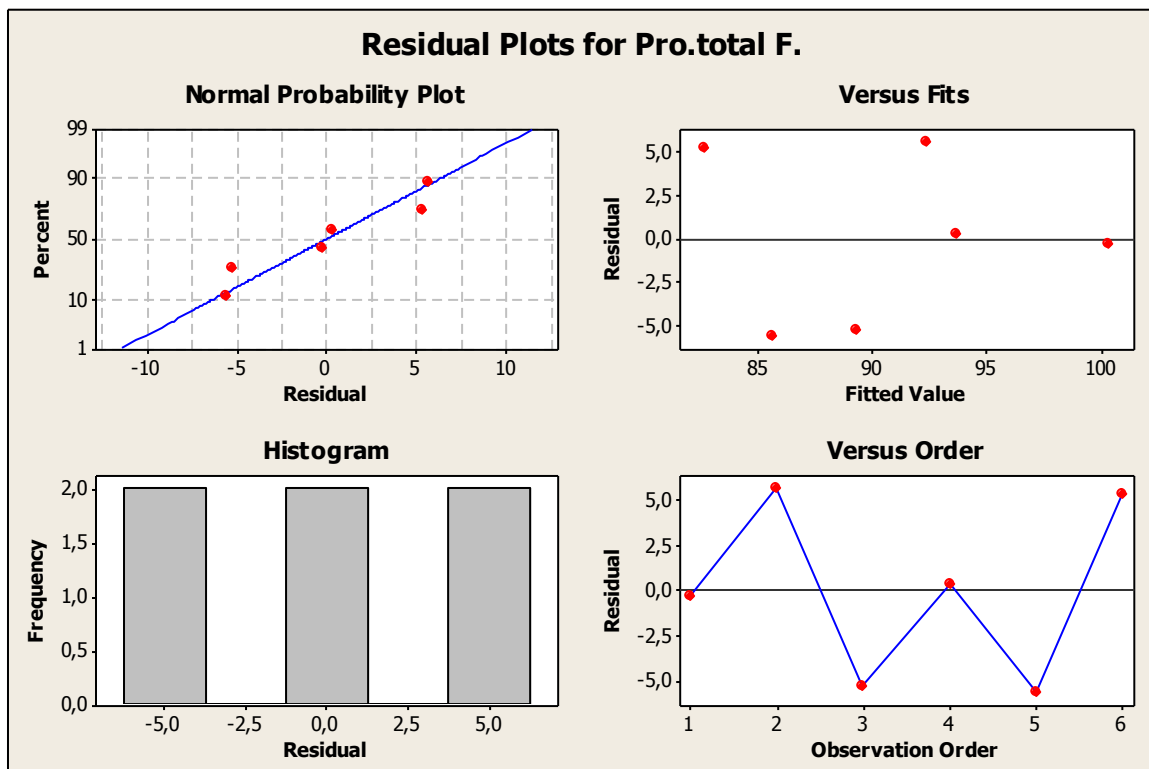
Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Behandling nummer:_1	N	Mean	Grouping
11	2	2,00000	A
10	2	2,00000	A
1	2	-0,00000	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Residual Plots for Pro.F.spp.

F. totalt mot behandling:



General Linear Model: Pro.total F. versus Behandling nummer:_1

Factor	Type	Levels	Values
Behandling nummer:_1	fixed	3	1; 10; 11

Analysis of Variance for Pro.total F., using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Behandling nummer:_1	2	129,33	129,33	64,67	1,07	0,484
gjentak.	1	66,67	66,67	66,67	1,10	0,405
Error	2	121,33	121,33	60,67		
Total	5	317,33				

S = 7,78888 R-Sq = 61,76% R-Sq(adj) = 4,41%

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	100,67	10,06	10,01	0,010
gjentak.	-6,667	6,360	-1,05	0,405

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Behandling nummer:_1	N	Mean	Grouping
1	2	97,00	A
10	2	89,00	A
11	2	86,00	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Residual Plots for Pro.total F.

Havrekorn:

General Linear Model: F ave. versus Behandling nummer

Factor	Type	Levels	Values
Behandling nummer	fixed	11	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11

Analysis of Variance for F ave., using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Behandling nummer	10	1684,27	1684,27	168,43	2,16	0,121
Gjentakelse	1	454,55	454,55	454,55	5,82	0,036
Error	10	780,45	780,45	78,05		
Total	21	2919,27				

S = 8,83433 R-Sq = 73,27% R-Sq(adj) = 43,86%

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	39,182	5,956	6,58	0,000
Gjentakelse	9,091	3,767	2,41	0,036

Unusual Observations for F ave.

Obs	F ave.	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
2	49,0000	36,9545	6,5246	12,0455	2,02 R
13	34,0000	46,0455	6,5246	-12,0455	-2,02 R

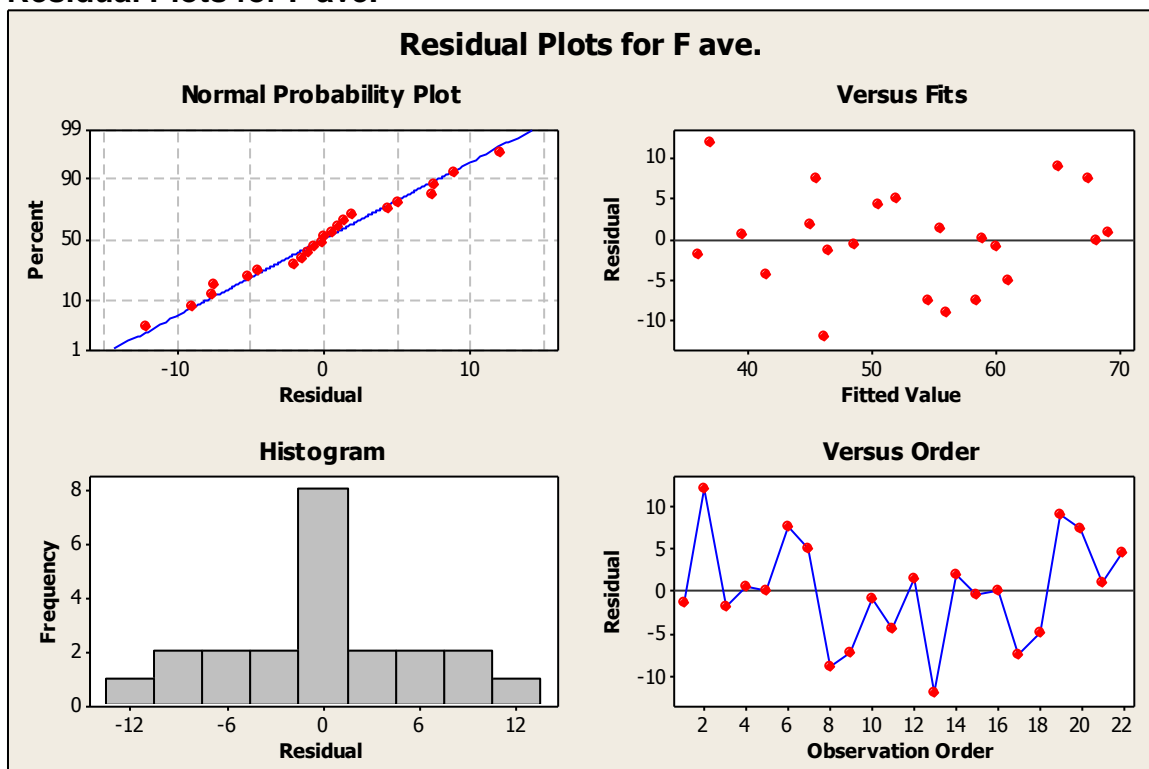
R denotes an observation with a large standardized residual.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Behandling nummer	N	Mean	Grouping
10	2	64,50	A
5	2	63,50	A
9	2	63,00	A
8	2	60,50	A
7	2	56,50	A
1	2	51,00	A
6	2	50,00	A
11	2	46,00	A
4	2	44,00	A
2	2	41,50	A
3	2	40,50	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Residual Plots for F ave.



F. gra. mot behandling:

General Linear Model: F. gra. versus Behandling nummer

Factor	Type	Levels	Values
Behandling nummer	fixed	11	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11

Analysis of Variance for F. gra., using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Behandling nummer	10	1880,45	1880,45	188,05	1,92	0,159
Gjentakelse	1	62,23	62,23	62,23	0,64	0,444
Error	10	978,27	978,27	97,83		

Total 21 2920,95

S = 9,89077 R-Sq = 66,51% R-Sq(adj) = 29,67%

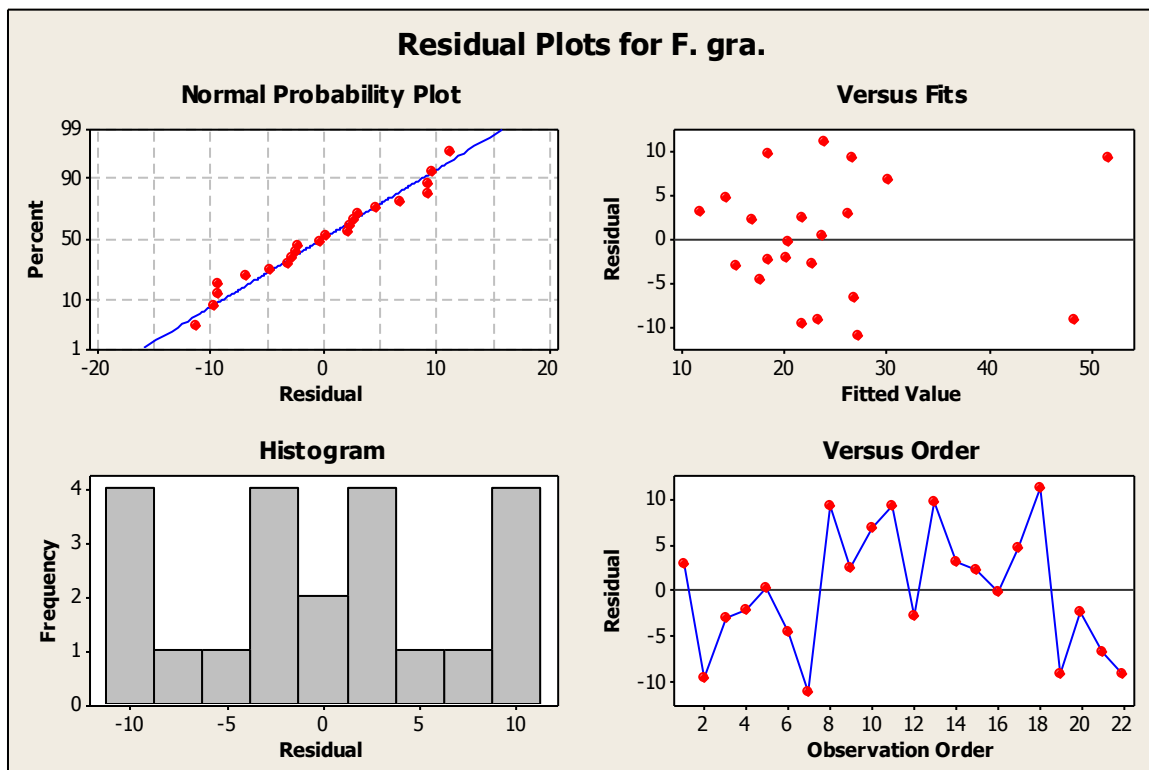
Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	29,000	6,668	4,35	0,001
Gjentakelse	-3,364	4,217	-0,80	0,444

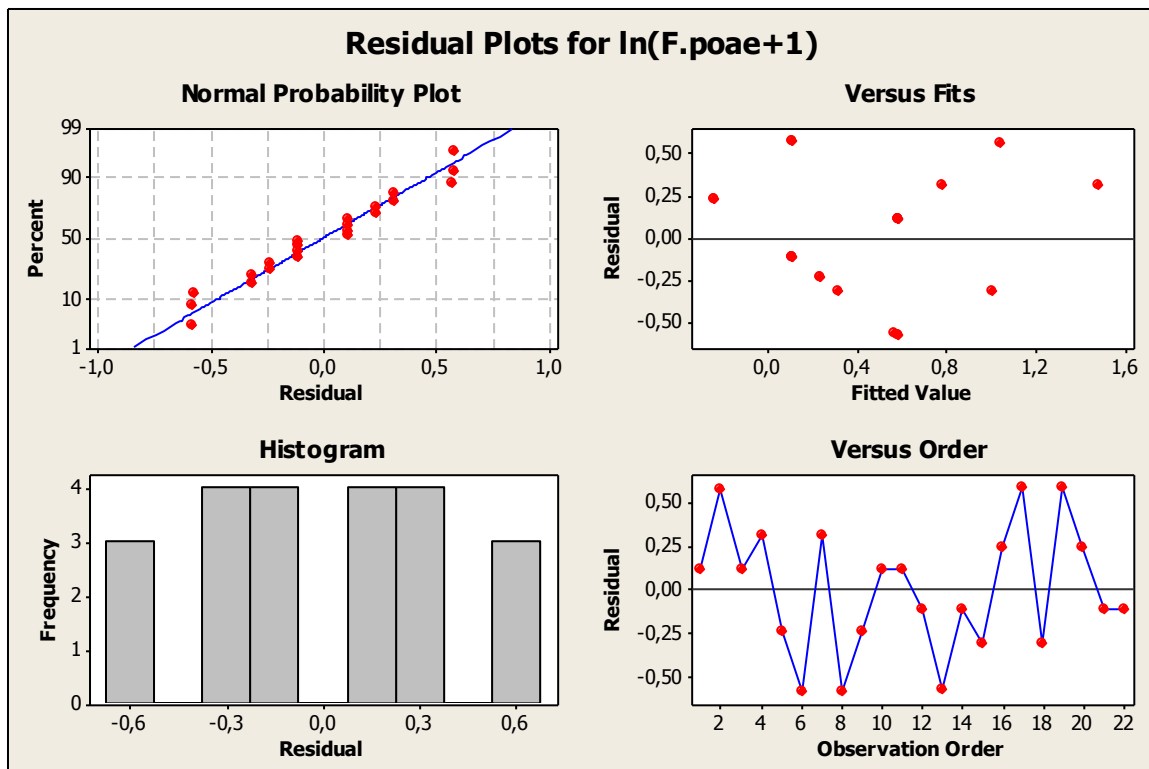
Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Behandling nummer	N	Mean	Grouping
11	2	50,00	A
10	2	28,50	A
7	2	25,50	A
8	2	25,00	A
1	2	24,50	A
5	2	22,00	A
9	2	20,00	A
2	2	20,00	A
4	2	18,50	A
6	2	16,00	A
3	2	13,50	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Residual Plots for F. gra.





General Linear Model: $\ln(F.poa+1)$ versus Behandling nummer; Gjentak

Factor	Type	Levels	Values
Behandling nummer	fixed	11	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11
Gjentak	fixed	2	1; 2

Analysis of Variance for $\ln(F.poa+1)$, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Behandling nummer	10	2,4520	2,4520	0,2452	0,90	0,563
Gjentak	1	1,2258	1,2258	1,2258	4,51	0,060
Error	10	2,7177	2,7177	0,2718		
Total	21	6,3955				

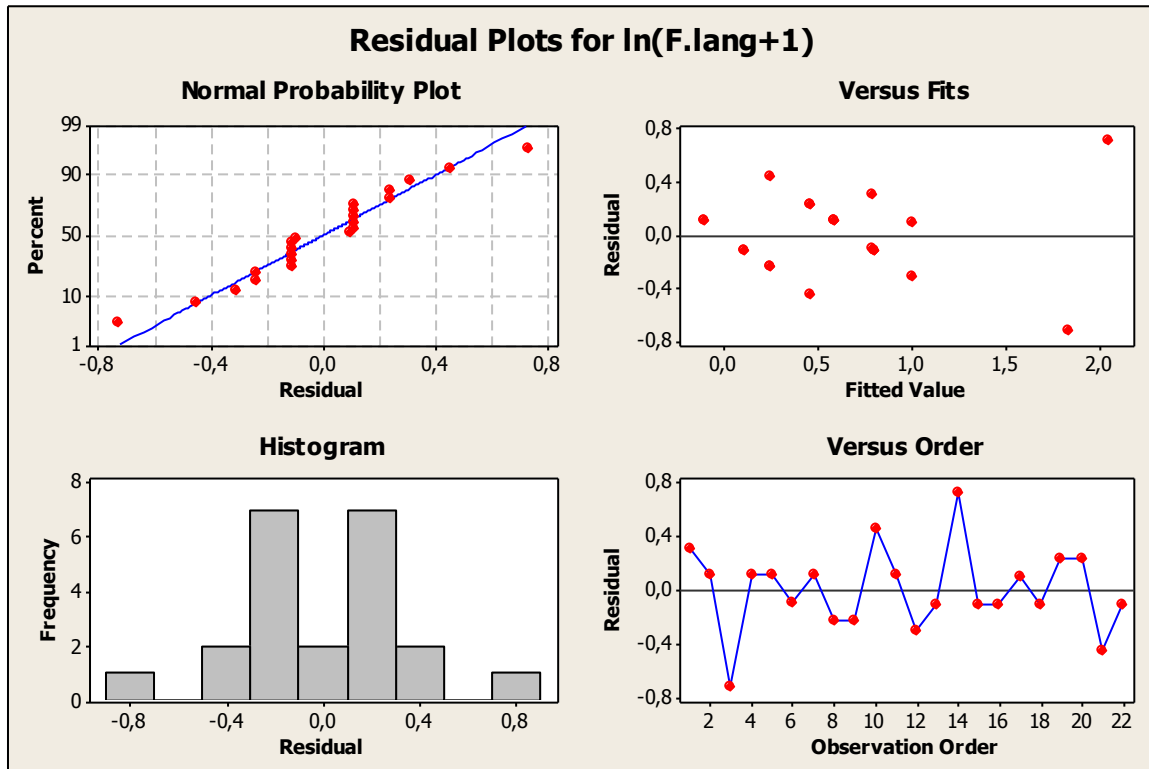
S = 0,521315 R-Sq = 57,51% R-Sq(adj) = 10,76%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Behandling nummer	N	Mean	Grouping
4	2	1,24245	A
2	2	0,80472	A
7	2	0,54931	A
8	2	0,34657	A
6	2	0,34657	A
11	2	0,34657	A
10	2	0,34657	A
3	2	0,34657	A
1	2	0,34657	A
5	2	0,00000	A
9	2	0,00000	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Residual Plots for $\ln(F.poa+1)$



General Linear Model: $\ln(F.lang+1)$ versus Behandling nummer; Gjentak

Factor	Type	Levels	Values
Behandling nummer	fixed	11	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11
Gjentak	fixed	2	1; 2

Analysis of Variance for $\ln(F.lang+1)$, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Behandling nummer	10	5,7842	5,7842	0,5784	2,85	0,057
Gjentak	1	0,2547	0,2547	0,2547	1,25	0,289
Error	10	2,0315	2,0315	0,2031		
Total	21	8,0704				

S = 0,450720 R-Sq = 74,83% R-Sq(adj) = 47,14%

Unusual Observations for $\ln(F.lang+1)$

Obs	$\ln(F.lang+1)$	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
3	1,09861	1,82800	0,33288	-0,72939	-2,40 R
14	2,77259	2,04320	0,33288	0,72939	2,40 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

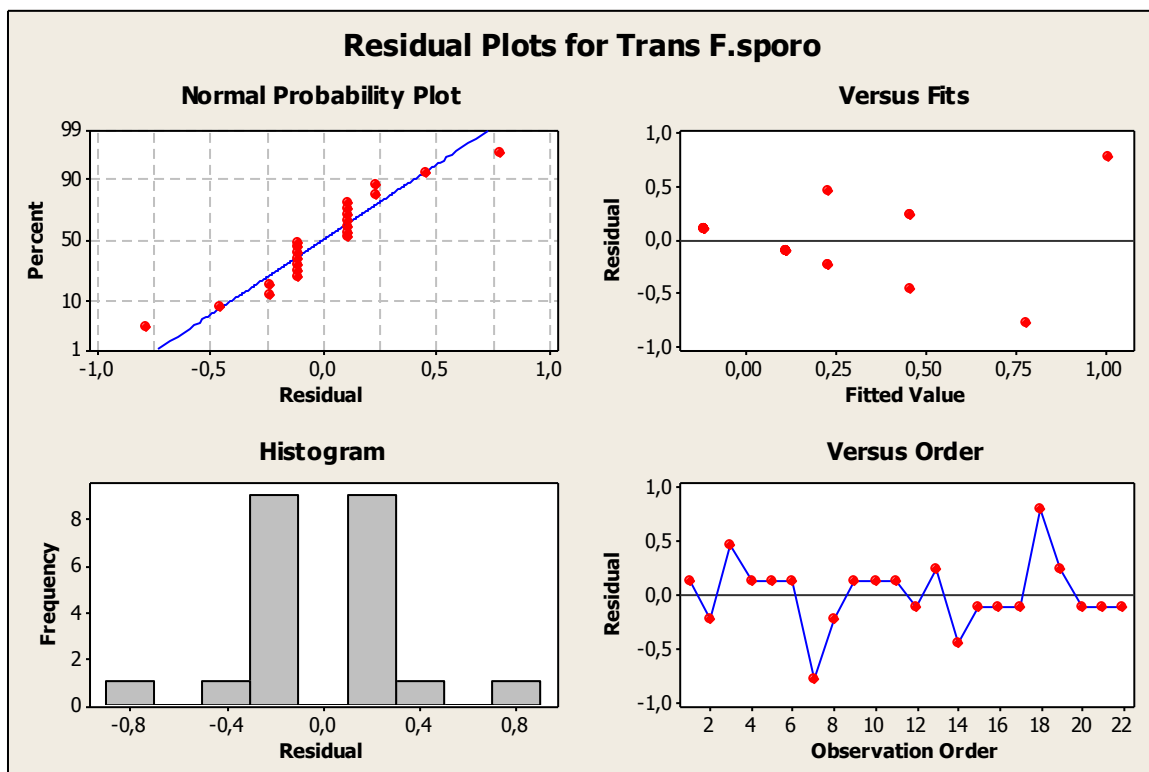
Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Behandling nummer	N	Mean	Grouping
3	2	1,93560	A
1	2	0,89588	A B
6	2	0,89588	A B
4	2	0,69315	A B
7	2	0,69315	A B
2	2	0,69315	A B
8	2	0,34657	A B
9	2	0,34657	A B
10	2	0,34657	A B
5	2	0,00000	B
11	2	0,00000	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Residual Plots for ln(F.lan+1)

Transformerte tall med BOX COX:



General Linear Model: Trans F.sporo versus Behandling nummer; Gjentak

Factor	Type	Levels	Values
Behandling nummer	fixed	11	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11
Gjentak	fixed	2	1; 2

Analysis of Variance for Trans F.sporo, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
--------	----	--------	--------	--------	---	---

Behandling nummer	10	1,6447	1,6447	0,1645	0,80	0,631
Gjentak	1	0,2807	0,2807	0,2807	1,37	0,269
Error	10	2,0452	2,0452	0,2045		
Total	21	3,9706				

S = 0,452240 R-Sq = 48,49% R-Sq(adj) = 0,00%

Unusual Observations for Trans F.sporo

Obs	Trans	F.sporo	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
7	0,00000	0,78293	0,33400	-0,78293	-2,57	R
18	1,79176	1,00883	0,33400	0,78293	2,57	R

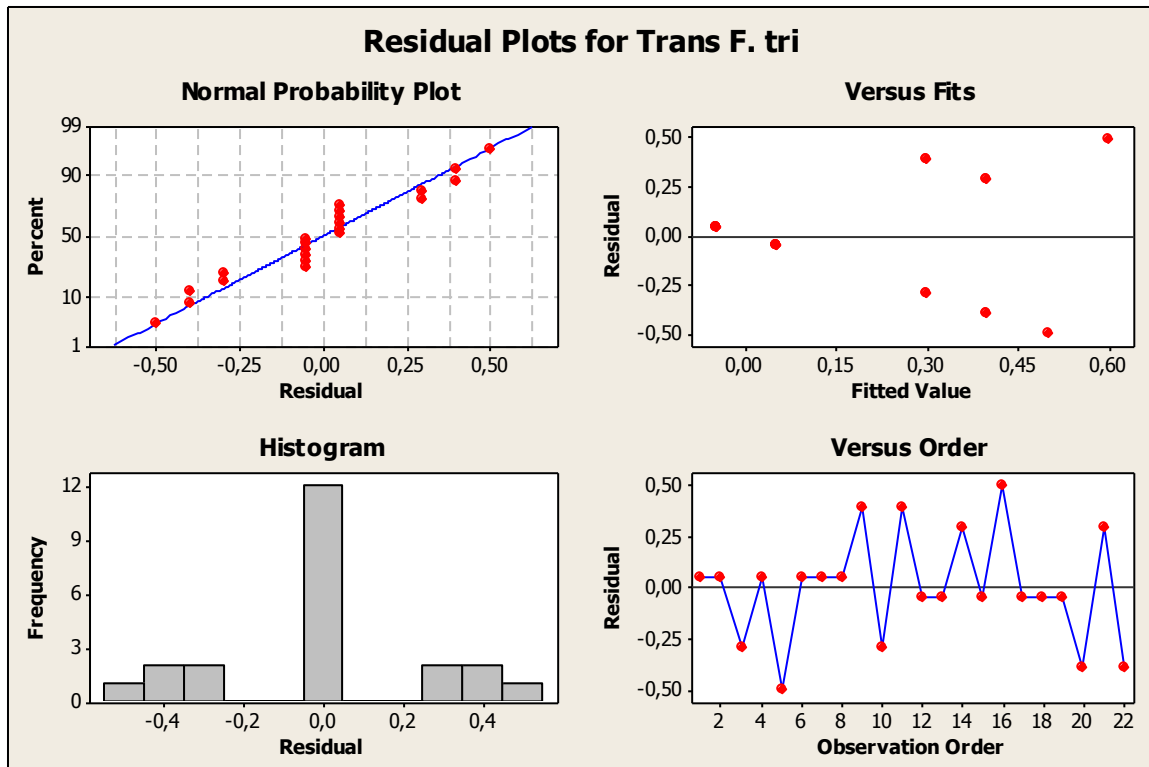
R denotes an observation with a large standardized residual.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Behandling nummer	N	Mean	Grouping
7	2	0,895880	A
3	2	0,346574	A
8	2	0,346574	A
2	2	0,346574	A
9	2	0,000000	A
4	2	0,000000	A
11	2	0,000000	A
5	2	0,000000	A
10	2	-0,000000	A
1	2	-0,000000	A
6	2	-0,000000	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Residual Plots for Trans F.sporo



General Linear Model: Trans F. tri versus Behandling nummer; Gjentak

Factor	Type	Levels	Values
Behandling nummer	fixed	11	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11
Gjentak	fixed	2	1; 2

Analysis of Variance for Trans F. tri, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Behandling nummer	10	0,8832	0,8832	0,0883	0,59	0,794
Gjentak	1	0,0549	0,0549	0,0549	0,36	0,560
Error	10	1,5095	1,5095	0,1510		
Total	21	2,4476				

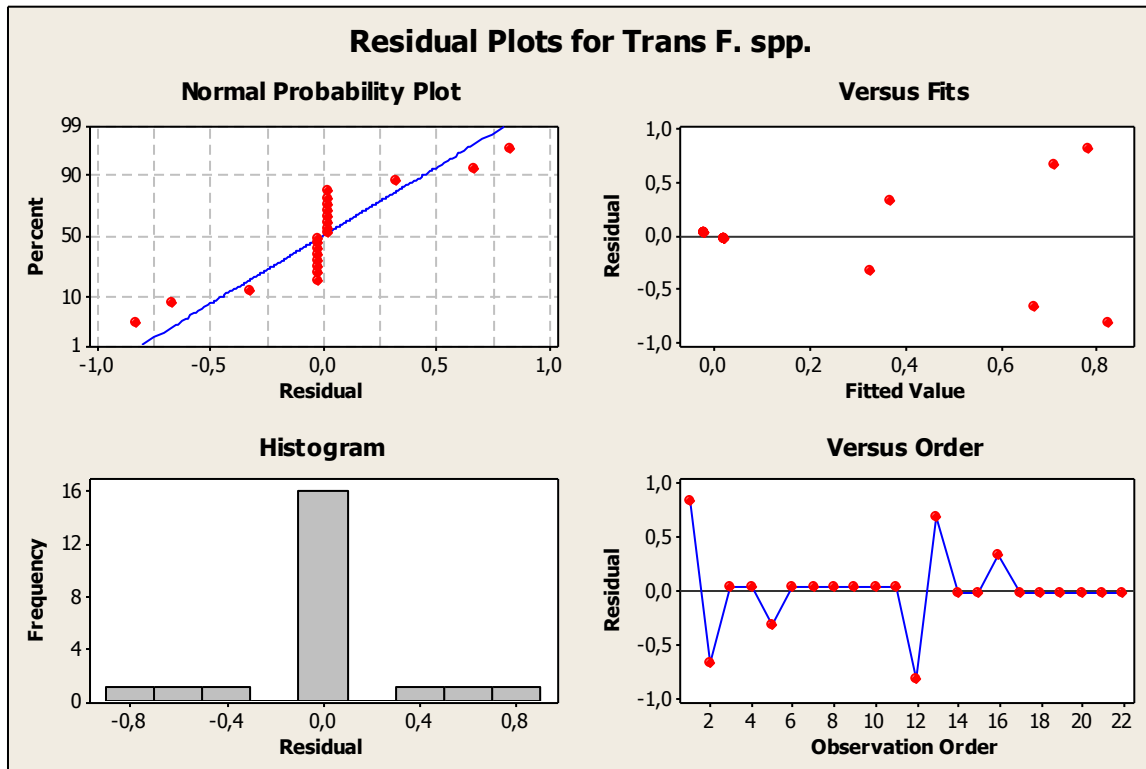
S = 0,388525 R-Sq = 38,33% R-Sq(adj) = 0,00%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Behandling nummer	N	Mean	Grouping
5	2	0,549306	A
10	2	0,346574	A
9	2	0,346574	A
3	2	0,346574	A
11	2	0,346574	A
7	2	0,000000	A
6	2	0,000000	A
8	2	0,000000	A
4	2	0,000000	A
1	2	-0,000000	A
2	2	-0,000000	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Residual Plots for Trans F. tri



General Linear Model: Trans F. spp. versus Behandling nummer; Gjentak

Factor	Type	Levels	Values
Behandling nummer	fixed	11	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11
Gjentak	fixed	2	1; 2

Analysis of Variance for Trans F. spp., using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Behandling nummer	10	1,8777	1,8777	0,1878	0,76	0,667
Gjentak	1	0,0100	0,0100	0,0100	0,04	0,845
Error	10	2,4862	2,4862	0,2486		
Total	21	4,3740				

S = 0,498622 R-Sq = 43,16% R-Sq(adj) = 0,00%

Unusual Observations for Trans F. spp.

Obs	Trans F. spp.	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
1	1,60944	0,78336	0,36826	0,82608	2,46 R
12	0,00000	0,82608	0,36826	-0,82608	-2,46 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Behandling nummer	N	Mean	Grouping

1	2	0,804719	A
2	2	0,693147	A
5	2	0,346574	A
4	2	0,000000	A
9	2	0,000000	A
7	2	0,000000	A
8	2	0,000000	A
6	2	0,000000	A
11	2	-0,000000	A
3	2	-0,000000	A
10	2	-0,000000	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Residual Plots for Trans F. spp.

Total fusarium mot behandling:

General Linear Model: Total F. versus Behandling nummer

Factor	Type	Levels	Values
Behandling nummer	fixed	11	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11

Analysis of Variance for Total F., using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Behandling nummer	10	2900,45	2900,45	290,05	4,82	0,010
Gjentakelse	1	242,23	242,23	242,23	4,02	0,073
Error	10	602,27	602,27	60,23		
Total	21	3744,95				

S = 7,76062 R-Sq = 83,92% R-Sq(adj) = 66,23%

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	70,000	5,232	13,38	0,000
Gjentakelse	6,636	3,309	2,01	0,073

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Behandling nummer	N	Mean	Grouping
11	2	97,00	A
10	2	94,50	A B
8	2	87,00	A B
5	2	87,00	A B
7	2	86,50	A B
9	2	84,00	A B
1	2	79,50	A B
6	2	68,00	A B
2	2	66,50	A B
4	2	66,00	A B
3	2	63,50	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Residual Plots for Total F.

Mykotoksin:**General Linear Model: DON Korr. µg/kg versus Gjentakelse; Beh nr**

Factor	Type	Levels	Values
Gjentakelse	random	2	1; 2
Beh nr	fixed	11	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11

Analysis of Variance for DON Korr. µg/kg, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Gjentakelse	1	1741	1741	1741	0,15	0,711
Beh nr	10	329635	329635	32963	2,76	0,062
Error	10	119381	119381	11938		
Total	21	450756				

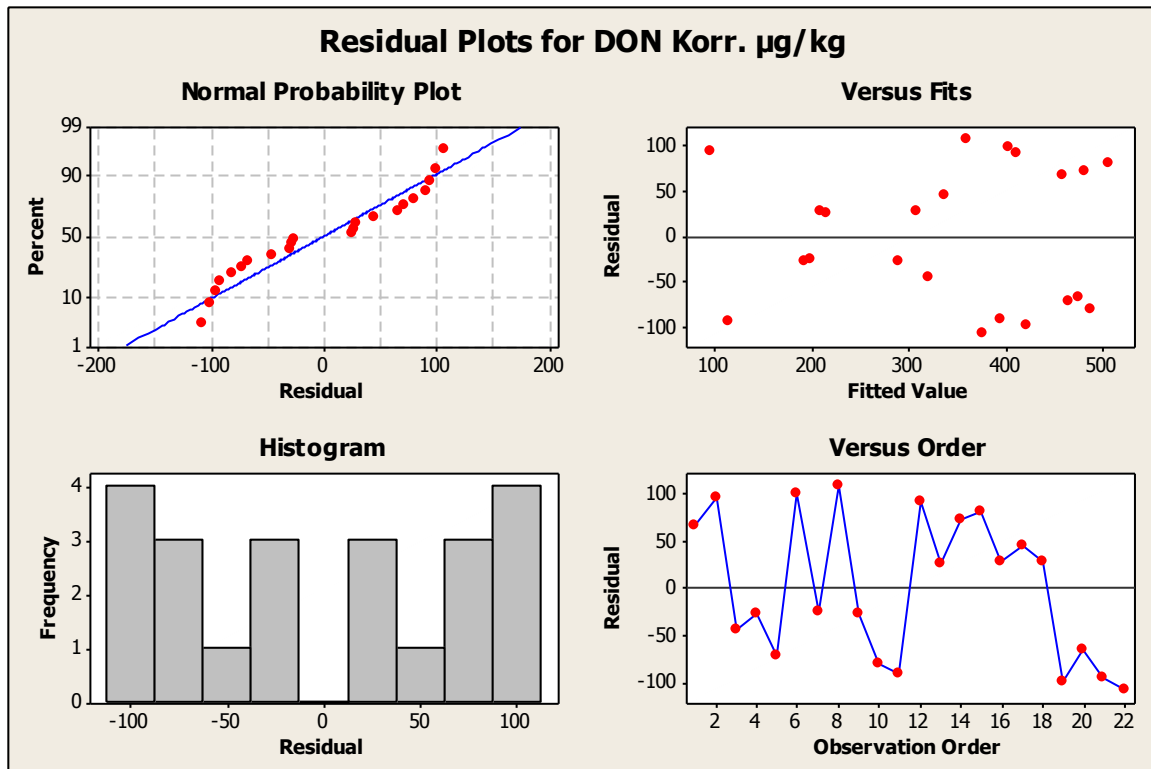
S = 109,262 R-Sq = 73,52% R-Sq(adj) = 44,38%

Grouping Information Using Tukey Method and 90,0% Confidence

Beh nr	N	Mean	Grouping
11	2	498,5	A
7	2	474,5	A B
8	2	468,0	A B
9	2	413,0	A B
1	2	403,5	A B
5	2	368,5	A B
10	2	328,5	A B
6	2	299,0	A B
4	2	206,5	A B
2	2	200,5	A B
3	2	103,4	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Residual Plots for DON Korr. µg/kg



General Linear Model: T-2 Korr. µg/kg versus Beh nr_1; Gjentak

```
Factor   Type   Levels Values
Beh nr_1 fixed    11  1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11
Gjentak  random     2  1; 2
```

Analysis of Variance for T-2 Korr. µg/kg, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Beh nr_1	10	1262,70	1262,70	126,27	1,90	0,163
Gjentak	1	0,10	0,10	0,10	0,00	0,969
Error	10	664,52	664,52	66,45		
Total	21	1927,33				

S = 8,15183 R-Sq = 65,52% R-Sq(adj) = 27,59%

Unusual Observations for T-2 Korr. µg/kg

Obs	T-2 Korr. µg/kg	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
8	13,0000	24,5682	6,0205	-11,5682	-2,10 R
22	36,0000	24,4318	6,0205	11,5682	2,10 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

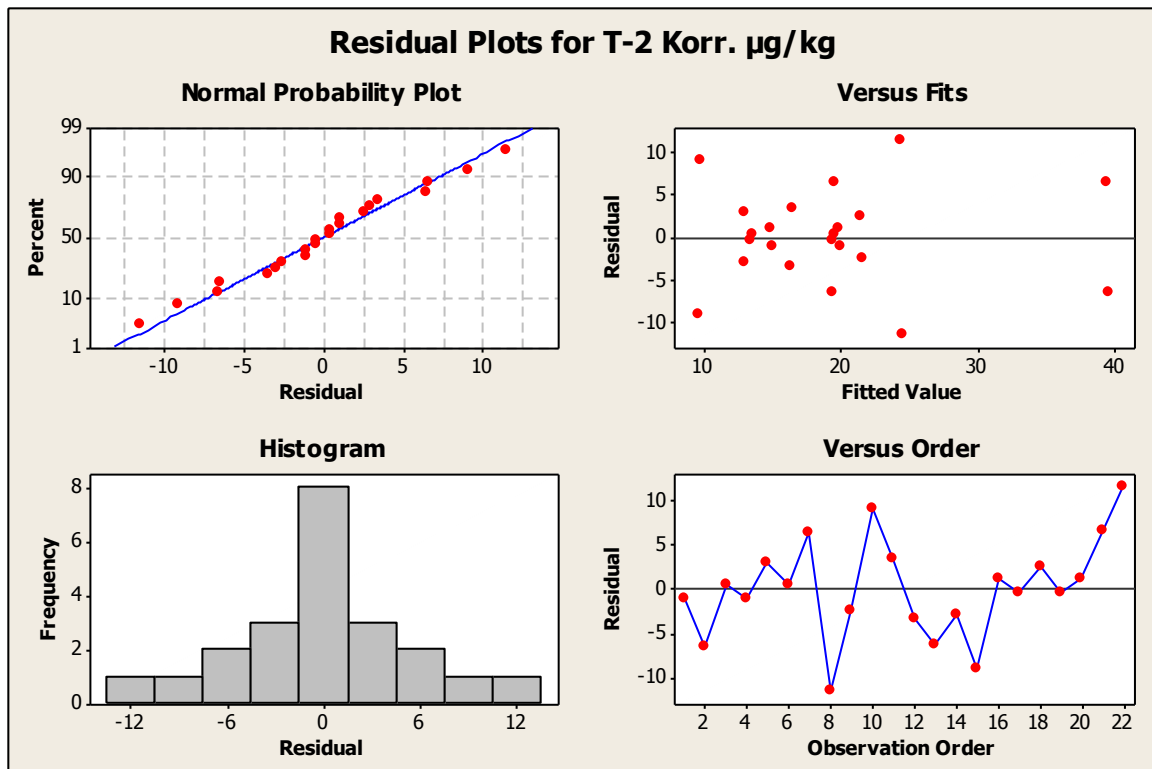
Grouping Information Using Tukey Method and 90,0% Confidence

Beh nr_1	N	Mean	Grouping
3	2	39,500	A
5	2	24,500	A B
6	2	21,500	A B

8	2	20,000	A B
9	2	19,500	A B
4	2	19,500	A B
1	2	16,500	A B
2	2	15,000	A B
10	2	13,500	A B
7	2	13,000	A B
11	2	9,750	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Residual Plots for T-2 Korr. µg/kg



General Linear Model: HT-2 Korr. µg/kg versus Beh nr_1; Gjentak

Factor	Type	Levels	Values
Beh nr_1	fixed	11	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11
Gjentak	random	2	1; 2

Analysis of Variance for HT-2 Korr. µg/kg, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Beh nr_1	10	96836	96836	9684	1,43	0,290
Gjentak	1	133	133	133	0,02	0,891
Error	10	67550	67550	6755		
Total	21	164519				

S = 82,1891 R-Sq = 58,94% R-Sq(adj) = 13,78%

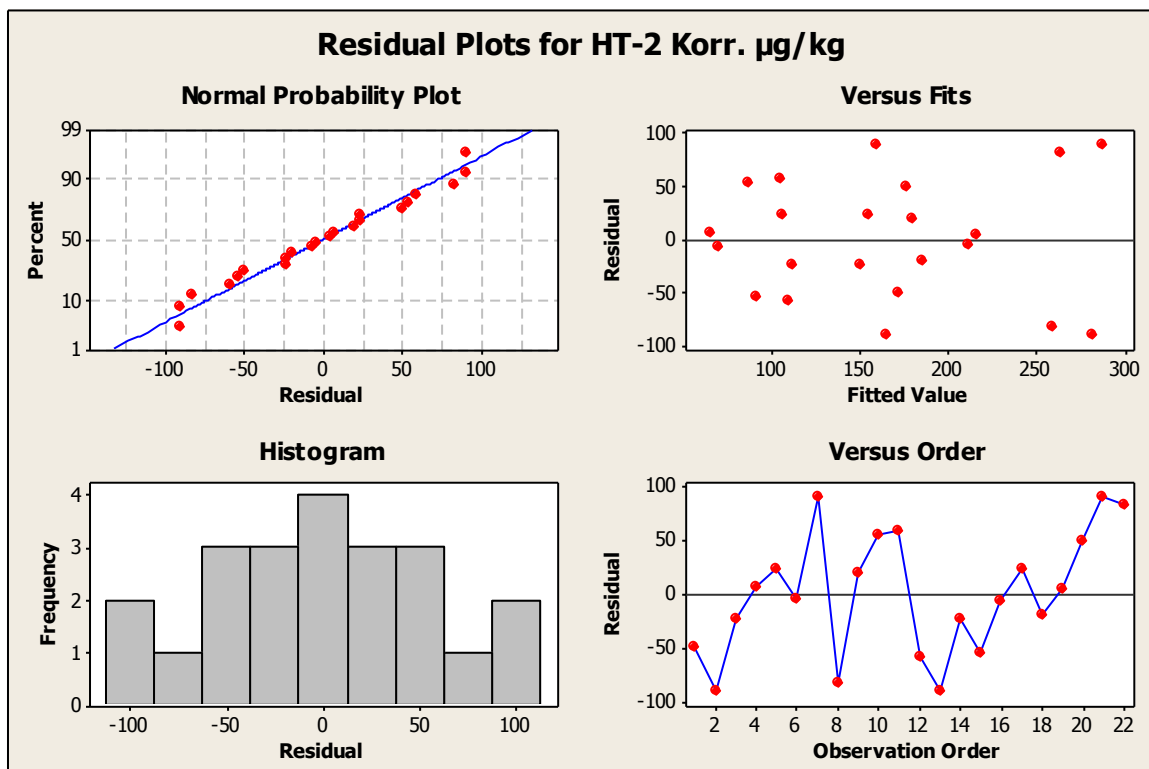
Grouping Information Using Tukey Method and 90,0% Confidence

Beh

nr_1	N	Mean	Grouping
3	2	284,50	A
5	2	261,50	A
9	2	213,50	A
6	2	182,50	A
8	2	174,00	A
4	2	162,00	A
10	2	152,50	A
7	2	108,50	A
1	2	107,00	A
11	2	89,00	A
2	2	67,00	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Residual Plots for HT-2 Korr. µg/kg



General Linear Model: HT-2+ T-2 korr. µg/kg versus Beh nr_1; Gjentak

Factor	Type	Levels	Values
Beh nr_1	fixed	11	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11
Gjentak	random	2	1; 2

Analysis of Variance for HT-2+ T-2 korr. µg/kg, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Beh nr_1	10	29211	29211	2921	1,47	0,278
Gjentak	1	32	32	32	0,02	0,902
Error	10	19928	19928	1993		
Total	21	49172				

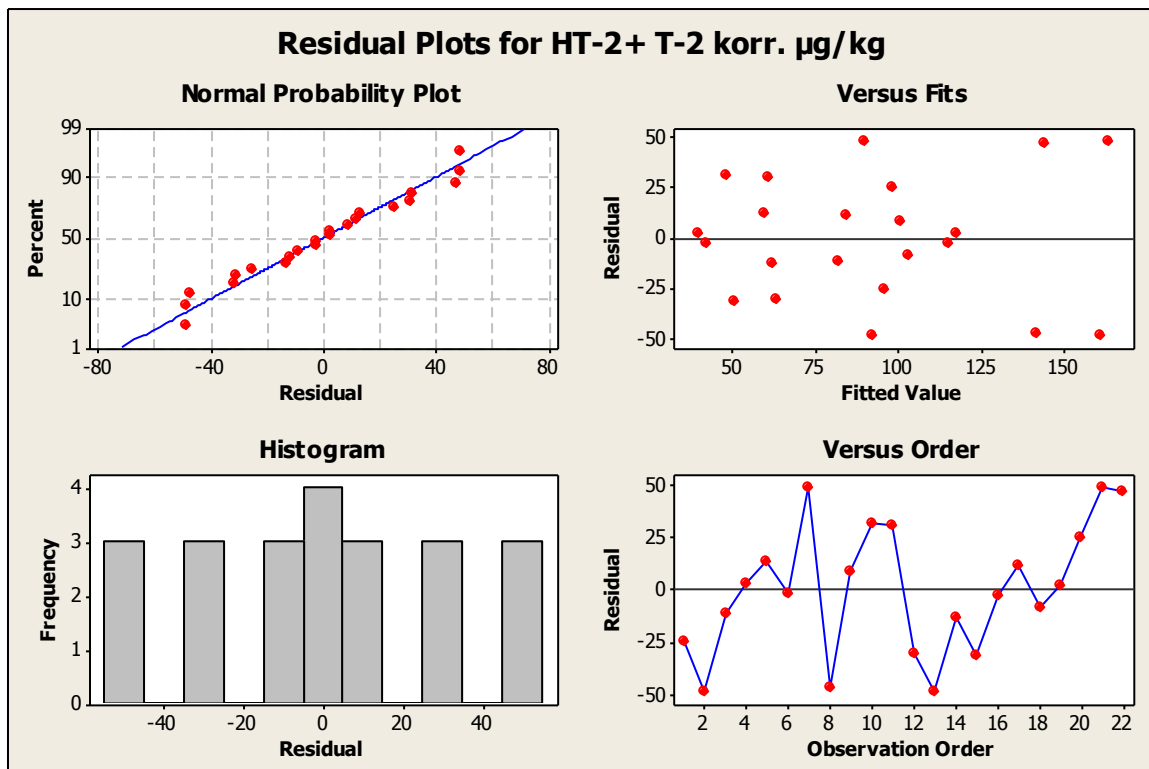
S = 44,6413 R-Sq = 59,47% R-Sq(adj) = 14,89%

Grouping Information Using Tukey Method and 90,0% Confidence

Beh	nr_1	N	Mean	Grouping
	3	2	162,00	A
	5	2	143,00	A
	9	2	116,50	A
	6	2	102,00	A
	8	2	97,00	A
	4	2	90,75	A
	10	2	83,00	A
	1	2	61,75	A
	7	2	60,75	A
	11	2	49,50	A
	2	2	41,00	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Residual Plots for HT-2+ T-2 korr. µg/kg



Regression Analysis: Prosent F. lang. Per rute versus F. gra. Prosent

The regression equation is

$$\text{Prosent F. lang. Per rute} = 3,04 - 0,0663 \text{ F. gra. Prosent}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	3,042	1,510	2,01	0,058
F. gra. Prosent	-0,06626	0,05682	-1,17	0,257

S = 3,07107 R-Sq = 6,4% R-Sq(adj) = 1,7%

PRESS = 222,043 R-Sq(pred) = 0,00%

Analysis of Variance

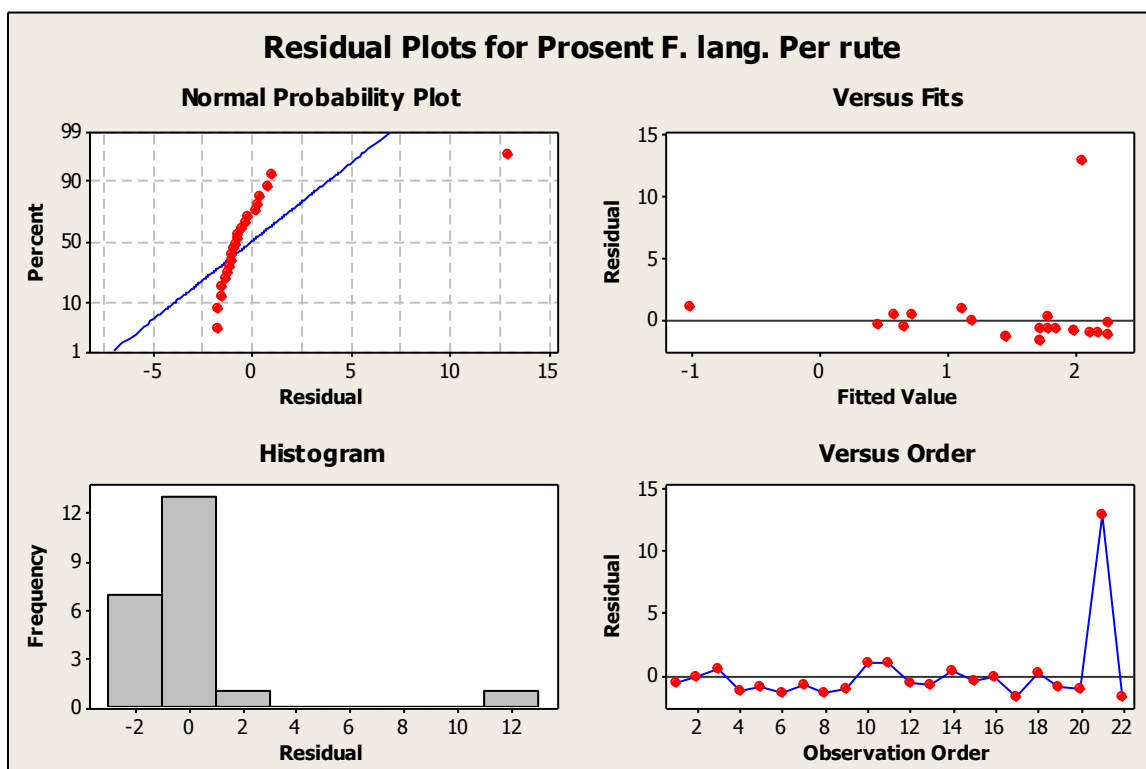
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	12,825	12,825	1,36	0,257
Residual Error	20	188,630	9,432		
Total	21	201,455			

Unusual Observations

Obs	F. gra.	Prosent	Per rute	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
10	61,0	0,000	-1,000	2,205	1,000	0,47	X
21	15,0	15,000	2,048	0,829	12,952	4,38	R

R denotes an observation with a large standardized residual.
 X denotes an observation whose X value gives it large leverage.

Residual Plots for Prosent F. lang. Per rute



Regression Analysis: DON Korr. µg/kg versus HT-2+ T-2 korr. µg/kg

The regression equation is
 DON Korr. µg/kg = 482 - 1,53 HT-2+ T-2 korr. µg/kg

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	481,87	60,26	8,00	0,000
HT-2+ T-2 korr. µg/kg	-1,5257	0,5848	-2,61	0,017

S = 129,672 R-Sq = 25,4% R-Sq(adj) = 21,7%

Analysis of Variance

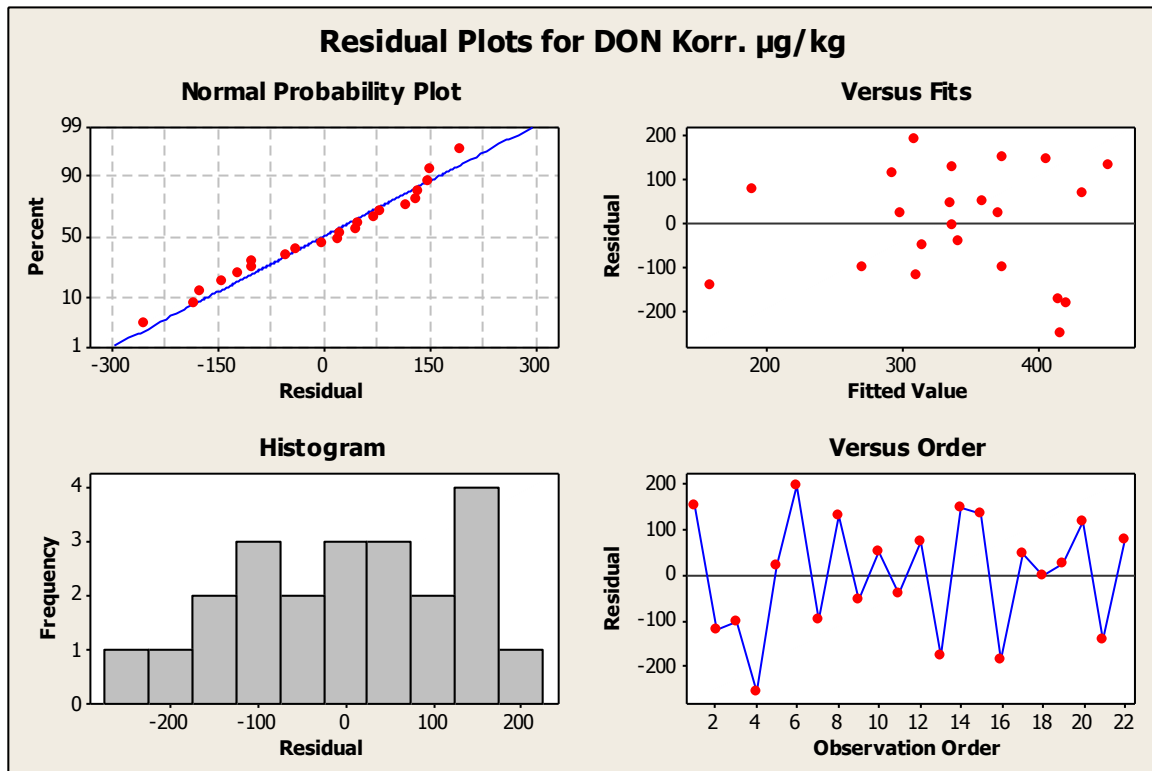
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	114459	114459	6,81	0,017
Residual Error	20	336298	16815		
Total	21	450756			

Unusual Observations

Obs	HT-2+ T-2 korr. µg/kg	DON Korr. µg/kg	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
4	43	163,0	417,0	39,8	-254,0	-2,06R
21	212	16,7	158,4	75,7	-141,7	-1,35 X

R denotes an observation with a large standardized residual.
 X denotes an observation whose X value gives it large leverage.

Residual Plots for DON Korr. µg/kg



Regression Analysis: F. gra. Prosent versus Prosent F. lang. Per rute

The regression equation is
 F. gra. Prosent = 25,4 - 0,961 Prosent F. lang. Per rute

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	25,352	2,766	9,16	0,000
Prosent F. lang. Per rute	-0,9607	0,8239	-1,17	0,257

S = 11,6940 R-Sq = 6,4% R-Sq(adj) = 1,7%

PRESS = 11625,6 R-Sq(pred) = 0,00%

Analysis of Variance

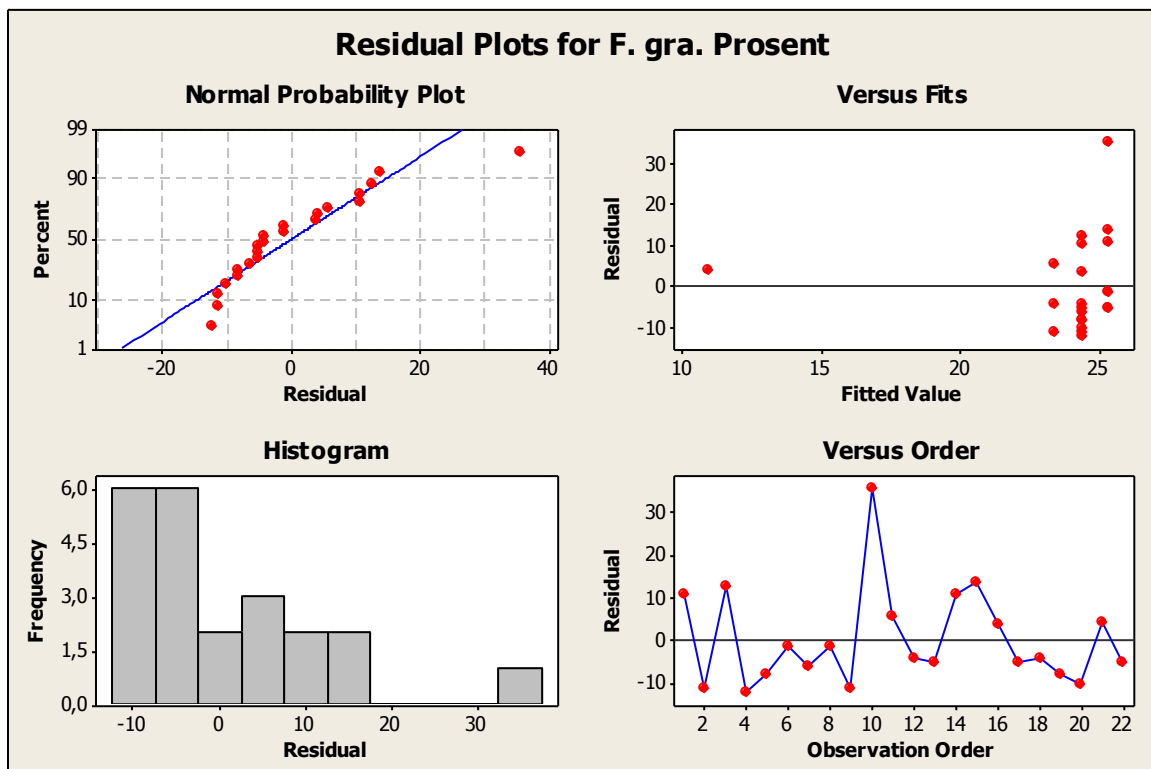
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	185,9	185,9	1,36	0,257
Residual Error	20	2735,0	136,8		
Total	21	2921,0			

Unusual Observations

Obs	Prosent	F. lang.	F. gra.	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
10	0,0		61,00	25,35	2,77	35,65	3,14R
21	15,0		15,00	10,94	11,44	4,06	1,66 X

R denotes an observation with a large standardized residual.
 X denotes an observation whose X value gives it large leverage.

Residual Plots for F. gra. Prosent



General Linear Model: F. gra. Prosent versus Gjentakelse; Beh nr

Factor	Type	Levels	Values
Gjentakelse	random	2	1; 2
Beh nr	fixed	11	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11

Analysis of Variance for F. gra. Prosent, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Gjentakelse	1	62,23	62,23	62,23	0,64	0,444
Beh nr	10	1880,45	1880,45	188,05	1,92	0,159
Error	10	978,27	978,27	97,83		
Total	21	2920,95				

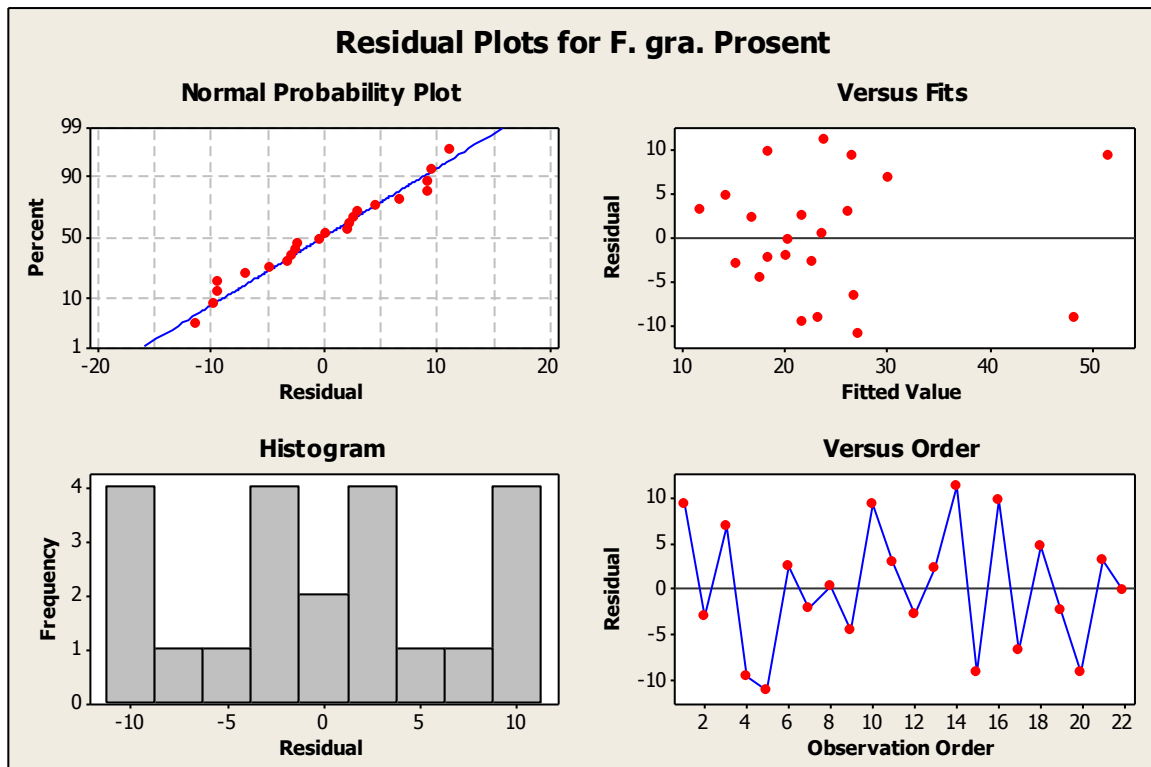
S = 9,89077 R-Sq = 66,51% R-Sq(adj) = 29,67%

Grouping Information Using Tukey Method and 90,0% Confidence

Beh nr	N	Mean	Grouping
11	2	50,00	A
10	2	28,50	A B
7	2	25,50	A B
8	2	25,00	A B
1	2	24,50	A B
5	2	22,00	A B
2	2	20,00	A B
9	2	20,00	A B
4	2	18,50	A B
6	2	16,00	A B
3	2	13,50	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Residual Plots for F. gra. Prosent



General Linear Model: Prosent F. lang. Per rute versus Gjentak; Beh nr_1

Factor	Type	Levels	Values
Gjentak	random	2	1; 2
Beh nr_1	fixed	11	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11

Analysis of Variance for Prosent F. lang. Per rute, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Gjentak	1	8,909	8,909	8,909	1,14	0,311
Beh nr_1	10	114,455	114,455	11,445	1,47	0,278
Error	10	78,091	78,091	7,809		
Total	21	201,455				

S = 2,79448 R-Sq = 61,24% R-Sq(adj) = 18,60%

Unusual Observations for Prosent F. lang. Per rute

Prosent F. lang.		Fit	SE Fit	Residual	St Resid
Obs	Per rute				
2	2,0000	7,8636	2,0639	-5,8636	-3,11 R
21	15,0000	9,1364	2,0639	5,8636	3,11 R

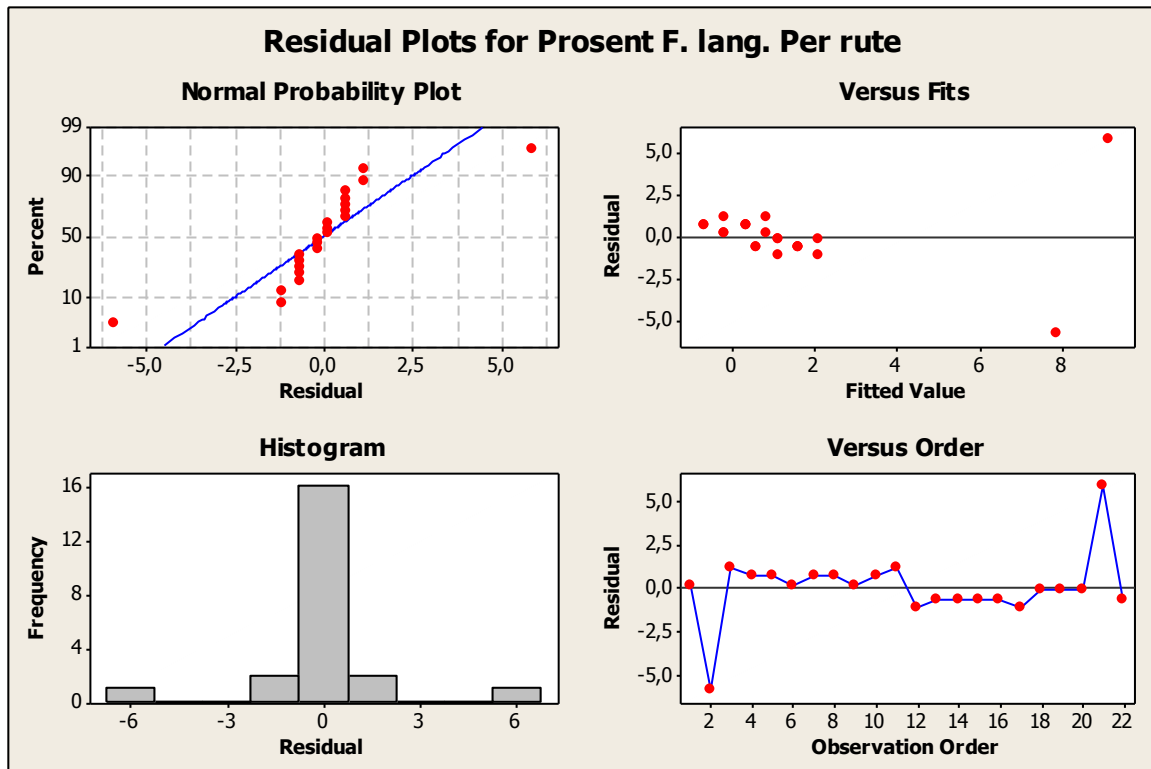
R denotes an observation with a large standardized residual.

Grouping Information Using Tukey Method and 90,0% Confidence

Beh nr_1	N	Mean	Grouping
3	2	8,50000	A
6	2	1,50000	A
1	2	1,50000	A
7	2	1,00000	A
4	2	1,00000	A
2	2	1,00000	A
9	2	0,50000	A
10	2	0,50000	A
8	2	0,50000	A
5	2	-0,00000	A
11	2	-0,00000	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Residual Plots for Prosent F. lang. Per rute



Regression Analysis: DON Korr. µg/kg versus F. gra. Prosent

The regression equation is
 DON Korr. µg/kg = 202 + 5,87 F. gra. Prosent

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	201,65	65,09	3,10	0,006
F. gra. Prosent	5,866	2,449	2,40	0,026

S = 132,335 R-Sq = 22,3% R-Sq(adj) = 18,4%

PRESS = 478351 R-Sq(pred) = 0,00%

Analysis of Variance

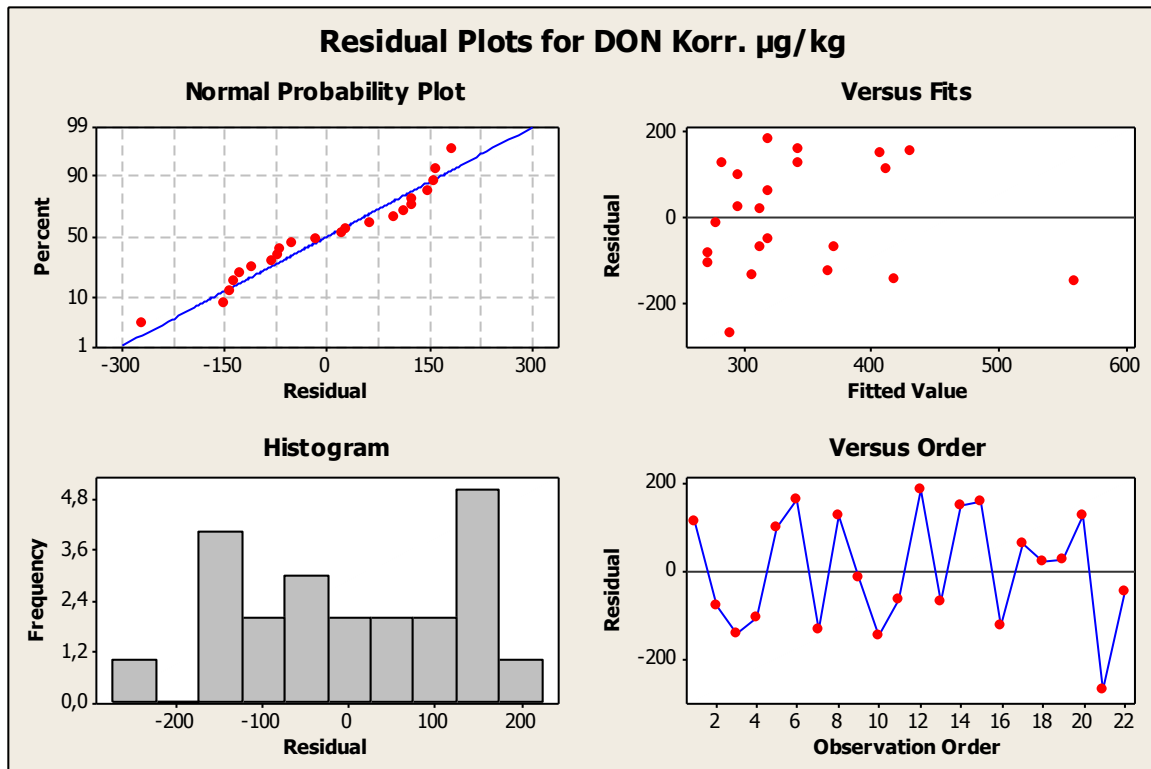
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	100505	100505	5,74	0,026
Residual Error	20	350252	17513		
Total	21	450756			

Unusual Observations

Obs	F. gra. Prosent	DON Korr. µg/kg	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
10	61,0	409,0	559,5	95,0	-150,5	-1,63 X
21	15,0	16,7	289,6	35,7	-272,9	-2,14R

R denotes an observation with a large standardized residual.
 X denotes an observation whose X value gives it large leverage.

Residual Plots for DON Korr. µg/kg



Regression Analysis: HT-2+ T-2 korr. versus Prosent F. lang.

The regression equation is

$$\text{HT-2+ T-2 korr. } \mu\text{g/kg} = 79,4 + 8,37 \text{ Prosent F. lang. Per rute}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	79,396	9,905	8,02	0,000
Prosent F. lang. Per rute	8,368	2,950	2,84	0,010

S = 41,8714 R-Sq = 28,7% R-Sq(adj) = 25,1%

PRESS = 65073,0 R-Sq(pred) = 0,00%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	14107	14107	8,05	0,010
Residual Error	20	35064	1753		
Total	21	49172			

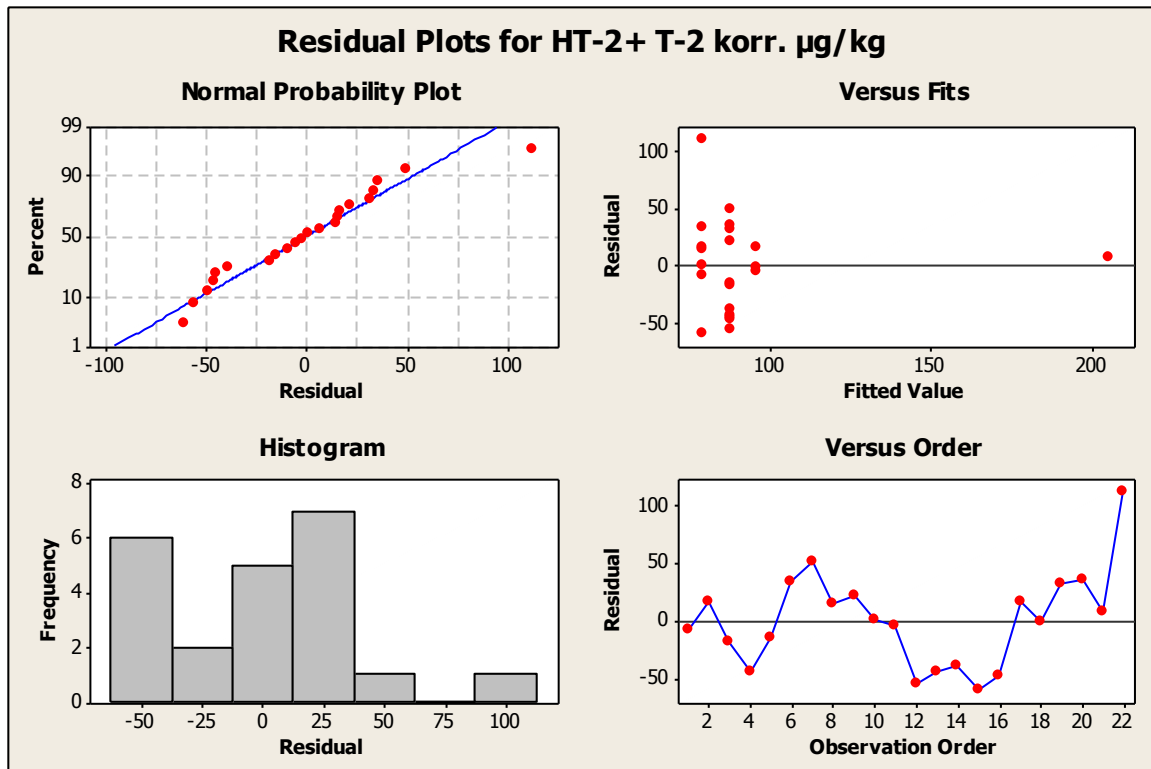
Unusual Observations

Obs	Prosent F. lang.	HT-2+ T-2 korr. µg/kg	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
21	15,0	212,00	204,92	40,94	7,08	0,81 X
22	0,0	191,50	79,40	9,90	112,10	2,76R

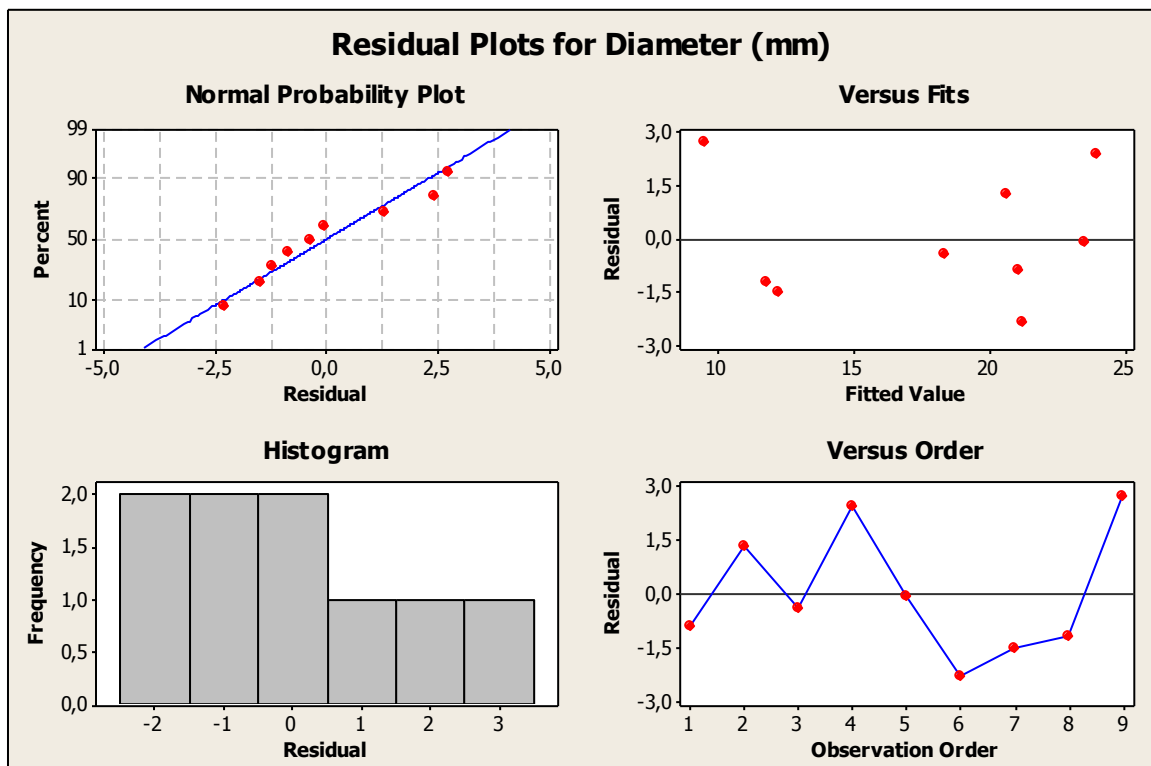
R denotes an observation with a large standardized residual.

X denotes an observation whose X value gives it large leverage.

Residual Plots for HT-2+ T-2 korr. µg/kg



Vekstrate:



General Linear Model: Diameter (mm) versus Gjentak; F. art

Factor	Type	Levels	Values
Gjentak	fixed	3	1; 2; 3
F. art	fixed	3	1; 2; 3

Analysis of Variance for Diameter (mm), using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Gjentak	2	13,044	13,044	6,522	1,03	0,435
F. art	2	223,016	223,016	111,508	17,67	0,010
Error	4	25,241	25,241	6,310		
Total	8	261,302				

S = 2,51203 R-Sq = 90,34% R-Sq(adj) = 80,68%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

F.			
art	N	Mean	Grouping
2	3	22,90	A
1	3	20,02	A
3	3	11,20	B

Means that do not share a letter are significantly different.