

Effekt av redusert jordarbeiding på halmdekke, avling, ugras, Fusarium og mykotoksiner i havre

Ingerd Skow Hofgaard¹, Till Seehusen², Heidi Udnes Aamot¹, Kirsten Semb Tørresen¹, Hugh Riley², & Guro Brodal¹

¹NIBIO Plantehelsetse, ²NIBIO Korn og frøvekster

ingerd.hofgaard@nibio.no

Innledning

Redusert jordarbeiding, dvs. systemer der jorda ikke pløyes, bevarer en del planterester på jordoverflaten, noe som gir store miljøfordeler i form av mindre erosjon og mindre avrenning av næringsstoffer (bilde 1). Derimot kan redusert jordarbeiding føre til økte forekomster av ugras og plantesjukdommer. Det er derfor behov for en tilpasset bekjempelsesstrategi.

Jordarbeiding kan redusere forekomst av ugras gjennom å begrave og kutte opp planter, men kan samtidig stimulere ugrasfrø og vegetative plantedeler (røtter, jordstengler) til å spire. Utførelsen av jordarbeidingen (type, dybde, tidspunkt, antall jordarbeidinger) i kombinasjon med blant annet værforhold, konkurranse fra kulturplantene, kjemiske ugrasmidler og ugrasart, har betydning for hvorvidt og i hvilken grad ugraset bekjempes. Sammenliknet med pløying kan redusert jordarbeiding gi dårligere bekjemping av ugras. Spesielt flerårige ugras, men også vinterrettårige og toårige ugras som overvintrer, har stor risiko for å øke i omfang ved redusert jordarbeiding (Tørresen et al. 2012). Redusert jordarbeiding har ført til økt behov for, og økt bruk av, ugrasmidlet glyfosat (Tørresen et al. 2018). Glyfosat er nå til revurdering i EU. Hvis glyfosat fases ut kan vi få utfordringer med bekjempelse av ugras ved redusert jordarbeiding (Tørresen et al. 2018), som vil gi store negative konsekvenser for jordbruk og matproduksjon.

Hvorvidt, og i hvilken grad, sjukdommer vil angripe planter avhenger av om smitte er til stede, om det dyrkes en mottagelig vertplante og om lokale vær- og dyrkingsforhold er gunstige for utvikling av sykdom. Mange kornsjukdommer forårsakes av sopper som kan vokse og overleve i planterester. Enkelte av disse soppartene kan produsere mykotoksiner som kan være giftig for dyr og mennesker. Pløying og nedmolding er en gammel velkjent, effektiv metode for å begrave infiserte

planterester slik at smittepresset og risiko for sopp og eventuelt mykotoksiner i kornet, reduseres. En utfordring ved redusert eller ingen jordarbeiding, særlig ved ensidig korndyrking, er at infisert stubb og halmrester blir liggende i øvre jordlag og oppå bakken (smittereservoar). Ved fuktige værforhold kan sjukdomssmitten utvikle seg raskt og forårsake tidlige angrep i ny åker. Blant annet har vi sett økte angrep av Fusarium-sopper som kan produsere mykotoksiner. *Fusarium graminearum* er svært vanlig i norsk korn, og spesielt i havre (Hofgaard et al. 2016b). Denne arten produserer blant annet mykotoksinet deoxynivalenol (DON). I Norge (som i EU og mange andre land) er det innført grenseverdier for hvor mye DON som er tillatt i korn som skal brukes til mat eller fôr. *Fusarium langsethiae* er også vanlig i norsk havre (Hofgaard et al., 2016b). Denne arten produserer blant annet HT-2 og T2-toksiner (HT2+T2), som er langt mer giftig enn DON. Det diskuteres nå om det skal innføres grenseverdier for innhold av HT2 og T2 toksiner i korn som skal brukes til mat. *Fusarium avenaceum* er den vanligste Fusarium-arten i norsk korn. Denne soppen produserer flere ulike sekundære metabolitter, blant annet en rekke såkalte enniatiner.

Plogen har tradisjonelt vært viktig for å få et godt såbed, blande inn halmrester og gjødsel i jorda, få god bekjemping av ugras, samt sanere sjukdomssmitte. En av ulempene med pløying om høsten er større risiko for erosjon og avrenningstap av næringsstoffer. For å endre jordarbeidingspraksis har det derfor siden begynnelsen av 1990-tallet blitt gitt tilskudd for å begrense jordarbeidinga til lett høstharving eller la åkeren ligge i stubb til våren. Fra 2023 innføres det nye regionale miljøkrav for jordbruket i Oslo og Viken (Engelhart-Bergsjø et al., 2022). I forskriften gjelder blant annet at flomutsatte arealer, samt fulldyrka mark med stor eller svært stor erosjonsrisiko ikke skal jordarbeides om høsten.

Minst 60 % av foretakets fulldyrkede areal skal overvintre med plantedekke tilsvarende stubb, gras, direktesådd fangvekst eller direktesådd høstkorn. På arealer der det nå ikke kan pløyes om høsten er det derfor viktig at dyrkerne har informasjon om hvordan redusert jordarbeiding, samt vårpløying kan påvirke avlingsmengde og -kvalitet i korn. Vi har undersøkt hvordan ulike jordarbeidingsregimer kan påvirke avling og forekomst av ugras, *Fusarium* og mykotoksiner i havre. I denne artikkelen presenterer vi resultater fra disse feltforsøkene.

Materialer og metoder

Feltforsøk og prøvetaking

Jordarbeidingsforsøk med ensidig havredyrking ble gjennomført på to lokaliteter, på siltjord i Solør-Odal og på leirjord på Øsaker i Østfold over en 3-års periode (2010-2012). Feltene hadde et randomisert split-plot design med to gjentak. Hovedfaktoren var om halmen var beholdt eller fjernet etter tresking på høsten. Innen hver av hovedbehandlingene ble det anlagt fem ulike jordarbeidingsledd (tabell 1). Hver hovedrute var 42 x 15 meter og det var 8 meter mellom hovedrutene. Forsøksrutene hadde et areal på 6 x 15 meter. Forsøksfeltene ble i størst mulig grad behandlet likt og all agronomisk praksis var tilpasset de lokale forholdene og ble gjennomført som på arealene rundt forsøksfeltet. Jordarbeiding ble gjort i lengderetningen av alle rutene og rutene ble tromlet etter såing. Type redskap varierte mellom stedene, men de samme redskapene ble brukt for hvert sted hvert år. Feltene ble gjødslet med Fullgjødse[®] 22-3-10, 46- 51 kg/daa). Sæmengden (Belinda) var 22 kg/daa på siltjord i Solør og 23 kg/daa på leirjord på Øsaker. Hele feltet ble sprøytet mot frøgras når kornplantene hadde tre fullt utvikla



Bilde 1. Jordoverflaten etter ulike typer jordarbeiding om høsten: Dyp høstharving til venstre, grunn høstharving i midten og høstpløying til høyre. Foto: Till Seehusen.

blad, og mot kveke og andre ugras i stubben etter høsting (glyphosat, 72 g a.s./daa). Ut over dette ble det ikke behandlet med plantevernmidler. Halmmengde ble registrert om høsten etter tresking og om våren etter såing. Detaljer rundt gjennomføring av feltforsøkene er tidligere publisert (Seehusen *et al.* 2016).

Høsteruta ble tatt midt i jordarbeidingsruta og det ble tatt ut en representativ delprøve på 1 kg korn fra hver forsøksrute. En representativ delprøve på ca. 200 g ble malt opp og havremelet ble lagret ved -20 °C inntil analyse av *Fusarium* DNA og mykotoksiner ble gjennomført.

I forsøksårene var det noe varmere og fuktigere somre i Solør i 2010 og 2011 sammenliknet med normalen (1961-1991). Høsten 2010 var derimot kaldere og tørrere enn normalen. Hele vekstsesongen 2012 var fuktigere enn normalt, og juni og juli var kaldere enn normalen. På Øsaker

Tabell 1. Jordarbeidingsregimer i feltforsøk med ensidig havredyrking på to lokaliteter i 2010-2012¹⁾

Ulike jordarbeidingsregimer ²⁾
VH= vårharving 6 cm, ingen jordarbeiding om høsten
VP = vårpløying (12-15 cm), ingen jordarbeiding om høsten
HH = grunn høstharving (5 cm), ellers ingen høstarbeiding
DHH = dyp høstharving (10 cm) ³⁾
HP = høstpløying (25 cm)

¹⁾ For hvert jordarbeidingsregime ble det anlagt fire forsøksruter og halmen ble fjernet etter tresking i to av disse rutene

²⁾ I tillegg ble det gjennomført jordarbeiding (slodding og harving) ved tillaging av såbed til HH, DHH, HP og VP

³⁾ Resultatene fra rutene med dyp høstharving er ikke inkludert i denne artikkelen

var det kaldere og tørrere enn normalen tidlig i vekstsesongen 2010, mens det var varmere i både juli og august. September det året var våtere enn normalt. Temperaturen gjennom vekstsesongen 2011 var lik normalen, men det var våtere enn normalt. I 2012 var både mai og juni varmere, mens juli, august og september var kaldere enn normalen. Det var fuktigere enn normalen gjennom hele vekstsesongen 2012. Oversikt over værforholdene i vekstsesongen er presentert tidligere (Seehusen *et al.* 2016).

Registrering av ugras

I 2011 og 2012 registrerte vi ugras i hver forsøksrute i perioden rundt gulmodning til kornet (BBCH/Zadoks 87). Overjordisk biomasse av hver ugrasart ble visuelt gradert som prosent av den totale overjordiske biomassen slik at ugras + kulturvekst (havre) utgjorde 100 %. Ved vurdering av prosent overjordisk biomasse tok vi hensyn til både dekning og høyde av plantene.

Analyse av sopp og mykotoksiner

Innhold av sopp-DNA i havrekorn høstet fra de ulike forsøksrutene ble analysert ved bruk av kvantitativ PCR (qPCR). DNA av følgende *Fusarium*-arter ble kvantifisert: *F. langsethiae*, *F. graminearum*, *F. avenaceum* og *F. culmorum*. I tillegg ble vertsplantens DNA kvantifisert. Innhold av sopp-DNA ble dessuten analysert i sporeprøver fra luft innsamlet ukentlig ved bruk av sporefeller som beskrevet tidligere (Hofgaard *et al.* 2016a). Innhold av mykotoksiner i kornprøvene ble analysert ved bruk av væskechromatografi–massespektrometri (LC-MS/MS). Prøvene fra havrekorn høstet i 2010 og 2011 ble analysert for innhold av HT2+T2 og DON. Prøvene fra korn høstet i 2012 ble analysert for innhold av tretten ulike mykotoksiner inkludert: HT2, T2, DON, enniatin A, enniatin A1, enniatin B og enniatin B1. Prøveforberedelse og gjennomføring av analyse er beskrevet tidligere (Hofgaard *et al.* 2022; Hofgaard *et al.* 2020b).

Resultater og diskusjon

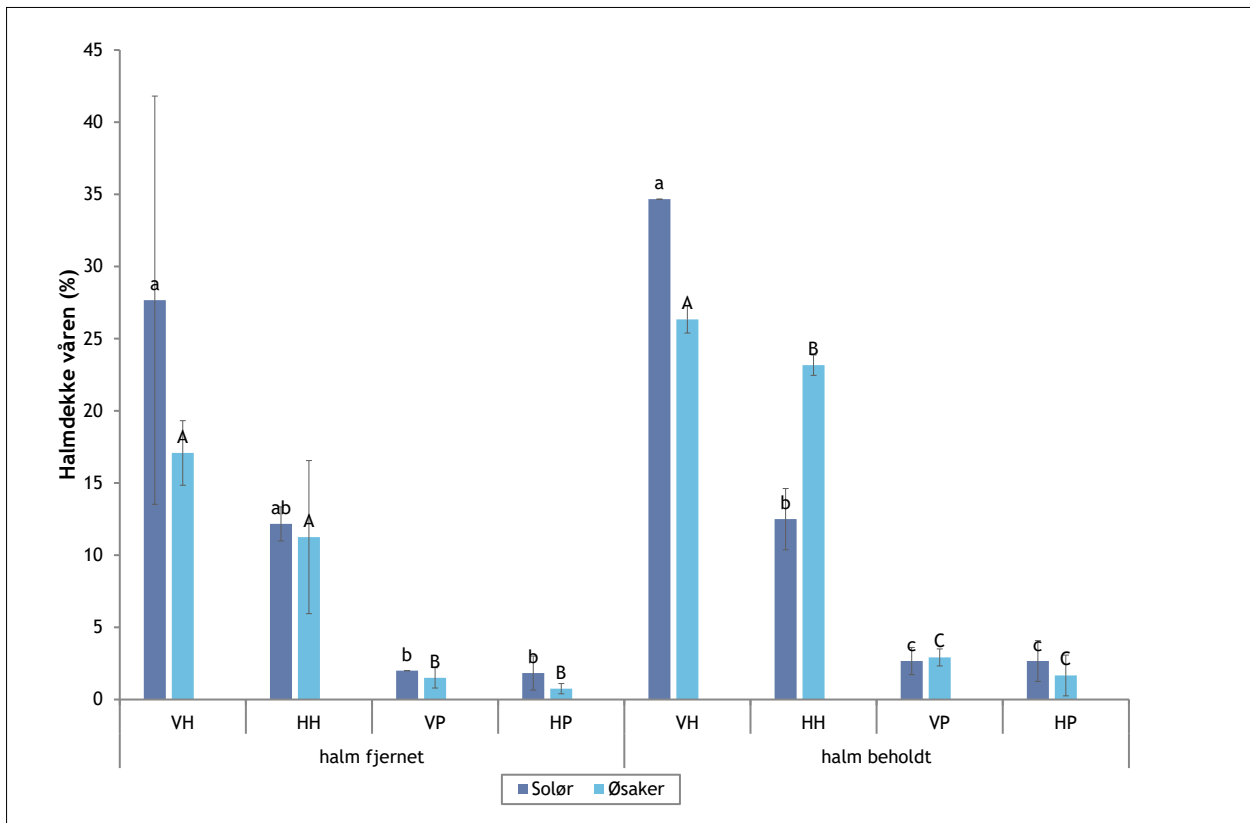
Effekt av jordarbeiding på mengde halmrester og avling

For å begrense erosjon er det ønskelig med mest mulig halmdekke om høsten. Om våren bør halmen innarbeides slik at den ikke forstyrrer såingen eller hemmer planteutviklingen. I denne artikkelen har vi fokus på halmmengden som ble observert om våren, siden den kan ha betydning for såbedet, plantenes

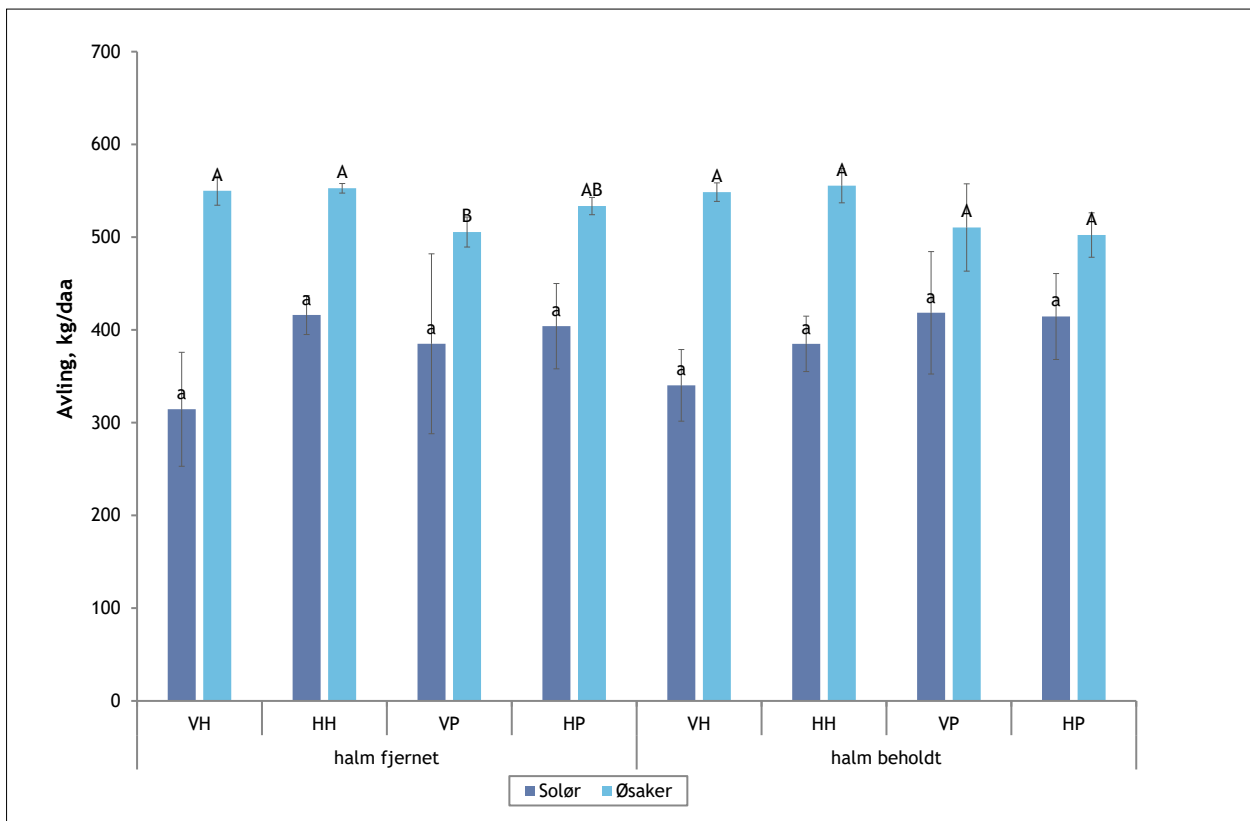
vekstvilkår og eventuelle plantesjukdommer. Jordarbeidingen hadde en signifikant effekt på mengde halmrester som ble observert etter såing om våren. Jo mer intensiv jordarbeidingen var, jo mindre halm var det på jordoverflaten (figur 1). Som vist tidligere (Seehusen 2019) var pløying den mest effektive måten å innarbeide halmrester på, og det ble ikke funnet signifikante forskjeller i mengde halm i høstpløyde sammenliknet med vårpløyde behandlinger til tross for at vårpløying ble gjennomført med redusert arbeidsdybde (figur 1). Vårharving etterlot mye halm på overflaten slik at halmen var godt synlig, også etter såing.

Effekter av jordarbeiding på avlingsmengde varierte mellom både år og sted. Forsøket på Øsaker (leirjord) ga høyest avling i de høstharva rutene (figur 2). Vårharving ga samme avling som høstpløying, mens vårpløying ga signifikant lavere avling enn redusert jordarbeiding, uavhengig av om halmen ble fjernet eller beholdt. Tidligere forsøk har vist at redusert jordarbeiding kan gi gode avlinger på leirjord under tørre forhold, men i fuktige år kan avlingene bli lavere (Børresen & Riley 2003). På Øsaker var det stort sett fuktige forhold i de tre sesongene som forsøket pågikk. Årsaken til at vi allikevel fikk relativt lave avlinger i de pløyde rutene, til tross for gode etableringsforhold (Seehusen *et al.* 2016), kan være at disse var mer utsatt for legde. I 2011 ble det observert over 70 % legde i de pløyde rutene, sammenliknet med under 20 % legde i de harva rutene (ikke vist). Forsøket i Solør (siltjord) hadde rundt 100 kg / daa lavere avling enn forsøket på Øsaker (leirjord). Avlingene var lavest i rutene med vårharving og høyest i høstpløyde ruter (figur 2). Økt forekomst av ugras kan være noe av årsaken til at avlinga var redusert i de harva rutene (se figur 3).

Selv om høstpløying ofte gir de høyeste avlingene, kan mulighetene for å pløye om høsten av og til være begrenset under norske forhold. Våre resultater tyder på at grunn pløying om våren kan være et godt alternativ til høstpløying, siden det ga sammenlignbare avlingsmengder. Selv på siltjord, hvor redusert jordarbeiding ga avlingsreduksjoner i våre forsøk, ga vårpløying nesten like god avling som høstpløying. Det er viktig å være klar over at vårpløying krever større arbeidsinnsats om våren, og konkurrerer om tiden i en travel våronn. Valg av tidspunkt for jordbearbeiding kan være et dilemma: Pløyes det for tidlig om våren, før jorda er lagelig, kan dette øke risikoen for jordpakking (Seehusen 2014) og redusere kvaliteten på såbedet. Dersom en venter for lenge, og jorda er for tørr, kan dette resultere i et klumpete såbed med lite spireråme.



Figur 1. Halmdekke (%), med standardavvik, i gjennomsnitt for 2010 - 2012 om våren etter såing i feltforsøk med ulike jordarbeiding. Ulike bokstaver viser signifikante forskjeller. (a) = Solør, (A) = Øsaker. For beskrivelse av de ulike jordarbeidingene, se tabell 1.



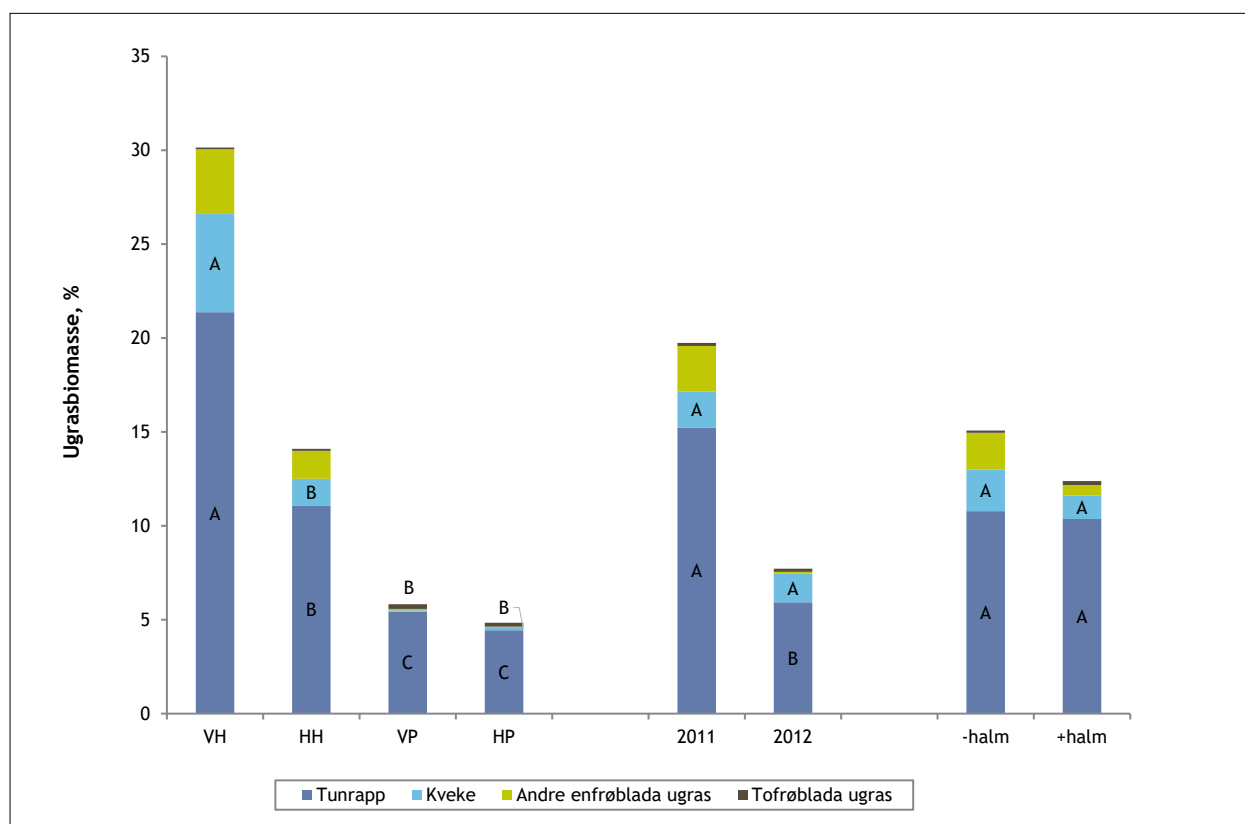
Figur 2. Avling (kg/daa), med standardavvik, i gjennomsnitt for 2010 - 2012 i feltforsøk med ulike jordarbeiding. Ulike bokstaver viser signifikante forskjeller. (a) = Solør, (A) = Øsaker. For beskrivelse av de ulike jordarbeidingene, se tabell 1.

Vårpløyning kan gi avlinger som er sammenliknbare med høstpløyning på lettleire (Riley & Ekeberg, 1998) og på mellomleire og sandig silt (Riley *et al.* 2005). På stivere leirjord er det derimot registrert avlingsnedgang etter vårpløyning, trolig pga. dårligere såbedsforhold (Riley *et al.* 2009). For å møte dagens krav om å begrense grad av høstpløyning kan vårpløyning være et godt alternativ i de tilfelle redusert jordarbeiding ikke egner seg. For å lykkes med vårpløyning er det viktig at det pløyes under lagelige forhold, men dersom vårpløyning fører til utsatt såtid, kan dette medføre avlingstap (Riley 2016).

Effekt av jordarbeiding på ugras

I forsøksfeltet med siltjord (Solør), økte mengden av grasugras, og spesielt tunrapp, signifikant med minkende jordarbeidingsintensitet (figur 3). Feltet hadde også noe kveke og andre grasugras. Total biomasse av ugras var dobbel så høy i 2011 sammenliknet med 2012. I 2011 var det mer tunrapp på vårharva ledd enn på høstharva ledd, mens i 2012 var det tilnærmet samme mengde

tunrapp på vår- og høstharva ledd. I begge år var det minst tunrapp på pløyde ledd (ikke vist). Det var tendens til noe mer kveke dersom halmen ble fjernet. På feltet med leirjord (Øsaker) var det lite ugras (biomasse 0,5-1 %) og det var ingen sikre forskjeller mellom behandlinger (ikke vist). Vi observerte hovedsakelig tunrapp og tofrøblada ugras på rutene. Her hadde sprøyting med glyfosat i stubbåkeren, frøgrasssprøyting i vekstsesongen og konkurranse fra kornet holdt ugraset noenlunde i sjakk. I vårt forsøk på siltjord var ugrasmengden mer enn dobbelt så stor på harva ruter sammenliknet med pløyde ruter. Lavest forekomst av ugras ble observert i pløyde ruter, og grunn vårpløyning var like effektivt som dyp høstpløyning. Dersom det hadde vært mer av andre flerårige ugrasarter enn det vi observerte i disse forsøkene, antar vi at det hadde vært en fordel med dypere pløyning om våren (Tørresen *et al.* 2018). Til tross for at det ble sprøytet med glyfosat i stubbåker og med frøgrasmiddel i vekstsesongen, var det mye ugras på harva ruter. Dårlig effekt av sprøyting på grasugras skyldes antakelig sein innhøsting og at kveke ikke hadde nok bladmasse ved sprøyting. Liknende resultater



Figur 3. Effekt av jordarbeiding (N=8), år (N=16) og halmbehandling (N=16) på biomasse av tunrapp, kveke, andre enfrøblada ugras (grasugras) og tofrøblada ugras (% av total overjordisk biomasse, kultur + ugras = 100 %) i forsøk med havre på siltjord (Solør). Stolper med ulike bokstaver betyr at det er signifikante forskjeller i forekomst av hhv. tunrapp og kveke (Fisher LSD 5 %). For beskrivelse av de ulike jordarbeidingene, se tabell 1.

er observert i tidligere forsøk med sein innhøsting. Som oftest vil sprøyting med glyfosat være egnet for bekjemping av kveke (Tørresen *et al.* 2012). Sprøyting med glyfosat vil også være egnet til å bekjempe tunrapp, men frøgrasmidlene som ble brukt i vekstsesongen i disse feltene bekjempet ikke nyspirt tunrapp. Frøgrasmidlene som ble brukt hadde god virkning mot tofrøblada ugras (figur 3). Våre resultater viser at, sammenliknet med pløying, kan redusert jordarbeiding øke risikoen for ugras. Riktig bruk av ugrasmidler er vesentlig for å få til en god ugrasbekjemping ved redusert jordarbeiding.

Effekt av jordarbeiding på innhold av *Fusarium*-sopp og mykotoksiner i havre

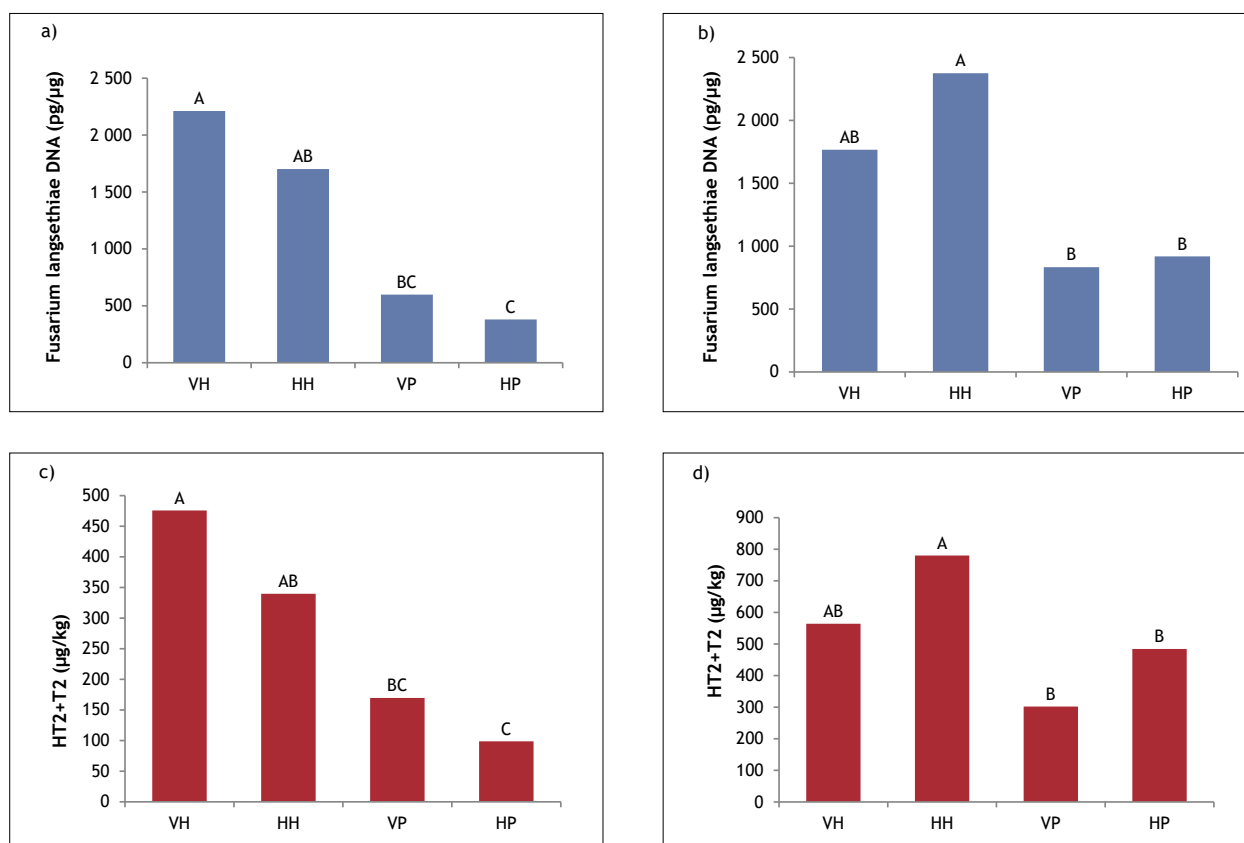
Innhold av *F. langsethiae* DNA var generelt lavere i korn høstet fra ruter som var pløyd, sammenliknet med harva ruter (figur 4). Forskjellene var tydeligst etter tre år med ensidig korndyrking. Noe lavere innhold av *F. langsethiae* DNA ble observert i ruter der halmen ikke var fjernet, men effekten av halmfjerning var imidlertid ikke signifikant, og resultater fra ruter med samme jordarbeiding er derfor slått sammen i figuren. I Solør hadde korn høstet fra pløyd ruter 50-75 % lavere innhold av *F. langsethiae* DNA sammenliknet med korn fra harvede ruter. I korn fra Øsaker ble det observert om lag 30 % lavere innhold av *F. langsethiae* DNA i høstpløyd ruter sammenliknet med alle andre behandlinger i 2011, mens i 2012 inneholdt korn høstet fra pløyd ruter halvparten så mye *F. langsethiae* DNA som korn fra harva ruter. Innhold av HT2+T2-toksiner i høsta korn fra begge lokaliteter varierte fra 3 til 1370 µg/kg mellom ruter fra ulike jordarbeidingsregimer. Gjennomsnittlig innhold av HT2+T2 i høsta korn var høyere i 2012 sammenliknet med 2011 på begge lokaliteter, med høyest gjennomsnittlig innhold i korn fra Øsaker i 2012 (533 µg HT2+T2 per kg korn). Innholdet av HT2+T2 var generelt lavere i korn høstet fra pløyd ruter, sammenliknet med korn fra harva ruter. Forskjellene var tydeligst etter tre år med ensidig korndyrking. På begge lokalitetene inneholdt korn fra ruter som var pløyd rundt halvparten så mye HT2+T2 sammenliknet med korn fra ruter som var harvet på samme tidspunkt (figur 4). Innhold av HT2+T2 var stort sett likt i korn fra ruter som hadde blitt harvet på forskjellige tidspunkter (høst versus vår), og for korn høsta fra ruter som hadde blitt pløyd på forskjellige tidspunkt. Innholdet av *F. langsethiae* DNA i lufta (sporer) over forsøksfeltene var svært lavt for begge felt gjennom begge sesongene (2011 og 2012). Våre resultater bekrefter at risikoen for *Fusarium* og mykotoksiner kan øke ved redusert jordarbeiding, sammenliknet

med pløying. Sammenliknet med pløyd ruter var innholdet av soppen *Fusarium langsethiae* og mykotoksinene HT2+T2 om lag dobbelt så høyt i havrekorn høstet fra harva ruter. I våre forsøk var vårpløying tilnærmet like effektivt for å redusere risiko for *Fusarium* og mykotoksiner som dyp høstpløying.

For *F. culmorum* var DNA-innholdet i korn generelt lavt, og effekten av jordarbeidingsregime ble ikke videre analysert for denne *Fusarium*-arten. For de andre *Fusarium*-soppene (*F. graminearum* og *F. avenaceum*) ble det stort sett ikke funnet signifikante forskjeller i innhold av sopp DNA i korn fra ulike jordarbeidingsregimer. Tilsvarende ble det heller ikke funnet noen signifikante forskjeller i innhold av DON og Enniatiner i korn fra ulike behandlinger. Vi observerte en betydelig mengde DNA (sporer) av *F. graminearum* og *F. avenaceum* i lufta over begge forsøksfelt begge år (Hofgaard *et al.* 2016a). Vi antar derfor at årsaken til at vi ikke fant noen forskjeller mellom de ulike jordarbeidingsregimene var at soppsporer spredde seg mellom forsøksrutene og på denne måten jevnet ut effekten av ulikt smittepress. Flere studier har vist at risiko for *Fusarium* og mykotoksiner i korn øker ved redusert jordarbeiding sammenliknet med pløying. I motsetning til resultater fra tilsvarende studier, observerte vi høyere konsentrasjon av *Fusarium*-DNA og DON i korn fra ruter som var pløyd sammenliknet med harva ruter i enkelte felt (Hofgaard *et al.* 2022). Vi antar at dette kan være resultat av at det i enkelte felt var større plantetetthet og større grad av legde i de pløyd rutene, noe som kan ha resultert i et fuktigere mikroklima, med påfølgende økning i soppvekst. Du kan finne informasjon om hvordan en kan redusere risikoen for mykotoksiner i korn i dyrkingsveiledningen fra NIBIO (Hofgaard *et al.* 2020a).

Fordeler og ulemper med ulike jordarbeidingsstrategier

Å la åkeren ligge i stubb (direktesåing, vårharving, vårpløying) minsker risikoen for erosjon og utlekking av næringsstoffer (Tørresen *et al.* 2015). Plogfri jordarbeiding kan imidlertid øke risikoen for utvikling av ugras og plantesjukdommer inkludert *Fusarium* som produserer mykotoksiner. Dette kan føre til økt behov for, og økt bruk av, plantevernmidler. Dersom det blir restriksjoner på bruken av ugrasmidlet glyfosat, eller at middelet fases ut, kan dette medføre store utfordringer for bekjempelse av ugras ved redusert jordarbeiding. Vårpløying er gunstig miljømessig sett, da det både gir redusert erosjon, lite ugras og plantesjukdommer



Figur 4. Effekt av ulike jordarbeiding på innhold av *Fusarium langsethiae* DNA og mykotoksinene HT2 og T2 i havrekorn høstet fra feltforsøk i Solør (a og c) og Øsaker (b og d) i 2012, etter tre år med ensidig korndyrking og ulike jordarbeidingsregimer. Verdiene presentert i kolonner merket med ulike bokstaver er signifikant forskjellige (Fisher LSD 5 %). For beskrivelse av de ulike jordarbeidingene, se tabell 1.

og derved redusert behov for plantevernmidler. Derimot kan det være vanskelig å gjennomføre vårploying på stiv leirjord. Dessuten kan vårploying gi økt tidspress i våronna og risiko for redusert avling. Til slutt må nevnes at værforholdene i stor grad påvirker utvikling av sjukdommer, mykotoksiner og ugras, samt effekten og miljørisikoen av plantevernmidler.

Konklusjon

Ploying om høsten fører til at planterester og ugras begravnes slik at risikoen for sjukdommer og ugras i neste års avling, reduseres. Derimot kan høstploying øke risikoen for erosjon og næringsavrenning. Redusert jordarbeiding kan gi store miljøfordeler i form av mindre erosjon og mindre avrenningstap av næringsstoffer. Samtidig kan redusert jordarbeiding øke risikoen for ugras, plantesjukdommer og mykotoksiner, noe som kan føre til økt behov for, og økt bruk av plantevernmidler. Våre resultater bekrefter at ugras og plantesjukdommer kan være et stort problem

når jorda ikke er pløyd. Etter tre år med ensidig dyrking av havre ble den største mengden av ugras og de høyeste nivåene av *Fusarium* og mykotoksiner målt i korn høstet fra harva ruter. I våre forsøk var vårploying tilnærmet like effektivt for å redusere risiko for ugras, *Fusarium* og mykotoksiner, som dyp høstploying. Velger en å pløye om våren kan åkeren ligge i stubb gjennom vinteren. Sammenliknet med høstploying, gir vårploying derfor bedre beskyttelse mot erosjon senhøstes og tidlig vår. Selv med redusert arbeidsdybde var vårploying nesten like effektivt som høstploying i nedgraving av halmrester i våre forsøk. Redusert pløedybde, som ble brukt i de vårplojede forsøksrutene, vil gi redusert trekkraftbehov og dieselforbruk. Imidlertid kan det være behov for dyp vårploying dersom flerårige ugrasarter dominerer. Vårploying kan gi avlinger som er sammenliknbare med høstploying. Selv på siltjord, hvor redusert jordbearbeiding ga avlingsreduksjoner i våre forsøk, ga vårploying nesten like høy avling som høstploying. For å møte dagens krav om å begrense grad av høstploying kan vårploying være et godt alternativ i de tilfellene

redusert jordarbeiding ikke er gjennomførbart. For å lykkes med vårploying er det viktig at det pløyes under lagelige forhold, men at dette ikke fører til utsatt såing. Vårpløying reduserer risiko for erosjon, samtidig som det kan gi tilsvarende avlinger og like god bekjempelse av ugras og plantesjukdommer som høstpløying. Det er behov for mer kunnskap om hvordan nye jordarbeidingsmetoder, kanskje i kombinasjon med fangvekster, påvirker avling og utvikling av skadegjørere i korn.

Litteratur

- Børresen, T. & Riley, H. 2003. The need and potential for conservation tillage in Norway, The 16th Triennial Conference 'Soil Management for Sustainability', 1, International Soil Tillage Research Organization, Brisbane, p. 6.
- Engelhart-Bergsjø, H., Økland, M.S. & Galleberg, O., 2022. Regionale miljøkrav for jordbruket i Oslo og Viken er nå bestemt. <https://www.statsforvalteren.no/nb/oslo-og-viken/landbruk-og-mat/jordbruk/miljotiltak/regionale-miljokrav/regionale-miljokrav-for-jordbruket-i-oslo-og-viken-er-na-bestemt/>. (accessed 08.12.2022 2022).
- Hofgaard, I.S., Seehusen, T., Aamot, H.U., Riley, H., Razzaghian, J., Le, V.H., Hjelkrem, A.G.R., Dill-Macky, R. & Brodal, G. 2016a. Inoculum potential of *Fusarium* spp. relates to tillage and straw management in Norwegian fields of spring oats. *Frontiers in Microbiology*. 7(Article 556), 1-15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00556>.
- Hofgaard, I.S., Aamot, H.U., Brodal, G., Russenes, A.L., Hjelkrem, A.R., Lillemo, M. & Strand, E., 2020a. Hvordan redusere risiko for mykotoksiner i korn? in: Henriksen, B. (Ed.) NIBIO-pop, pp. 1-4. <https://hdl.handle.net/11250/2711593>.
- Hofgaard, I.S., Aamot, H.U., Seehusen, T., Holen, B.M., Riley, H., Dill-Macky, R., Edwards, S.G. & Brodal, G., 2022. Reduced Risk of Oat Grain Contamination with *Fusarium langsethiae* and HT-2 and T-2 Toxins with Increasing Tillage Intensity. *Pathogens*. 11(11), 1288. <https://doi.org/10.3390/pathogens11111288>.
- Hofgaard, I.S., Aamot, H.U., Seehusen, T., Riley, H., Dill-Macky, R., Holen, B.M. & Brodal, G. 2020b. *Fusarium* and mycotoxin content of harvested grain was not related to tillage intensity in Norwegian spring wheat fields. *World Mycotoxin Journal*. 13(4), 473-486. <https://doi.org/10.3920/WMJ2020.2575>.
- Hofgaard, I.S., Aamot, H.U., Torp, T., Jestoi, M., Lattanzio, V.M.T., Klemsdal, S.S., Waalwijk, C., van der Lee, T. & Brodal, G. 2016b. Associations between *Fusarium* species and mycotoxins in oats and spring wheat from farmers' fields in Norway over a six-year period. *World Mycotoxin Journal*. 9(3), 365-378. <https://doi.org/10.3920/WMJ2015.2003>.
- Riley, H. 2016. Tillage timeliness for spring cereals in Norway, NIBIO rapport, 2(112), NIBIO.
- Riley, H., Børresen, T. & Lindemark, P.O. 2009. Recent yield results and trends over time with conservation tillage on clay loam and silt loam soils in southeast Norway. *Acta Agric. Scand. B Soil Plant sci.* 59, 362-372. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/09064710802263200>.
- Riley, H. & Ekeberg, E. 1998. Effects of depth and time of ploughing on yields of spring cereals and potatoes and on soil properties of a morainic loam soil. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and Plant Science*. 48, 8.
- Riley, H.C.F., Bleken, M.A., Abrahamsen, S., Bergjord, A.K. & Bakken, A.K. 2005. Effects of alternative tillage systems on soil quality and yield of spring cereals on silty clay loam and sandy loam soils in the cool, wet climate of central Norway. *Soil and Tillage Research*. 80(1GÇ02), 79-93.
- Seehusen, T. 2014. Reduced soil tillage and soil compaction in cereal-growing under Norwegian farming conditions: Studies of compaction risk, soil structure, crop yields, weediness and overwintering of *Fusarium*, *Philosophiae Doctor*(86), The Norwegian University of Life Sciences.
- Seehusen, T. 2019. Jordpakking – årsaker, konsekvenser og tiltak, NIBIO POP, 5(2), NIBIO. <http://hdl.handle.net/11250/2584541>.
- Seehusen, T., Hofgaard, I.S., Tørresen, K.S. & Riley, H. 2016. Residue cover, soil structure, weed infestation and spring cereal yields as affected by tillage and straw management on three soils in Norway. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B Soil & Plant Science*. 67(2), 93-109. <https://doi.org/10.1080/09064710.2016.1221987>.
- Tørresen, K.S., Brandsæter, L.O., Netland, J., Berge, T., Ringselle, B. & Strand, E. 2018. Alternativer til glyfosat i korn og grasmark, NIBIO Rapport, 4(79), NIBIO, Ås, Norway, p. 72. <http://hdl.handle.net/11250/2561440>.
- Tørresen, K.S., Hofgaard, I.S., Eklo, O.M., Netland, J., Brandsæter, L.O., Brodal, G., Elen, O., Ficke, A., Almvik, M., Bolli, R., Stenrød, M. & Strand, E. 2012. Redusert jordarbeiding og konsekvenser for plantevern, Bioforsk rapport, 7(58), Ås, Norway pp. 1-67. <http://hdl.handle.net/11250/2451217>.
- Tørresen, K.S., Skarbøvik, E., Kværnø, S., Bechmann, M., Stenrød, M., Eklo, O.M., Brodal, G., Hofgaard, I.S., Björkman, M., Riley, H., Kvakkestad, V., Refsgaard, K., Børresen, T., Dörsch, P., Stabbetorp, J. & Strand, E. 2015. Effekter av ulik jordarbeiding i korn, NIBIO POP, 1(5), NIBIO, Ås, Norway, p. 13. <http://hdl.handle.net/11250/2368373>.