



NIBIO
NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI



Forskningssmidlene
for jordbruk og matindustri

Alternativer til glyfosat i korn og grasmark

NIBIO RAPPORT | VOL. 4 | NR. 79 | 2018



Tørresen, K.S., Brandsæter, L.O., Netland, J., Berge, T.W., Ringselle, B., Strand, E.
Divisjon for bioteknologi og plantehelse

TITTEL/TITLE

Alternativer til glyfosat i korn og grasmark

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Tørresen, K.S., Brandsæter, L.O., Netland, J., Berge, T.W., Ringselle, B., Strand, E.

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
06.09.2018	4/79/2018	Åpen	10573	18/00898
ISBN:	ISSN:		ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:
978-82-17-02128-5	2464-1162		66	1

OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:

Forskningsmidlene for jordbruk og matindustri

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Elin Brekke

STIKKORD/KEYWORDS:

Glyfosat, kveke, ugras, korn, grasmark, herbicider, mekanisk bekjemping

Glyphosate, alternatives, *Elymus repens*, weeds, cereals, grasslands, herbicides, mechanical weed control

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Plantevern

Plant protection

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Glyfosat er det mest brukte plantevernmidlet i Norge og på verdensbasis. Det har i de siste årene vært diskutert om dette ugrasmeddelet skulle få fornyet godkjenning. I 2017 ble glyfosat godkjent for fem nye år til 2022. Dersom glyfosat fases ut er en redd det vil få store negative konsekvenser for jordbruk og matproduksjon. Glyfosat brukes til å bekjempe ugras og andre uønska planter på dyrka og udyrka arealer. I jordbruket er glyfosat spesielt viktig for å begrense ugrasets avlingsreducerende effekt. I norsk jordbruk brukes glyfosat hovedsakelig til å bekjempe ugrasarten kveke i korndominerte omløp og ved fornying av grasmark. Ved redusert jordarbeiding er glyfosat viktig for bekjemping av flerårige og andre overvintrende ugras. Vi har i denne rapporten kartlagt kunnskap relevante for norske forhold på hvilke ikke-kjemiske og kjemiske alternativer til glyfosat som en har/kan få i framtida i korn og grasmark slik at matproduksjonen kan opprettholdes. Mekaniske tiltak som pløying og ulike former for jordarbeiding i stubben mot kveke og andre ugras, og radrensing i korn mot ugras generelt er viktige alternativer til glyfosat. Det er også noen nye redskapstyper (rotskjærere) som virker lovende i bekjemping av ugras. Videre så vil en god jord- og plantekultur med et godt vekstskifte bidra til å holde ugraset under kontroll. Per i dag fins det noen få kjemiske alternativer mot kveke i hvete, rug og mot tofrøblada rotugras i korn. Det er andre kjemiske alternativer som kan undersøkes mer for bruk i stubbåker/til brakking av grasmark som for eksempel ulike organiske syrer og grasugrasmidler for tofrøblada kulturer. Miljø- og helseeffekter av disse alternativene må være akseptable. Ved bortfall av glyfosat vil det være viktig å ta tofrøblada kulturer inn i vekstskiftet der grasugras kan bekjempes med kjemiske midler eller radrensing. Vi tror bruken av glyfosat kan reduseres mye ved å bruke glyfosat mer optimalt, dvs.



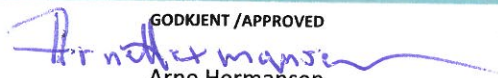
NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI


sprøyte under gunstige forhold og til riktig tid (utviklingsstadium) og tilpasse dosen til ugrasarter, været og størrelsen på ugraset. Ettersom kveke ofte opptrer flekkvis i åkeren, er det et stort potensial i å ta i bruk presisjonssprøyting (automatisk flekksprøyting) for å redusere forbruket av glyfosat. I Norge er dette aktuelt for kveke i moden byggåker og ugras i stubbåker. Glyfosat har en viktig rolle i norsk landbruk. Hvis glyfosat fases ut vil det trolig bli et større problem i korn enn i grasmark for avlingsnivå og matproduksjonen. Av alternative tiltak til glyfosat er ploegen og andre mekaniske metoder viktige, og redusert jordarbeiding uten bruk av ploegen vil være vanskelig uten glyfosat per i dag. Det trengs mer forskning og utvikling av de ulike alternativene, deres ugraseffekt, miljøeffekter, kostnader, andre sideeffekter, hvordan kombinere dem og sette dem inn i et vekstskifte for å opprettholde norsk matproduksjon med redusert eller ingen tilgang til glyfosat.

Glyphosate is the most commonly used pesticide both in Norway and worldwide, but in recent years its renewal has been fiercely debated. In 2017, glyphosate was approved until 2022. If glyphosate were to be severely restricted or even banned, it would have serious consequences for agriculture and food production. Glyphosate is a broad-spectrum herbicide used to control a wide range of weed species in cropped and non-cropped areas. Glyphosate is especially important for agriculture to reduce the crop yield losses due to weed competition. In Norway, glyphosate is particularly important for controlling couch grass (*Elymus repens*) in cereal production and in renewal of grasslands. When using reduced tillage, glyphosate is important for the control of perennial and other overwintering annual weeds. In this report we have identified which non-chemical and chemical alternatives to glyphosate that may be relevant to Norwegian cereals and grasslands producers. Such alternatives include mechanical measures such as ploughing and various types of soil cultivation in the stubble against *E. repens* and other weeds and interrow hoeing in cereals against weeds in general. There are also some new types of tools (root cutters) that are promising for weed control. Furthermore, well-planned cultural measures and crop rotation will help keeping weeds under control. Today there are a few herbicides against *E. repens* in wheat, triticale and rye and against dicot perennial weeds in cereals. There are however other chemical alternatives that can potentially be used in the stubble and for breaking the grassland, such as various organic acids and graminicides approved in potatoes, oil seed rape and other dicot crops. The environmental and health effects of these alternatives has to be acceptable. Without glyphosate, it will be important to incorporate dicot crops into the rotation where grass weeds can be controlled with herbicides or interrow hoeing. We believe that the use of glyphosate can be greatly reduced by applying glyphosate under favourable conditions and at the right time (weed developmental stage) and to adjust the dose rate to the weed flora, weather conditions and the size of the weeds. There is a great potential in developing precision spraying (automatic spot spraying) to reduce glyphosate use. In Norway, such precision spraying is applicable for spraying against *E. repens* in ripe barley and for stubble treatments of weeds. If glyphosate is phased out in Norway, it will probably be more difficult to maintain yield levels in cereals than in grasslands. The plough and other mechanical methods are important alternatives to glyphosate, and consequently reduced tillage without ploughing will be difficult without glyphosate. More research and development of alternatives is needed, on their efficacy, environmental impact, costs and other side effects, how to combine them with one another and how to best include them in different crop rotations. Otherwise it may be difficult to maintain the current level of Norwegian food production if access to glyphosate is reduced or revoked.

LAND/COUNTRY: Norge
FYLKE/COUNTY: Akershus
KOMMUNE/MUNICIPALITY: Ås
STED/LOKALITET: Ås

GODKJENT /APPROVED

Arne Hermansen

NAVN/NAME

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

Kirsten Semb Tørresen

NAVN/NAME



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Forord

Glyfosat er det mest brukte plantevernmidlet i Norge. Det var når vi startet dette prosjektet i 2017 usikkert om glyfosat ville få forlenget godkjenning. I 2017 fikk glyfosat fornyet godkjenning for fem nye år til ut 2022. Hva skjebnen til glyfosat blir etter dette er usikkert.

Glyfosat har mange bruksområder på dyrka og udyrka arealer og er viktig i bekjemping av uønsket vegetasjon. I jordbruket er glyfosat spesielt viktig for å bekjempe ugrasarten kveke både i korndominerte omløp og ved fornying av grasmark. Ved redusert jordarbeiding er glyfosat viktig for bekjemping av flerårige og andre overvintrende ugras. Dersom glyfosat helt fases ut vil det trolig få store negative konsekvenser for jordbruk og matproduksjon.

Det er behov for å kartlegge kunnskap fra norske og nordiske forsøk på kjemiske og ikke-kjemiske alternativer til glyfosat tiltak til bruk i integrert og økologisk jordbruk slik at matproduksjonen kan opprettholdes, jf. målet om matsikkerhet og bærekraftig matproduksjon i Stortingsmelding nr. 9 om Landbruks- og matpolitikken. Vi trenger å dokumentere hvordan bruken av glyfosat kan reduseres og hva evt. alternativer helt uten glyfosat har å si for ugrasutvikling og avlingsnivå. NIBIO søkte Landbruksdirektoratet om utredningsmidler fra Forskningsmidlene for jordbruk og matindustri høsten 2016 til prosjektet «Alternativer til ugrasmidlet glyfosat i norsk jordbruk – kartlegging av kunnskapsstatus». Bondelaget oppfordret NIBIO til å søke og støttet søknaden. Utredningsprosjektet ble innvilget med noe redusert omfang.

Prosjektet er utført av ugrasforskerne Kirsten Semb Tørresen, Jan Netland, Therese With Berge og Björn Ringselle ved NIBIO og, Lars Olav Brandsæter ved NMBU/NIBIO, samt kornkoordinator i NLR/NIBIO Einar Strand. Prosjektet hadde som hovedmål:

Opprettholde norsk matproduksjon ved redusert eller ingen tilgang på glyfosat ved å gi en oversikt og vurdering av tilgjengelige alternativer og forskning som pågår for å finne fram til nye metoder og teknologi som kan erstatte glyfosat i korn- og grovfôrproduksjonen i Norge.

Følgende delmål ble satt opp:

1. Samordna litteratursøk for alle tema i prosjektet
2. En oversikt over bruksområdene til glyfosat i korn og grasmark
3. Vurdering av tilgjengelige alternativ til bruken av glyfosat i korn- og grovfôrproduksjonen her til lands og av pågående forskning og utvikling av teknologi og strategi som helt eller delvis kan erstatte glyfosat
4. Formidling av funn som er gjort i prosjektet

Denne rapporten er en sammenstilling av funnene i prosjektet og utgjør delmål 4 i prosjektet. På grunn av mindre ressurser (reduisert bevilgning) er det mindre tallfesting av effekter på ugras og avling enn planlagt. Vi skal i følge søknaden i rapporten foreslå veikart for reduksjon i bruken og avhengigheten av glyfosat.

Takk til Kjell Mangerud for gjennomlesing og gode faglige råd i arbeid med rapporten og spesielt ved utarbeiding av Vedlegg 1. Til slutt vil vi takke styrene for *Forskningsmidlene for jordbruk og matindustri* for støtten til prosjektet.

Ås, 06.09.18

Kirsten Semb Tørresen

Lars Olav Brandsæter

Jan Netland

Therese With Berge

Björn Ringselle

Einar Strand

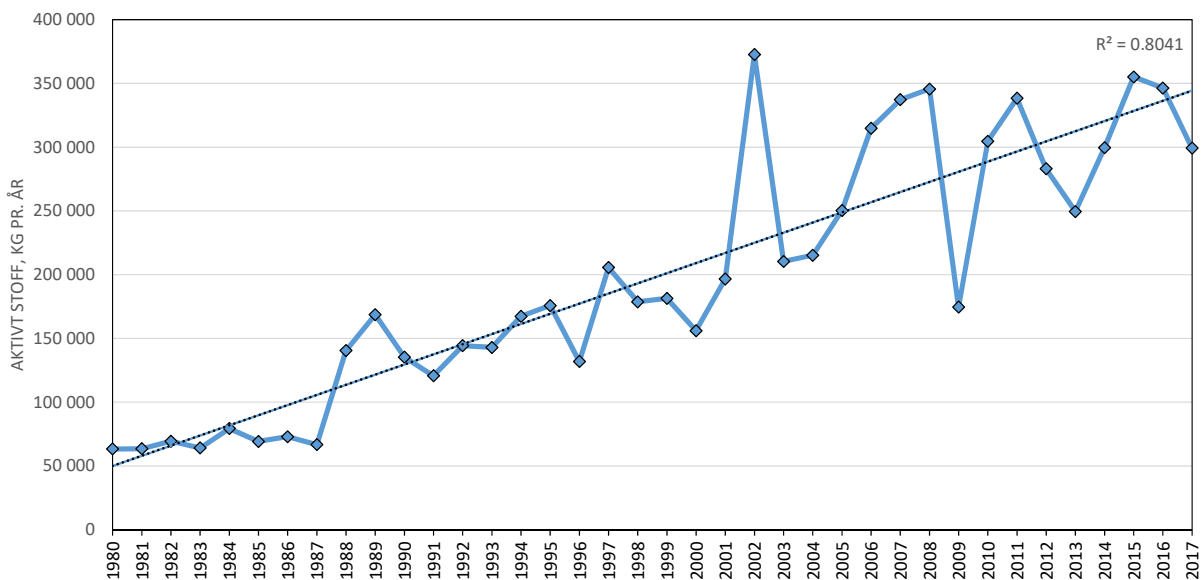
Innhold

1	Innledning.....	8
1.1	Utvikling av glyfosatbruk i Norge.....	8
1.2	Bruksområder til glyfosat korn og grasmark	9
1.3	Direktivet om bærekraftig bruk av plantevernmidler/integrert plantevern	11
1.4	Diskusjonen om glyfosat – godkjenning	12
1.5	Scenario: Mulig redusert bruk av glyfosat.....	13
2	Korn	14
2.1	Effekt av glyfosat	14
2.2	Ikke-kjemiske alternativer	15
2.2.1	Vekstskifte til korn	17
2.2.2	Jord- og plantekultur	20
2.2.3	Harving og pløying som alternativ til glyfosat	23
2.2.4	Nye redskaper for stubbarbeiding (rotkuttere)	32
2.2.5	Radrensing i korn og andre kulturer	33
2.2.6	Andre ikke-kjemiske metoder i korn og andre kulturer	34
2.3	Alternativ bruk av kjemisk plantevern.....	34
2.3.1	Kjemiske alternativer til glyfosat i moden åker- kveke	34
2.3.2	Kjemiske alternativer til glyfosat i stubben om høsten.....	34
2.3.3	Kjemiske alternativer til glyfosat i stubben om våren.....	38
2.4	Integrert plantevern i korn	38
2.4.1	Optimal bruk av glyfosat	38
2.4.2	Presisjonssprøyting	43
2.4.3	Kombinasjon av ikke-kjemiske og kjemiske tiltak i integrert plantevern.....	50
3	Grasmark	51
3.1	Effekter av glyfosat i grasmark	51
3.2	Alternative metoder ved fornying av eng (brakking)	51
3.2.1	Mekanisk brakking av enga	51
3.2.2	Mulige andre ikke-kjemiske tiltak	52
3.2.3	Mulige andre kjemiske alternative midler	52
3.3	Selektive metoder for ugraskontroll i grasmark.....	52
3.3.1	Selektive kjemiske midler i grasmark.....	52
3.3.2	Selektive ikke-kjemiske metoder i grasmark.....	53
4	Sideeffekter: Resistens, energibruk, erosjon, forurensing.....	54
4.1	Resistens.....	54
4.2	Energibruk, erosjon, forurensing.....	54
5	Oppsummering og kunnskapsmangler.....	56
5.1	Korn	56
5.2	Grasmark	57
5.3	Sluttord.....	57
	Litteraturreferanser	58
	Vedlegg.....	67

1 Innledning

1.1 Utvikling av glyfosatbruk i Norge

I 1974 ble glyfosat godkjent i Norge og bruken i stubbåker ble raskt den viktigste metoden for bekjempelse av kveke (*Elymus repens*). Begrensningen for denne metoden er sein tresking og dermed for kort vekstperiode om høsten. For å bøte på dette i områder med kort vekstsesong ble glyfosat også godkjent brukt i moden byggåker tidlig på 80-tallet (Skuterud 1983). Glyfosat ble godkjent til skogbruksformål i 1976. Allerede i godkjenningsåret ble det sprøytet 11000 daa i skog. Sprøytearealet steg til 18000 i 1977 og til en topp i 1978 på 125000 da. Glyfosat avløste raskt fenoksysyrene MCPA, 2,4-D og 2,4,5-T (Lund-Høie 1978). Andre bruksområder ble ved fornying av grasmark, frukt og bærhager, hobbyhager og udyrka areal som veikanter, langs hekker og treplantninger, langs åkerkanter etc. Men det store bruksområdet ble bekjempelse av flerårig ugras, særlig kveke, i korn. En spørreundersøkelse blant kornbønder viste at det nå sprøytes i gjennomsnitt per år vel 0,6 ganger i vårkorn, omtrent 0,5 ganger i høstkorn og noe over 0,3 ganger i moden byggåker (Kvakkestad & Prestvik 2015). Før glyfosat ble kveka bekjempa mekanisk med oppkutting ved stubbharving og djup nedpløying. Ved tidlig tresking og gode værforhold utover høsten oppnådde bøndene til tider god kontroll av kveka, men intensiv jordarbeiding førte til erosjon og etter år med ugunstige værforhold kom det rask oppformering av kvekebestandet. Av kjemiske middel hadde vi TCA og Dalapon som kunne brukes i oljevekster i omløp med korn og i stubbåker i kombinasjon med jordarbeiding før vårkorn (Skuterud 1983; 1984). Amitrol som ble brukt selektivt i havre var også på markedet noen år (Netland, pers. komm.). Ingen av disse midlene er lenger på det norske markedet.



Figur 1. Årlig omsetning av glyfosat i Norge i perioden 1980 til 2017. Kilde: Mattilsynet 2018a.

Figur 1 viser totalomsetningen av glyfosat i perioden 1980 til 2017. Trendlinja for omsetninga viser en økning i perioden. Det store hoppet fra 1987 til importtallene i 1988, -89 og -90 har sannsynligvis med den økende fokusen på jorderosjon å gjøre og at bøndene fikk tilskudd til å la åkeren ligge i stubb.

Den årlige variasjon i omsetning skyldes i noen grad at værforholdene om høsten ikke var gode nok til å gi tilstrekkelig kvekegjenvækst. I 2002 ble det uvanlig stort forbruk og omsetning av glyfosat på

grunn av tidlig kornhøst og dermed gode forhold for kvekebekjempelse. 2003 var et "normalår" uten spesielle plantevernforhold.

Omsetningsstatistikken i perioden 1998 til 2000 er sterkt preget av innføringen av nytt avgiftssystem med avgiftsøkning i 1999, og ytterligere avgiftsøkning i 2000. Annonsering av avgiftsøkningene førte til stor import i slutten av 1998 og 1999. Lagerbeholdningen ble betydelig større enn normalt, og omsetningen ble derfor lav i 2000 og 2001. De markerte toppene i omsetningstallene gjenspeiler økt innkjøp før avgiftsøkning og tilsvarende nedgang i omsetning pga. av store lager (Mattilsynet 2018a).

Glyfosat ble introdusert av Monsanto under handelsnavnet Roundup midt på 1970-tallet. I 2000 gikk patenten ut og det kom mange glyfosatmidler fra andre leverandører. I dag er det omtrent 30 glyfosatprodukter godkjent i Norge (18 yrkespreparater og 13 hobbypreparater med registreringsnummer hos Mattilsynet pr. 06.08.2018, www.mattilsynet.no), men ikke alle markedsføres. Det er stadig endring i hvilke preparater som er godkjent og markedsføres. Det fins ulike formuleringer av glyfosat (f. eks. ulike typer salt) og konsentrasjon på preparatene. Prisen på glyfosatpreparatene har gått ned med årene.

1.2 Bruksområder til glyfosat korn og grasmark

Glyfosat har i dag mange bruksområder både som yrkespreparatet og i hobbypreparatet som nevnt tidligere. I denne rapporten har vi fokus på bruken i korn og grasmark. I kornomløp kan glyfosat brukes i moden byggåker til bekjemping av kveke, takrør o.a og i stubbåker om høsten eller før våronn for å bekjempe både frøgras, rotgras og spesielt kveke. Det fins eget utstyr på treskeren til bruk for påstryking av glyfosat i nykutta kvekestubber. Dette er særlig aktuelt der en skal ha høstkorn etterpå og en ikke har tid til å sprøyte i stubben. I grasmark kan glyfosat brukes før fornying med pløying eller i kombinasjon med bruk av rotorharv, såbedsharving/jordarbeiding og såing av gras-kløverblanding. Glyfosat kan brukes både om høsten i grasmark, på forsommeren og på gjenveksten etter slått. I frøeng er det aktuelt å bruke glyfosat i forbindelse med falskt såbed og påstrykerutstyr for å bekjempe ugrasplanter som er høyere enn kulturen. Tabell 1 gir en oversikt over bruksområdene i korn og grasmark. Vi har rangert bruken etter antatt viktighet for matproduksjon.

Tabell 1. Oversikt over bruksområder til glyfosat i korn og grasmark med antatt viktighet for matproduksjonen.

Bruk nr.	Kultur	Tidspunkt	Dose i følge etiketten		Ugrasarter**	Viktighet for matproduksjon	
			g glyfosat pr. dekar	preparat ml pr. dekar*		Range-ring 1-5***	Begrunnelse
1	Bygg	Moden åker, 7 eller 10 dager før høsting	72-108	200-300	Kveke, takrør o.a.	2	Kan erstattes av bruk 4 og 8
2	Påstryking ved tresking av korn	Ved høsting	1 del preparat + 1 del vann i svamp/veke		Kveke	2	Kan erstattes av bruk 4, 6, 7 og 8, viktigst der det skal dyrkes høstkorn etterpå
3	Stubbåker	Kort tid etter høsting	36-108	100-300	Frøgras f.eks. tunrapp, vassarve, balderbrå	3	Kan erstattes av pløying høst eller vår
4	Stubbåker	Minst 3-4 uker etter høsting, kveke minst 3-4 blad	72-144	200-400	Kveke	5	Har ingen gode alternativer i korn (unntatt i hvete)
5	Stubbåker	Etter høsting på store rosetter	288	600-800	Tofrø-blada rotugras	2	Kan erstattes av bl.a. MCPA og mekoprop i korn
6	Stubbåker før høstkorn	Kort tid etter tresking (stubbe høyt)	108-144	300-400	kveke	4	Viktig, men ofte dårligere resultat enn bruk 4
7	Høstkorn/Vårkorn	Etter direkte-såing, men før oppspiring av korn	Som for stubbåker om høsten, noen preparater lavere dose			1	Kan erstattes av andre bruk. Stor risiko for skade
8	Vårkorn	3-4 dager før våronn	Som for stubbåker om høsten			2-5	Som bruk 3-5
9	Fornyng grasmark	Kveke minst 3-4 blad, om høsten, på forsommeren og på gjenvekst etter slått	108-144	300-400	Grasarter og kveke	3	Pløying er effektivt. Ugraset er også et fôr
10	Fornyng grasmark	På store rosetter av ugras, om høsten, på forsommeren og på gjenvekst etter slått	216-288	600-800 (maks 600 for noen preparater)	Tofrø-blada flerårige ugras i tillegg til grasarter	2	Pløying er effektivt. Ugraset er også et fôr. Kan bruk andre herbicider på tofrøblada arter
11	Frøeng	Etter falskt såbed før såing	Som for stubbåker om høsten			1	Indirekte betydning for matproduksjonen, ved å levere reint såfrø til grovfôrproduksjon
12	Frøeng (korte arter)	Sommer, påstryking (selektivt pga. metode)	1 del preparat + 1 del vann i svamp/veke		Høye grasarter	1	

*som 360 g/L preparat, **latinsk navn: kveke-*Elymus repens*, takrør-*Phragmites australis*, tunrapp-*Poa annua*, vassarve- *Stellaria media*, balderbrå-*Tripleurospermum inodroum*, ***1-lite viktig, 5=meget viktig

1.3 Direktivet om bærekraftig bruk av plantevernmidler/integrert plantevern

I ny Forskrift om plantevernmidler som trådte i kraft fra 1. juni 2015 ble EUs Direktiv for bærekraftig bruk av plantevernmidler (Direktiv 2009/128/EF) gjeldende i Norge og alle bønder skal dermed bruke integrert plantevern (IPV). I forskriftens første paragraf er integrert plantevern definert slik:

"...overveielse og bruk av alle tilgjengelige teknikker og metoder som lar seg forene for å forhindre skadegjørere fra å utvikle seg, og som holder bruken av plantevernmidler og andre former for inngrep på et økonomisk og økologisk forsvarlig nivå, samtidig som risikoen for menneskers helse og for miljøet reduseres eller minimaliseres."

I et vedlegg til direktivet (vedlegg 2 i Forskrift om plantevernmidler) er det listet opp åtte prinsipper for integrert plantevern (IPV). Disse gjenspeiler en logisk rekkefølge i plantevernarbeidet. Dette er viktig å ta hensyn til også for å vurdere alternativer til glyfosat. De åtte prinsippene er illustrert i Figur 2. På NIBIO sine nettside om integrert plantevern (www.nibio.no/tema/plantehelse/integrert-plantevern) er de 8 IPV-prisippene gjengitt slik (noe omarbeidet fra vedlegget):

1. Preventive tiltak

Angrep av skadegjørere skal forebygges, fortrinnsvis gjennom:

- Vekstskifte
- Hensiktsmessige dyrkingssystem (f.eks. falsk såbed, såtidspunkt- og tetthet, underkultur, redusert jordbearbeiding, beskjæring og direkte såing)
- Resistente og/eller tolerante sorter og standardfrø / sertifisert frø og sertifisert plantemateriale når dette er relevant
- Balansert (dvs tilpasset) gjødsling, kalking, vanning og drenering
- Hygienetiltak (f. eks. rensing av maskiner og utstyr, fjerning av infisert plantemateriale)
- Beskytte og fremme nytteorganismer gjennom forebyggende tiltak eller ved tilretteleggelse av leveområder for økt biodiversitet og for bevegelse av nytteorganismer mellom ulike leveområder (f. eks gjennom etablering av vegetasjonsstriper i og utenfor produksjonsområdet)

2. Overvåkning

Skadeorganismer må overvåkes med passende metoder og verktøy. Overvåkning omfatter observasjoner i felt, vurdering av skadeterskel, varsling og tidlig diagnose i tillegg til faglig veiledning av kvalifiserte rådgivere.

3. Beslutningsgrunnlag

På bakgrunn av resultatene fra overvåkingen skal yrkesdyrkeren avgjøre om planteverntiltak skal gjennomføres eller ikke. Robuste og vitenskapelige grenseverdier er vesentlige elementer i beslutningen. Hvis mulig skal det for eventuell behandling tas hensyn til skadeterskler som er fastlagt for skadegjøreren regionalt, for spesifikke områder, for kulturen eller for særskilte klimatiske forhold.

4. Ikke-kjemiske metoder

Bærekraftige biologiske, mekaniske eller andre ikke-kjemiske bekjempelsesmetoder skal alltid foretrekkes hvis de er tilstrekkelig effektive.

5. Valg av sprøytemidler

Sprøytemiddelet som blir brukt skal være så spesifikk mot målorganismen som mulig og samtidig ha lavest mulige bivirkninger på menneskelig helse, miljø og ikke-målorganismer.

6. Redusert sprøytemiddelbruk

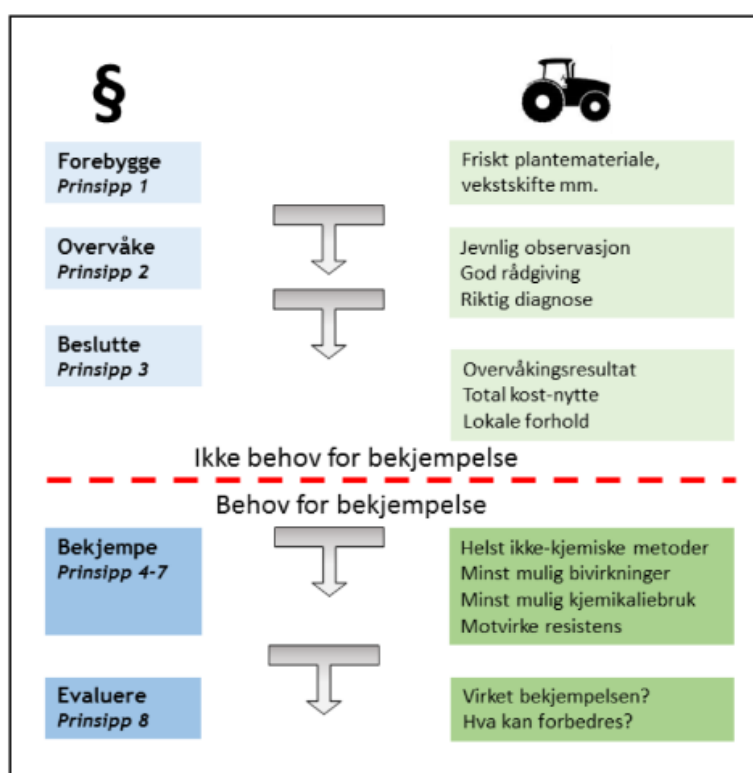
Yrkesdyrkere bør begrense bruken av sprøytemidler og tiltak til det nødvendige gjennom reduserte doser, redusert antall behandlinger eller begrenset omfang (f. eks kantsprøytinger) slik at risikoen med plantevernmiddelet er akseptabel for miljøet og for å unngå økt risiko for resistens hos skadegjøreren.

7. Anti-resistens strategier

Hvis risiko for resistens mot et planteverntiltak er kjent og mengden av skadegjøreren i kulturen krever gjentatte sprøytinger med plantevernmiddel, bør tilgjengelige strategier for å motvirke resistens anvendes for å bevare effektiviteten til produktene. Dette kan for eksempel omfatte bruk av andre plantevernmidler med forskjellig virkemåte.

8. Evaluering

Yrkesdyrkeren bør, med utgangspunkt i sprøytejournal og overvåkning av skadegjøreren, kontrollere at de planteverntiltak som er brukt, har virket.



Figur 2. De 8 prinsippene for integrert plantevern. Bearbeidet fra Barzman *et al.* 2015 (<https://www.nibio.no/tema/plantehelse/integrert-plantevern/8-prinsipper-for-ipv-1>)

1.4 Diskusjonen om glyfosat – godkjenning

Godkjenning av plantevernmidler i Norge følger EUs regelverk og EU forordning 1107/2009 om omsetning av plantevernmidler er sentral her. Først må det aktive stoffet godkjennes og så preparater som inneholder det aktive stoffet. For gamle preparater er det en revurdering hvert 7-15 år avhengig av type preparat. Det aktive stoffet glyfosat var under revurdering når vi startet dette prosjektet i 2017. Det var da usikkert om glyfosat ville få forlenget godkjenning. Det var mye diskusjon om helseeffekter relatert til bruk av glyfosat. Blant annet vurderte det internasjonale byrået for kreftforskning (IARC), underlagt verdens helseorganisasjon (WHO), at glyfosat trolig er kreftfremkallende, mens organer i EU (EFSA, det europeiske 'Mattilsynet', og ECHA, det europeiske kjemikaliebyrået) konkluderte med at glyfosat ikke klassifiseres som kreftfremkallende. I november 2017 fikk glyfosat fornyet godkjenning i

EU og Norge for fem nye år til 2022 (Mattilsynet 2018b). De ulike glyfosatpreparatene skal så vurderes om de skal godkjennes. Hva sjebne til glyfosat blir etter 2022 er usikkert.

1.5 Scenario: Mulig redusert bruk av glyfosat

En kan tenke seg ulike scenarier for bruk av glyfosat framover fra anslagsvis 10 til 100% reduksjon i bruken. Det kan være:

- Begrensing i bruksområder
- Redusert bruk av glyfosat i de ulike bruksområdene
- Totalforbud (100% reduksjon)

Begrensing i bruksområder vil bety at noen kulturer fjernes fra etiketten. Noe som er omdiskutert er bruken i moden åker og bruken av hobbypreparater i privathager. Bruken av glyfosat i moden åker er kun tillatt i bygg i Norge, mens i andre europeiske land er det godkjent i flere kornarter og andre åkerkulturer. Reduseres bruken i moden bygg i Norge, vil det trolig ikke redusere totalt forbruk av glyfosat- en vil da flytte bruken til etter tresking i stubbåkeren eller om våren. En kan risikere hyppigere sprøyting da kveke blir dårligere bekjempa av stubbsprøyting enn av sprøyting i moden åker. I moden bygg kan en bruke noe lavere doser mot kveke enn i stubbåkeren for å få samme effekt (kapittel 2.3.1). Fordelen med bruk i moden åker vil være god kvekebekjemping i år hvor det blir sein høsting der stubbsprøyting vil gi dårlig effekt. Dessuten vil det være raskere nedbryting siden det er høyere temperatur enn ved sein sprøyting stubbåker. Ulempen er at det kan bli noe glyfosatrester i kornet/føret, men fortsatt under grenseverdiene. Bruken i hobbyhager diskuteres ikke i denne rapporten.

Reduksjon i bruken i de ulike bruksområdene vil bety mer behovsbasert bruk av glyfosat og mer bruk av andre metoder. Som for plantevernmidler generelt er det krav til reduksjon i bruken ved sprøyte mer etter behov avhengig av ugrasarter som er til stede i åkeren, ugrasmengden og sprøyte når det er mest mulig optimalt mht. tid og værforhold. Vi vil diskutere dette mer i kapittel 2.4.1. Mer bruk av andre tiltak og integert plantevern er et krav og må følges opp mer.

Et totalforbud av glyfosat vil bety at en må ta i bruk mekaniske og andre tiltak, inkludert andre kjemiske ugrasmidler (også kalt herbicider). En vil da måtte tenke enda mer hele vekstskiftet og lære mer av kunnskap/erfaringer fra økologisk landbruk. Mekaniske metoder blir også tatt opp grundig i denne rapporten (kapittel 2.2.3, 2.2.4, 2.2.5, og 3.2.1). En utfordring er jorderosjon og utlekking av næringsstoffer med mer bruk av mekaniske tiltak. Det kan tenkes at det å klare seg helt uten glyfosat vil bety redusert avling, ihvertfall på kort sikt.

2 Korn

2.1 Effekt av glyfosat

Glyfosat har god effekt mot kveke når det bekjempes når kveka har nok plantemasse og med doser angitt på etiketten (Skuterud, 1989 og Figur 11 i kap. 2.4.1). Selv om pløying har god effekt på kveke, vil det være behov for å bekjempe kveka kjemisk hvert 3-5. år dersom en har kveke på skiftet (Skuterud 1983, Fykse *et al.* 2004). Bekjemping av kveke med glyfosat er enda viktigere hvis en driver med redusert jordarbeiding (uten pløying) eller direktesåing (der eneste jordarbeiding er den som såmaskinen gjør). At dyp pløying er viktig for bekjemping av kveke ble vist i et langvarig forsøk anlagt på leirjord så tidlig som i 1939 (Børresen & Njøs 1994), og på andre jordarter (Marti 1984, Ekeberg *et al.* 1985). Storruteforsøk under mer praktiske forhold (Skuterud *et al.* 1996) og feltforsøk med og uten plantevernmidler (Tørresen & Skuterud 2002, Tørresen *et al.* 2003) bekrefter dette og viser også at ugras som overvintrer som planter, dvs. vinterrettårige, toårige og flerårige arter øker når jordarbeidinga minker. En prinsipiell oversikt på hvordan ulike ugrasgrupper reagerer på jordarbeiding er oppsummert i Tørresen *et al.* (2012).

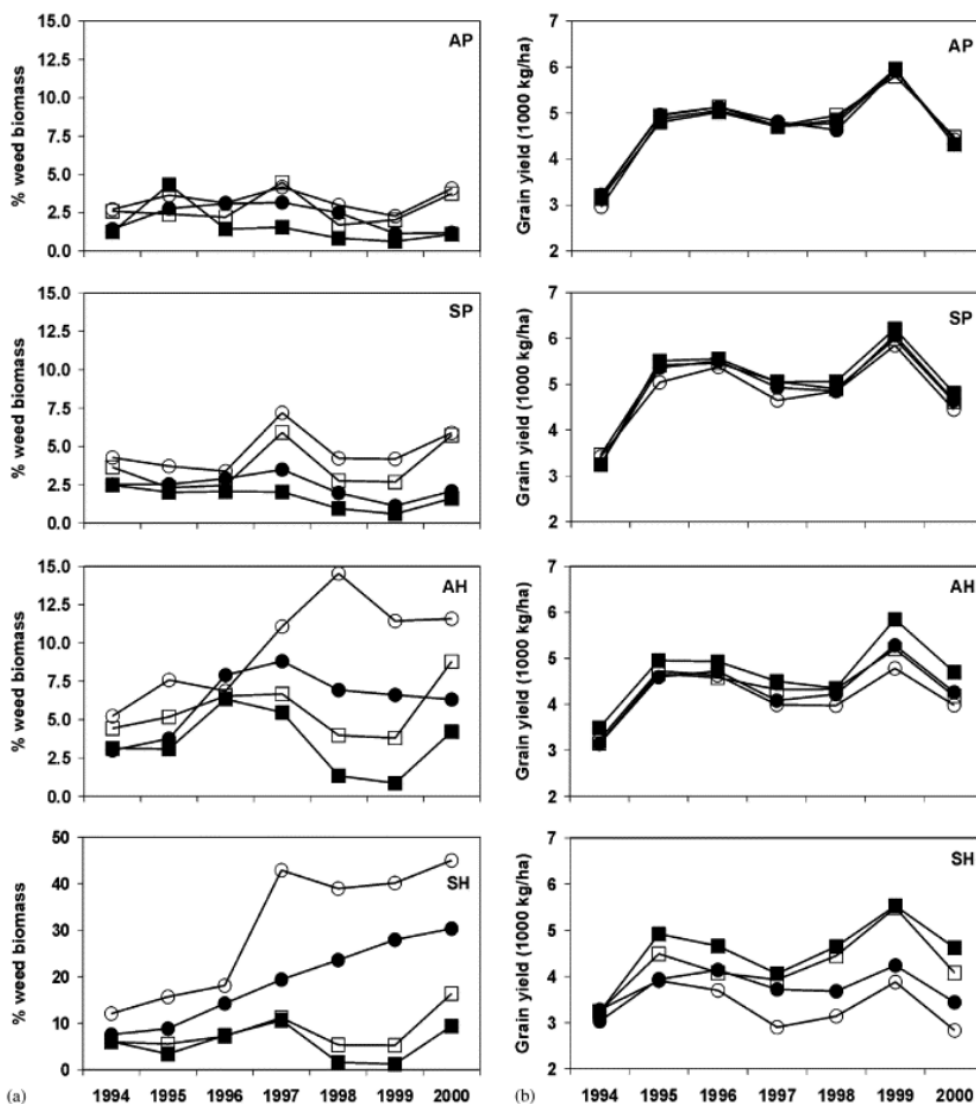
Glyfosat har det gjort det er mulig å bekjempe ugraset ved redusert jordarbeiding (oppsummert i Tørresen *et al.* 2012). Langvarige forsøk der ulik jordarbeiding (pløying høst eller vår, høstharving, vårharving, direktesåing) ble kombinert med ulik ugrassprøyting, viste generelt en økning av antall ugrasplanter og biomasse av ugras med minkende jordarbeiding (Tørresen *et al.* 1999, Tørresen & Skuterud 2002, Tørresen *et al.* 2003). På usprøyta ledd ble det svært lav avling både på direktesådde ledd og vårharva ledd (Figur 3). Årlig sprøyting med både glyfosat («1/2 kvekedose», 50 g virksomt stoff glyfosat pr. daa) og frøugrasmidler (normaldose) gjorde at ugrasnivå på vårharva og direktesådde ledd ble omtrent som på usprøyta høstpløyde ledd og avlinga ble opprettholdt. Nyere langvarige forsøk viser også at ugraset øker med plogfri jordarbeiding og at avlinga kan opprettholdes dersom flerårige ugras sprøytes jevnlig med ugrasmidler (bl. a. Riley *et al.* 2005, Riley *et al.* 2009). På verdensbasis vil avlingene av f.eks. hvete reduseres i størrelsesorden drøyt 20 % dersom ingen tiltak mot ugras settes inn (Oerke 2006).

Ulike ugrasarter bekjempes med ulike doser av glyfosat. Arter som tunrapp og vassarve bekjempes med lave doser, men for eksempel balderbrå og kveke krever høyere doser (jf. etiketten til glyfosatpreparater, resualter fra jordarbeidingsprosjekter, Tabell 2, Figur 12 (kap. 2.4.1)).

Tabell 2. Minste dose av et glyfosatpreparat (Roundup Eco, inneholder 360 g glyfosat/l) som reduserte grønnmassen til noen ugrasarter med minst 75% 2 måneder etter sprøyting. Sprøyta på middels store planter etablert i sprøyteåret i utendørs pottforsøk i 1993 og 1995. Kilde: Tørresen & Skuterud 1997. Mer etablerte flerårige arter vil kreve høyere doser.

Roundup Eco, ml	Dose pr. dekar			
	50	100	200	>200
Glyfosat, g	18	36	72	>72
Ugrasarter*, ≥75% reduksjon	Stivdylle**	Knereverumpe Tunrapp Løvetann Vassarve	Balderbrå Rødkløver Timotei	Burot Haremat Rødtvetann** Åkerstemorsblom

*latinsk navn: Stivdylle-*Sonchus asper*, knereverumpe-*Alopecurus geniculatus*, løvetann-*Taraxacum officinale*, rødkløver-*Trifolium pratense*, timotei-*Phleum pratense*, burrot-*Artemisia vulgaris*, haremat-*Lapsana communis*, rødtvetann-*Lamium purpureum*, åkerstemorsblom-*Viola arvensis*, **kun resultater fra 1993

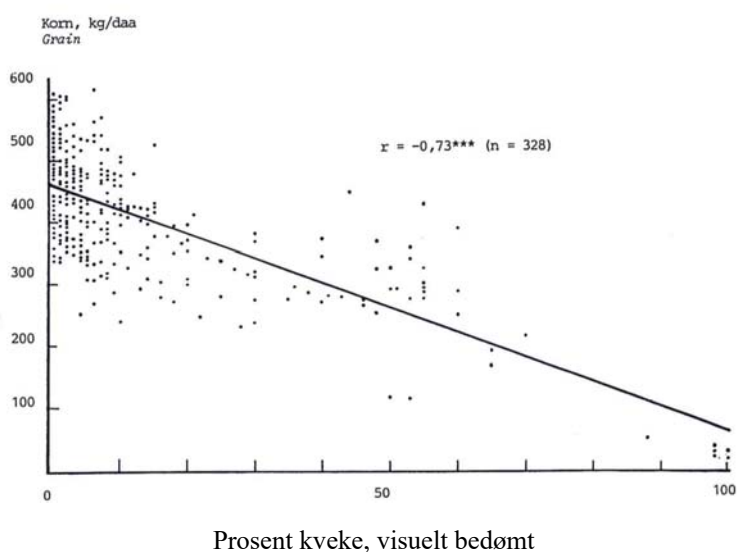


Figur 3. Effekt av ugrasssprøyting og jordarbeiding på (a) total ugrasbiomasse før tresking (100 % =biomasse av korn+ugras) og (b) kornavling (1000 kg/ha=100 kg/daa) i perioden 1994-2000. Ugrasssprøyting: Usprøyta (åpen sirkel), frøugrasssprøyting (normaldose av et frøugrasmiddel) (fylt sirkel), glyfosat (50 g/daa, 1/2 kvekedose) (åpen firkant) og frøugrasmiddel + glyfosat (fylt firkant). Jordarbeiding: AP=høstpløying (23-25 cm dypt), SP=vårpløying (15-20 cm dypt), AH=høstharving (8-10 cm dypt), SH=vårharving (6-8 cm dypt). Ledd som ble høstpløyd, høstharvet eller vårpløyd ble i tillegg vårharvet før såing om våren. Gjennomsnitt av 4 felt. Kilde: Tørresen *et al.* (2003), gjengitt med tillatelse fra Elsevier.

2.2 Ikke-kjemiske alternativer

God jord- og plantekultur og mekanisk bekjemping er det som er mest studert som alternative tiltak mot ugras i korn.

I likhet med mange andre ugrasarter kan kveke konkurrere kraftig med kulturplantene og redusere avlingene mye (eks. Ekeberg *et al.* 1985). Tallgrunnlaget for figuren under (Figur 4) er hentet fra studier hvor det ikke ble pløyd og uten bruk av herbicider og viser at det i mange tilfeller kan bli betydelig avlingsnedgang.



Figur 4. Sammenhengen mellom kornavling (y-akse) og mengde kveke (x-akse, prosent kvekedekning visuelt bedømt). Kilde: Ekeberg *et al.* (1985).

Uansett kulturvekst kan vi fastslå at god agronomisk kunnskap og evne til å overføre denne til praksis er særdeles viktige faktorer for å kunne lykkes med plantedyrking med minst mulig bruk av plantevernmidler. Det viktigste bonden kan gjøre, er å skape gode vekstforhold slik at kulturplantene vokser best mulig og konkurrerer effektivt med ugraset. Viktige element innenfor dette er å unngå kjøring på ikke-lagelig jord, å bruke jordarbeidingsutstyret mest mulig riktig slik at såbedet blir optimalt i forhold til kulturen og at frøet legges til riktig dybde. På denne måten øker man konkurranseevnen til kulturplantene og sjansen for god effekt på ugraset. Det er også viktig at redskapene holdes ved like slik at arbeidet blir utført så optimalt som mulig.

Selv om mye også er felles, blir metoder for ugraskontroll i korn ofte delt opp i to grupper: tiltak mot frøugras (nye planter fra frø) og tiltak mot allerede etablert ugras (flerårig, vinterrettårig, toårig).

Ugrasharving, som brukes mot frøugras, er ikke en metode av ny dato. Allerede i 1906 beskriver Korsmo metoden i heftet «Kampen mod ugræsset». I dag har vi fått ugrasharver som er bedre og mer allsidige. I tillegg til bruk i korn, kan de benyttes i poteter, bønner, erter og jordbær og i forbindelse med fornying av eng. Men, som sagt, ugrasharving er en metode for kontroll av frøplanter (planter fra frø - frøugras) og ikke etablert flerårig ugras eller overvintrende vinterrettårige og toårige arter der det ikke pløyes.

Selv om kontroll av ettårig ugras kan være en stor utfordring, så er nok de flerårige artene ofte vel så problematiske for bonden, i alle fall ved redusert eller ikke bruk av herbicider. Flerårige, vandrende ugras, det vil si arter med jordstengler (eks. kveke), horisontalt voksende formeringsrøtter (eks. åkertistel, *Cirsium arvense* og åkerdylle, *Sonchus arvensis*), stengelknoller (eks. åkersvinerot, *Stachys palustris*) eller lignende formeringsorgan kaller vi «rotugras». De er spesielt vanskelige å håndtere når det ikke brukes ugrasmidler i det hele tatt, som i økologisk jordbruk. Før bonden fikk tilgang på effektive herbicider som fenoksyssyrer og glyfosat, var disse artene svært problematiske for alle, derfor var det ikke en stor overraskelse at utfordringene kom tilbake for de som produserer økologisk.

De siste årene har det vært en betydelig forskningsinnsats for å finne effektive ikke-kjemiske tiltak mot flerårige vandrende ugras - ikke minst har aktiviteten vært stor i de nordiske landene med betydelig forskningsaktivitet også i Norge. Mye forskning har fokusert på å finne svake punkt i biologien til disse ugrasene, dette både for å finne den mest effektive tekniske løsningen for de ulike ugrasartene og det å finne tidspunktet for når de er mest sensitive for å blir forstyrret. Av nyere biologisk kunnskap kan vi

eksempelvis nevne forskjellene når det gjelder evne til å sette nye skudd fra rot- eller jordstengelbiter etter oppdeling med harv eller lignende om høsten. Mer om dette i kapittel 2.2.3 og Figur 3.

2.2.1 Vekstskifte til korn

Vekstskifte til korn vil påvirke hvilke ugrasarter som opptrer og muligheter for bekjemping.

2.2.1.1 Sammenhengen mellom kulturplanter og ugrasflora

Ugrasarter kan deles inn i biologiske grupper avhengig av levetid og formeringsmåte: sommerettårige, vinterettårige, toårige, flerårig vandrende og flerårige stedbunde arter (Korsmo, 1954). Denne klassiske inndelingen av ugrasartene, trenger ikke nødvendigvis si noe om hvilke kulturer disse gruppene er mest forekommende i. Den svenske ugrasforskeren Sigurd Håkansson publiserte imidlertid i 1995 og 2003 en slik oversikt (Håkansson 1995, 2003, Tabell 3). Denne sammenhengen mellom biologiske grupper av ugras og ulike kulturvekster forteller oss f.eks. at mange flerårige ugrasarter i stor grad er typiske i visse kulturer, men mindre vanlige i andre kulturer. Blant annet er mange flerårige arter typisk å finne i enga mens andre har sin typiske vokseplass i kornåkeren. Åkertistel, åkerdylle og kveke er eksempler på vanlige ugrasarter i kornåker. De to førstnevnte kan også forekomme i kortvarig eng (Tabell 3), men vil oftest bli mer sjeldne når enga blir eldre og jo flere slåtter per sesong. Et annet, men litt mer problematisk aspekt som denne tabellen viser, er at enkelte ugrasarter både kan være problematiske i åkervekster som korn og i engvekster. En typisk representant for denne gruppa er kveke som kan være tallrik spesielt i eldre eng (Håkansson 2003, Lunnan & Todnem 2017). Også andre flerårige og vandrende arter, som krypsoleie (*Ranunculus repens*), som ikke er noe problem i korn, vil kunne forekomme relativt hyppig i både yngre og eldre eng, delvis også i beite. Mange ettårige arter vil typisk trives i ettårige kulturer og også forekomme i yngre eng. Noen spirer om høsten og noen mer om våren. De vinterettårige grasartene åkerkvein (*Apera spica-venti*) og åkerreverumpe (*Alopecurus myosuroides*) er problematiske i Danmark, Sør-Sverige, og andre europeiske land lenger sør og spirer mest om høsten og er økende i høstkorn (Andreasen & Stryhn 2008.). Det er vist at veksling mellom vårkorn og høstkorn kan redusere disse grasugrasene (Melander *et al.* 2008).

Tabell 3. Forekomst av ugrasartenes biologiske grupper (livsformer) i ulike kulturer. Gradering av mulighetene for god utvikling av formeringsdyktige ugrasplanter dersom direkte bekjemping ved tradisjonell jordarbeiding, som f.eks. harving og pløying, ikke skjer (modifisert etter Håkansson 1995, 2003): 0 = sterkt begrenset mulighet / + = begrensede muligheter / ++ = noe begrensede muligheter / +++ = størst muligheter. Grupper med **rød skrift: lav toleranse for jordarbeiding**; med **grønn skrift: høyere toleranse**.

Hoved-inndeling	Biologiske ugrasgrupper/livsformer	Ettårige kultur-vekster				Flerårige kulturer; hovedsakelig eng i omløp		
		Grønnsaker og potet	Vårkorn og oljevekster	Høst-korn og oljevekster	Ettårige fôrvekster	Yngre	Eldre	Beite
Ettårige arter	Sommerettårige	+++	+++	++/+	+++	++(+)	0	0
	Vinterettårige	+++	++	+++	+++	++(+)	0	0
Toårige arter	(eks. balderbrå*, myrtistel**, ***)	0	0	++	0	+	0	++
Flerårige arter	Flerårige stedbundne arter (eks. løvetann, høymole)	+	0	0	0	++	+++	++
	Flerårige vandrende arter							
	(1) Overjordiske stengelutløpere (eks. krypsleie)	+(+)	0	0	+	++	+++	+(+)
	(2) Underjordiske stengelutløpere							
	(i) Følsomme mht. jord-arbeiding (eks. stornesle, ryllik, stormaure)	+	0	0	+	+	+++	++
	(ii) Motstandsdyktige mht. jordarbeiding (eks. kveke, hestehov, sneller)	+++	+++	++(+)	++	+++	++(+)	0/+
	(3) Rotutløpere (eks. åkertistel, åkerdylle)	+++	+++	++(+)	++	++(+)	+(+)	0

* Balderbrå er klassifisert som vinterettårig i svensk litteratur, mest som toårig i norsk litteratur, og sommerettårig i engelsk litteratur.

** Eksempel her er myrtistel, som ofte klassifiseres som toårig. I noen tilfeller kan rosetten 'bygge seg opp' over mer enn ett år, og ikke blomstre før tredje år, og planten dør der etter. Slike planter kan vi kalle 'flerårig, engangsblomstrende', eller 'monokarpe' planter.

***Latinsk navn: myrtistel-*Cirsium palustre*, høymole-*Rumex* spp., krypsleie-*Ranunculus repens*, stornesle-*Urtica dioica*, ryllik-*Achillea millefolium*, stormaure-*Galium mollugo*, hestehov-*Tussilago farfara*, sneller-*Equisetum* spp.

2.2.1.2 Kveke og annet rotugras i grasmark

Mange steder i Norge er det vanlig med vekstskifter med gras og korn. Mange erfarer at det kan være mye kveke i enga.

Flere studier om vanlige flerårige ugrasarter i korn og hvordan ulike vekstskiftefaktorer påvirker fremveksten harmoner godt med sammenhengene som er vist i Tabell 3. Det er derfor relativt vanlig at mange av de som dyrker økologisk korn relativt ensidig i de nordiske landene har et eller kanskje to påfølgende år med grønn gjødslingseng for å sanere rotugras. Thomsen *et al.* (2015) viste at en ettårig grønn gjødslingseng med hyppig slått (=5 ganger) viste dårlig effekt mot kveke, men reduserte arter som åkertistel, åkersvinerot og hestehov betydelig.

Et nylig publisert studium av Ringselle *et al.* (2018) viser imidlertid at en nyutviklet redskap (prototyp) med mange rulleskjær ved siden av hverandre (10 cm avstand mellom hvert skjær) med arbeidsdybde 8-10 cm vil ved å fragmentere kvekas jordstengler øke konkurranse-kraften til gras (raigras) og hvitkløver og redusere mengde kveke i en nyetablert eng.

I noen studier har det blitt fokusert på hvordan engperioden bør avsluttes for å redusere sjansen for å dra med seg kvekeproblemer inn i kornårene. Blant annet har Lötjönen & Salonen (2016) studert ulike ettersommer-strategier etter førsteslått av enga som inkluderer harving med ulike redskapstyper og gjentatt klipping med beitepusser for bekjempelse av kveke før korn (Tabell 4). Lötjönen & Salonen (2016) oppsummerer at enkelte av deres behandlinger har gitt betydelig bedre resultat enn oppnådd tidligere i Finland og Danmark hvor sensommer-brakk-metoden har redusert kvekebestanden med omkring 50-75%.

Tabell 4. Forsøk med ulike ettersommer-strategier for å bekjempe kveke etter første slått før etablering av korn våren etterpå (Lötjönen & Salonen 2016). 0 = all kveke er vekk.

Behandling	Relativ effekt
Eng hele året (= kontroll)	100
Harving: 'Spademaskin'* + KVICK-FINN	≈5
Harving: KVICK-FINN	5
Harving: Kultivator, tinnet	10
Harving: 'Spademaskin'*	25
Nedklipping: Beitepusser	50

*'Rotary spade harrow'

2.2.1.3 Konkurranssevnen til kornarter, oljevekster og kjernebelgvekster

Både hos forskere og praktikere er det stor enighet om at veksten til kveka varierer mye i ulike kulturvekster og mye mellom kornartene, bl.a. er de fleste enige om at dyrking av hvete eller ert er vanskelig å forene med mye kveke i åkeren. Blant annet Permin (1982) konkluderer med at konkurranssevnen varierer mye mellom kulturvekster, men at kveka danner nye rhizomer hos alle, og andre kjemiske eller ikke-kjemiske metoder må benyttes også hos de mest konkurransesterke artene.

Melander (1990) viser hvilken effekt (prosentvis nedgang av avling) 10 kvekeskudd per m² om våren har på ulike korn arter og andre kulturvekster og fant følgende resultat:

Erter var den mest følsomme med 15% avlingsnedgang, etterfulgt av raps 8%, bygg 2,4%, høstrug med 2,5% og høsthvete med 1%.

Delvis i samsvar med dette, oppsummerer samme forfatter (Melander 1993a) følgende rangering av konkurranssevne hos de samme artene:

Høstrug (best) > høsthvete, vårbygg > raps, erter (dårligst).

Eldre studier, også gjort i Danmark, ga stort sett tilsvarende resultat vedrørende kulturveksters konkurranssevne ovenfor kveke (Permin 1982):

Høstrug, høsthvete (best) > vårbygg

Havre (best) > vårbygg > vårhvete

Gul sennep (best) > vårraps > forert > hestebønne > oljelin > mais

2.2.1.4 Muligheter for bekjemping i andre kulturer

Konkurranssevnen nevnt over er svært viktig for hvor stort ugraset blir, men mulighet for bekjemping vil også være viktig mot ugrasartene som f.eks. kveke. Vekstskifte med tofrøblada kultur som oljevekster, potet eller grønnsaker vil gjøre det mulig bruke andre kjemiske midler som er effektive mot kveke, og andre grasugas som tunrapp, knereverumpe og markrapp. Preparater som kan brukes mot grasugas i disse kulturene er listet opp i Tabell 5. Tofrøblada frøugas blir trolig lettere bekjempe i

en graskultur som korn enn i tofrøblada kulturer. I radkulturer som potet og grønnsaker er radrensing en metode mot ugras.

Mot en art som kveke er det viktig å tenke bekjemping av denne i hele vekstskiftet. Hvordan langvarig effekten av vekstskifte er mot for eksempel kveke vet en ikke nok om.

Tabell 5. Grasu-grasmidler som er godkjent i tofrøblada kulturer i Norge.

Preparat	Aktivt stoff	Virkeområde*	Kulturer godkjent i**
Agil 100 EC	Propakvizafop	Kveke, andre gras, svak effekt på tunrapp	Oljevekster, erter, bønne, potet, korsblomstra fôrvekster, en rekke grønnsaker/bær/frukt, rødkløverfrøeng, rødsvingelfrøeng
Focus Ultra	Sykloksydin	Kveke, andre gras, ikke tunrapp	Oljevekster, erter, bønne, potet, korsblomstra fôrvekster, en rekke grønnsaker/bær, rødkløverfrøeng, rødsvingelfrøeng
Select (+ Renol olje)	Kletodim	Tunrapp Markrapp Knereverumpe Kveke, andre gras	Oljevekster, potet, erter, gulrot, kepaløk, jordbær, kløverfrøeng
Titus	rimsulfuron	Kveke, tofrøblada rotugras, frøugras	Potet, fôrmais

*latinsk navn: markrapp-*Poa trivialis*, **se etiketten for mer detaljer

2.2.2 Jord- og plantekultur

Generelt vil en god jord- og plantekultur som gir en tett åker holde ugraset nede og derved kunne redusere behovet for ugrasbekjemping. IPV prinsipp 1 er viktig her. God drenering og lite pakket jord vil gi bedre grunnlag for en god plantekultur. Vi går her mer i dybden på enkelte av disse elementene.

2.2.2.1 Konkurranssevne (valg av arter / sorter / såmønstre), gjødsling mm.

Kornets konkurransevne ovenfor kveke og annet ugras er relatert til mange faktorer som kornart og sort, såkornets kvalitet (spirehastighet), såmengde, såmønster, såbedskvalitet, gjødselnivå og gjødslingsmetode og flere andre forhold på jordet.

Generelt er det naturlig å anta at konkurransevnen til kornet er mer målbart i forhold til frøugras enn ovenfor etablerte bestand av flerårig ugras. Mange av studiene på konkurransevne er da også i forhold til frøugras. Vi tror likevel at kornets konkurransevne er svært viktig. Ikke-kjemiske strategier må settes sammen av flere tiltak fordi de enkeltvis som oftest ikke har samme virkning som et effektivt ugrasmiddel. Mange ikke-kjemiske tiltak (eks. en effektiv jordarbeiding) kan svekke rotugraset betydelig, men ofte er man svært avhengig av å få etablerte en konkurransesterk kulturplante som etterpå gjennom konkurranse forhindrer at ugraset reetablerer seg raskt igjen. Innvirkning av ulike kornarter på vekst og utviklingen hos rotugraset var ikke med som forsøksfaktor, men resultatene fra en studie av Brandsæter *et al.* (under publisering) på ulike jordarbeidingstiltak mot rotugras, viste klare tendenser til at i forsøksåret med havre var det generelt mindre kveke og andre rotugras enn i årene med bygg eller hvete.

2.2.2.2 Kornarter

Hvordan valg av kornart påvirker konkurranseforholdet kulturplante-ugras er diskutert tidligere under avsnittet om vekstskifte (eks. Permin 1982, Melander 1993). I en norsk studie av Skuterud (1977) blir det konkludert med at havre og vårbygg skygger mer enn vårhvete. Det ble her vist at når kveke vokser under lysforhold tilsvarende som i havre, var det generelt betydelig lavere vekst enn under lysforhold typisk for hvete (= mer lys). Det betydde mer for dannelsen av jordstengler enn for

overjordiske skudd. Mindre lys betydde lavere jordstengelvekt per lengdeenhet, men lengre mellom nodier (leddknuter) sånn at hver knopp hadde ca. samme vekt per knopp som ved mer lys. I dette feltforsøket var det mindre kvekevekst i havre og 6-radsbygg enn i hvete og 2-radsbygg. Sannsynligvis pga. lav pH i jorda var ikke 2-radsbygg bedre enn hvete mht. konkurranseevne i dette forsøket. Generelt vil høstkorn ha bedre konkurranseevne enn vårkorn mot ugras som spirer om våren (Permin 1982).

2.2.2.3 Sortsforskjeller

Flere forfattere (eks. Olofsdotter 2002) oppsummerer at det i moderne landbruk ikke blitt prioritert å foredle frem sorter med best mulig konkurranseevne ovenfor ugraset. Det er bred enighet i at målsetninger rundt kornkvalitet, kornavling, sjukdomsresistens og treskbarhet har vært prioritert og at egenskaper knyttet til konkurranseevne har vært nedprioritert fordi tilgang og bruk av effektive herbicider har redusert ugrasproblemet og dermed også behovet for foredlingsmål innen dette. Det er likevel gjort mange studier (oppsummert av Andrew *et al.* 2015) som viser at det er betydelige sortsforskjeller innen konkurranseevne og eksempelvis studier av Bertholdsson (2005) som viser at det finnes betydelige egenskaper hos eksempelvis gamle byggsorter som kan være interessante i foredlingsøyemed.

Olofsdotter (2002), som diskuterer sortsforskjeller og konkurranseevne hos korn og andre kulturvekster i en litteraturgjennomgang, oppsummerer at følgende genetisk styrte egenskaper hos kulturplanter er av betydning: (i) Genetiske og plantefysiologiske egenskaper som mest relatert til dekke-evne (som veksthastighet, bladvinkler mm.); (ii) Egenskaper knytt til effektivt næringsopptak / næringsutnyttelse; (iii) Liten mottagelighet mht. stressfaktorer (både biotiske som angrep av sjukdommer og skadedyr og abiotiske f.eks. i forhold til tørke) og (iv) Allelopati; naturens kjemiske krigføring mellom plantearter.

Andrew *et al.* (2015) har nylig gjort en omfattende litteraturgjennomgang av hvilke egenskaper hos kornsorter som kan forklare hvorfor det er sortsforskjeller i konkurranseevne. I denne studien skiller de mellom to typer 'konkurranseevne', hhv. toleranse for ugras ('tolerance ability', dvs. at en sort tåler mer ugras enn andre uten at avlingen reduseres) og det at en sort konkurrerer og dermed reduserer mengde ugras ('suppressive ability'). I denne litteraturgjennomgangen blir det referert til et stort antall studier og det blir spesielt vektlagt det å finne egenskaper ved sorter som kan forklare hvorfor de er mer konkurransesterke enn andre. Blant viktige egenskaper som diskuteres er (i) høyde, (ii) tidlig vekst-egenskaper ('early vigour'), (iii) buskingsevne ('tillering'), (iv) vokseform ('canopy architecture'), og (v) ulike egenskaper relatert til røtter og rotvekst. Andrew *et al.* (2015) diskuterer bare i mindre grad allelopatiske egenskaper. I flere kornarter blir det oppsummert at de nevnte egenskapene er viktige for å forklare forskjeller i konkurranseevne mellom sorter, men at det også i mange tilfeller er flere slike egenskaper som er med på å forklare sortsforskjeller. Hvilke av egenskapene som er viktigst, varierer mye. Noen underbygger den gamle og klassiske forklaringsvariabelen at høydevekst var viktigst for de testede sortene f.eks. i bygg i konkurranse med raps (*Brassica napus*) (Christensen 1995).

For å tallfeste bedre hvor stor effekt man kan forvente av å benytte konkurransesterke sorter nevner vi som eksempel resultat fra Christensen (1995). I den minst konkurransesterke sorten 'Grit' var det der 208 g ugras per m², hos den mest konkurransesterke 'Ida' var det 82 gram (ca. 60 % reduksjon). 'Grit' (568 g per m²) var betydelig mer yterik enn 'Ida' (506 g) når det ikke var ugras tilstede. Men, ugraset ga betydelig større avlingsnedgang i førstnevnte (-175 gram) mot -63 gram hos 'Ida'. Dvs. at avlingen var høyere for 'Ida' enn 'Grit' når ugras til stede. Det at konkurranseevne og avlingspotensiale står delvis i motsetningsforhold er ikke et ukjent fenomen (eks. Olofsdotter 2002; Andrew *et al.* 2015).

At høydevekst ofte kan være svært viktig fordi høye kornplanter skygger bedre er sikkert, men studien til Wicks *et al.* (2004) viser svært tydelig kompleksiteten i denne problematikken. I deres studie med 13 høsthvetesorter fant de en negativ korrelasjon mellom høyde på sortene og mengde ugras (generelt

ga høye sorter minst ugras), men likevel var det blant de sortene med minst ugras to lavt-voksende sorter. Dette viser at det finnes andre egenskaper utover høydevekst som kan være av stor betydning. Hvilke egenskaper dette kan være er allerede listet opp lengre frem, men som et eksempel her kan nevnes et studie av Bertholdsson (2005) hvor flere forskjellige egenskaper/vekstparametere hos bygg- og hvete-sorter ble testet for å finne ut hvilke av de som var viktigst for å redusere ugrasveksten. Egenskapen 'tidlig vekst' (= vekst rett etter såing) og evne til å avgi veksthemmende stoff (allelopati) forklarte hhv. 55 og 32 % av forskjeller i konkurranse-evne mellom ulike sorter av bygg og hvete. Vi ser altså at tidlig vekst var den viktigste egenskapen i dette studiet, men at også allelopati var av stor betydning. Faktoren allelopati var viktigst for bygg, hvor denne faktoren forklarte mellom 7 og 58 % i et 4-årig studium. Tilsvarende tall for hvete var 0-21 % over 2 år.

Som vi allerede har vært inne på så konkluderer også Andrew *et al.* (2015) at det ikke er nok med bare konkurransesterke sorter og at bruken av slike sorter må kombineres med andre tiltak mot ugraset.

2.2.2.4 Kvalitet på såkornet ('vitalitet')

Forsøk i Danmark hvor blant annet ulike byggsorter, såmengder og såkornets kvalitet inngikk viste at alle faktorer var av betydning men at såkornkvalitet i denne studien var spesielt viktig for kornets konkurranseevne ovenfor ugraset (Rasmussen & Rasmussen 2000). I dette forsøket ble vitaliteten/spirekraften til såkornet redusert kunstig vha. av kjemikalier, men forfatterne hevder at såkornet ikke ble mer skadet enn at spire- og veksthastigheten fremdeles var innenfor hva som er variasjonsbredden for såkorn som selges.

2.2.2.5 Såmønstre

Generelt har man to, og stikk motsatte, typer såmønstre, den første for å tilrettelegge for radrensing og den andre for å forbedre kulturens konkurranseevne: (1) Økt radavstanden eksempelvis til 24-25 cm, gir mulighet for radrensing, og er diskutert lengre bak i denne rapporten og (2) Fordeling av såkornet utover for å øke konkurransen mot ugraset. Mange av studiene på økt såtetthet og mer uniform frøplassering, dvs. (tilnærmet breisåing av kornet) er gjort i forhold til frøugras og ikke flerårige arter. Forsøk hvor man ikke har sådd i tradisjonelle rader, men plassert såkornet jevnt med spesialsåmaskin, har ofte gitt økte avlinger og bedre ugraskonkurranse, spesielt med større såmengder. Virkningen gjelder i første rekke ettårig ugras, men sannsynlig også flerårige arter. Spesielt med utspring i en forskergruppe (Olsen *et al.* 2005; Olsen & Weiner 2007; Kristensen *et al.* 2008; Olsen *et al.* 2012) ved Universitetet i København har det blitt gjort mange studier med dette systemet. I studien til Olsen *et al.* (2005) ble total ugrasbiomasse redusert med 23 % ved bruk av ensartet såmønster sammenlignet med vanlig sårader og kornavlinga var 14% høyere. Kristensen *et al.* (2008) fant enda større effekt av ensartet såmønster, her var effekten av dette i kombinasjon av største såmengde enda bedre, ugrasbiomassen var i disse forsøkene mer enn 50% redusert sammenlignet med minste tetthet av planter og sårader. Denne måten å så kornet på har altså gitt lovende resultat, men har sine ulemper mht. prisen på såmaskinen som kreves, samt at stein og planterester på jordet kan vanskeliggjøre denne metoden under våre forhold. På jord som er skorpeutsatt, vil dessuten en rad av planter ha lettere for å komme opp enn enkeltplanter.

En annen aktuell metode som er lettere å ta i bruk med dagens såmaskiner er kryssåing, dvs. så halve såmengden en vei, den andre vinkelrett på. I en eldre norsk forsøksserie (på 70 tallet) sådde man enten 15 kg såkorn per dekar, eller det dobbelte (30 kg). Dette ble kombinert med kryssåing (Skuterud 1977). I denne studien ga kombinasjonen økt såmengde (30 kg per daa) og kryss-såing opp til over 60% reduksjon av mengde kveke. Dette er en betydelig reduksjon, men det er viktig å være bevisst på at metoden også betyr dobbelt kjøring på jordet med de ulemper det har for arbeidstid, energiforbruk, eventuelt mer jordpakking og utsatt såtid.

2.2.2.6 Bruk av underkultur, fangvekster etc.

Bruk av undersådde vekster fra gras- og korsblomstfamilien konkurrerer vanligvis sterkere med ugraset enn hva belgvekster gjør (Bårberi 2002). Dyke & Barnard (1976) fant at italiensk raigras (*Lolium multiflorum*) og rødkløver (*Trifolium pratense*) i bygg (*Hordeum vulgare* L.) konkurrerte med kveka og reduserte den med mer enn 50% sammenlignet med bygg alene. Det lovende resultatet i dette studiet kan imidlertid ha blitt påvirket av at kveka ble plantet på 20 cm dyp, noe som er dypere enn normalt for kvekas jordstengler, og at dette reduserte dens konkurransevne. Mer nylig har Bergkvist *et al.* (2010) rapportert at rødsvingel (*Festuca rubra*) i høsthvete reduserte kvekas jordstengler med 40% uten å redusere hveteavlinga. I forsøk i Norge ble det funnet at en underkultur av rødkløver i havre i liten grad reduserte veksten til kveke, åkerdylle og åkertistel (Brandsæter *et al.* 2011).

2.2.2.7 Gjødsling

Vi skal ikke her gå i dybden på effekten av gjødslingsnivå på ugraset men bare oppsummere dette summarisk. Om de mest vanlige rotugrasartene skriver Håkansson (2003) at det i moderne landbruk har blitt mindre problemer med arter som åkertistel og åkerdylle, men at kveka har holdt seg mer eller mindre stabil og uavhengig av eksempelvis økt gjødsling. Håkansson (2003) mener at økt gjødsling er en av grunnene til at åkertistel og åkerdylle har gått tilbake. For åkerdylle sin del er det vist i studier (Eckersten *et al.* 2011) at denne eksempelvis har god konkurransevne ved liten tilgang av nitrogen. I en ny norsk studie (Brandsæter & Mangerud, under publisering) ble ingen av de nevnte rotugrasene påvirket av gjødslingsnivået (fra 5 til 20 kg N/per daa) men den nitrogenfikserende arten fuglevikke (*Vicia cracca*) ble redusert ved økende gjødselmengde. Resultater fra et nylig avsluttet EU-prosjekt (OSCAR) konkluderer det samme, ugrasene ble lite påvirket av om man gjødslet med 5 eller 10 kg N/daa (Reimer *et al.* 2018).

2.2.3 Harving og pløying som alternativ til glyfosat

2.2.3.1 Harving (uten pløying)

Tradisjonell harving for å sanere kveke om høsten inkluderer pløying etter harvingen. Bakgrunnen for denne kombinasjonen er at harvingen både deler opp jordstenglene og dermed stimulerer til flere lysskudd, i tillegg til at plantene blir satt tilbake og må starte veksten på nytt. Dette vil i de fleste tilfeller ikke gjøre at plantene dør og man er avhengig av en nedpløying av svekkede planteorgan for å få en god bekjempelse. I en omfattende forsøksserie over mange år sammenlignet Tørresen *et al.* (2003) bl.a. lett harving og pløying utført høst eller vår. Pløying, både når den ble utført høst eller vår, ga betydelig bedre bekjempelse av rotugras (inkludert kveka) enn der en kun harvet høst (8-10 cm dypt) og/eller vår (6-8 cm dypt). I dette studiet ga høstharving bedre ugraskontroll enn vårharving, mest sannsynlig fordi det er viktig å redusere veksten til kveka på høsten. Resultatene fra dette studiet viste klart at bare harving må kombineres med pløying og/eller bruk av ugrasmiddel. Studien til Tørresen *et al.* (2003) er en av mange studier som underbygger at harving som enkelt-tiltak ved redusert jordarbeiding ikke har tilfredsstillende effekt verken på kveke spesielt eller ugraset generelt.

I en studie av Lötjönen & Salonen (2016) ble det blant annet sett på effekten av intensiv jordarbeiding med KVICK-FINN (samme oppbygning og virkemekanisme som KVIK-UP harv) brukt 2 eller 3 ganger på våren uten etterfølgende pløying. Selv om denne metoden er intensiv og etterlater mye av kvekas jordstengler på jordoverflaten konkluderer forfatterne av denne artikkelen at kontrollen av kveke ikke var tilfredsstillende.

2.2.3.2 Pløying

2.2.3.2.1 Pløyekvalitet og pløyedybde

Mye om tematikken omkring pløying skulle være kjent, men det er grunn for å gjenta de viktigste kriterier når det gjelder pløyekvalitet i denne sammenhengen: (i) at den gir grunnlag for et godt såbed, (ii) at den bekjemper rotugras godt og (iii) at den løser opp tidligere pakkeskader. Når det gjelder (i), skal veltene være jevnhøge slik at såbedet bli jevnt og homogent, og dette krever riktig innstilling og vedlikeholdt plog. Når det gjelder (ii) må ploegen ha forplog og rulleskjær og være innstilt slik at veltene er snudd godt og dekker mot foregående (Figur 5).

Selv om innstilling av plog og utstyr på ploegen er svært viktig for bekjempelse av ugras er det svært få publiserte undersøkelser på dette. Det er uendelige mange måter å feilstille en plog på, derfor vil det være vanskelig å legge opp en slik undersøkelse. Ut fra den kunnskapen vi har i dag, må ploegen utstyres med forploeger og rulleskjær for å begrense flerårige ugras og soppsmitte som følger planterester. Av studier kan en av Svensson & Gummesson (1972) nevnes, denne viste i snitt 26,5% mindre kvekebiomasse når ploegen var utstyrt med forploeger sammenlignet med pløying uten skumming (Tabell 6). Det er interessant å merke seg at Brandsæter *et al.* (2016) oppnådde om lag samme reduksjon (28%) for en annen ugrasart, høymole (fra gamle røtter) ved fornyelse av grasmark, ved bruk av plog med forploeger sammenlignet med pløying uten skummeutstyr.

Tabell 6. Effekt av pløying med og uten skumming på biomasse av kveke (relative tall) (Svensson & Gummesson 1972).

	1969	1970	1071	1972	Snitt
Plog uten skumming	100	100	100	100	100
Plog med forplog	94	84	53	63	73,5



Figur 5. God kvalitet på pløyinga (se bilde til venstre), herunder best mulig bekjempelse av rotgraset, er blant annet relatert til plogens utrustning eksempelvis bruk av forplog (bildene til høyre).

Foto: Bilde til venstre Lars Olav Brandsæter/bildene til høyre Kjell Mangerud.

Mange studier innen konvensjonell dyrking, f.eks. Ekeberg *et al.* (1985) og Håkansson *et al.* (1998), har vist at pløyning reduserer mengde flerårig ugras betydelig. Det er også stor enighet om at økende pløyedybde gir mindre rotgras (f.eks. Njøs & Høstmark 1985/Tabell 7, Børresen & Njøs 1994; Håkansson *et al.* 1998). Ut fra dette trekker Kouwenhoven *et al.* (2002) den konklusjonen at pløyedybden bør bestemmes ut fra behovet for ugraskontroll og aller mest i forhold til flerårige ugrasarter. Resultat fra en omfattende forsøksserie i Norge for noen år siden (Bakken *et al.* 2009, Brandsæter *et al.* 2011) illustrerer svært godt sammenhengen mellom pløyedybde effekten på ulike rotgrasarter. I dette studiet ble både antall planter og biomasse av åkerdylle og kveke om lag halvert når pløyedybden på våren ble økte fra 15 cm til 25 cm. Tilsvarende effekt på åkertistel enda større, noen ganger ble denne arten redusert med over 90% når pløyedybden ble øket til 25 cm.

Tabell 7. Avling- og kvekeresultater fra et langvarig forsøk med ulike kombinasjoner av stubbharving om høsten (kombinasjoner av harv-typer og harvedybder) og pløyedybder (Njøs & Høstmark 1985).

Harvtype, antall harvinger og harvedybder*			Kornavling				Kveke, prosent dekning		
			Pløyedybde				12 cm	18 cm	24 cm
4 cm	8 cm	12 cm	12 cm	18 cm	24 cm	Middel	12 cm	18 cm	24 cm
Kulturharv									
1	-	-	440	475	480	465	23	14	13
1	1	-	485	500	520	500	11	7	7
1	1	1	505	515	520	515	6	4	4
Rotorharv									
1	-	-	480	505	520	500	12	7	5
-	1	-	515	520	525	520	6	4	3
-	-	1	500	515	525	515	5	3	2

* Harving på høsten (før pløyning), 1 gang til 4 cm, 2 ganger til hhv. 4 + 8 cm og 3 ganger til hhv. til 4, 8 + 12 cm.

2.2.3.2.2 Pløying vår eller høst

Mange studier og praktisk erfaring har vist at rotugras med grunt rotsystem kan komme med nye skudd fra oppdelte røtter eller jordstengler etter jordarbeiding. For åkertistel, på den annen side, har studier i Norge vist at de nye skuddene i hovedsak kommer fra det intakte rotsystemet under jordarbeidingsdybden (Thomsen *et al.* 2013). Dette funnet harmonerer godt med andre forsøk vi har utført, hvor vårpløying har redusert åkertistelproblemet mye sammenlignet med høstpløying. Ved vårpløying må de fleste nye skudd fra intakt rotsystem vokse fra under pløedybden. Dette forsinker oppspiringa, og ugraset møter i tillegg konkurranse fra kornet som da har etablert seg. Som allerede nevnt har forsøk dessuten vist at åkertistelen er følsom for pløedybde om våren. En pløedybde på 25 cm, sammenlignet med 15 cm, reduserte tistelen med 70-90 prosent ved vårpløying (Brandsæter *et al.* 2011). I tillegg til rotugras, vil pløying vil også redusere overvintrende frøugras uavhengig av om den utføres høst eller vår (Skuterud *et al.* 1996, Tørresen *et al.* 2003).

Forsøk av Njøs & Ekeberg (1980) viste at pløying om høsten eller om våren stort sett ga samme avling på morenejord. Det samme er tilfelle på leirjord når jorda er lagelig (optimal jordfuktighet) før pløying og kvekemengden er liten (Marti 1984). Kjøring på ikke-lagelig jord, dvs. fuktig jord, er avlingsnedsettende uavhengig av tidspunkt (Marti 1983, Njøs 1978). Nåværende jordarbeidingsrutine er å pløye mest mulig om høsten, uansett fuktighetsforholdene. De fleste har gått ut fra at telen vil rette opp igjen eventuelle strukturskader, men dette skjer bare i den øverste del av jorda. En bør pløye om høsten bare ved moderat jordfuktighet og der det er liten erosjonsrisiko. Et godt alternativ er å pløye om våren. Jord som ikke er høstpløyd, tørker opp noe senere om våren (Marti 1984, Ekeberg unpubl.), men har større bæreevne (Marti 1984). Kun harving gir mindre steinhåndtering på morenejord, og raskere utført arbeid vil trolig oppveie denne forsinkelsen.

2.2.3.3 Kombinasjon harving og pløying

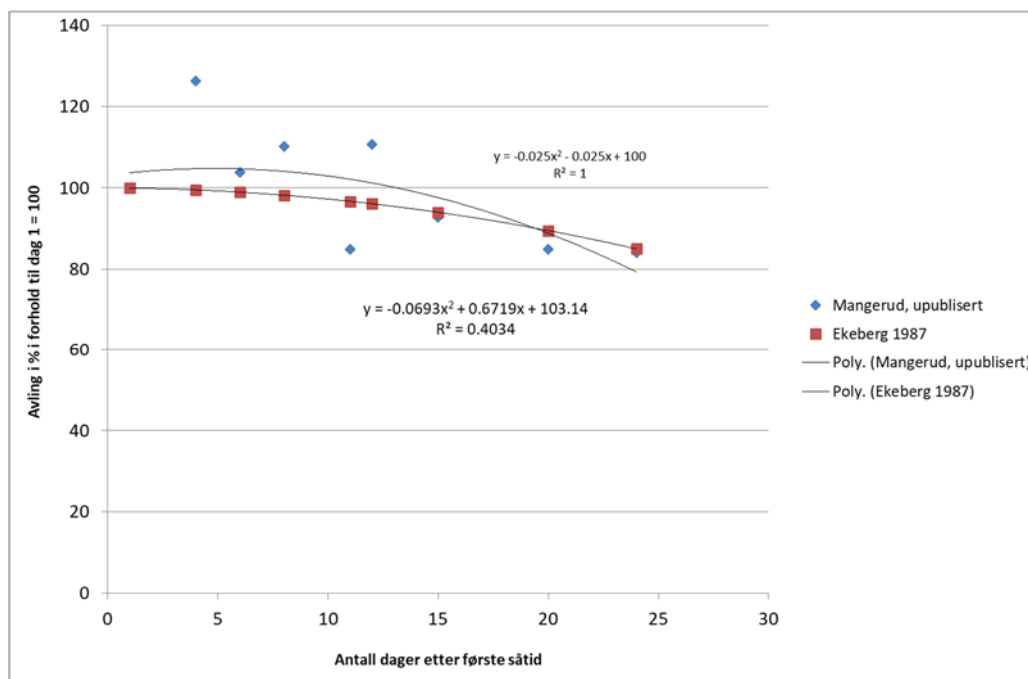
I en nyere studie med vårkorn sammenlignet Brandsæter *et al.* (2017) to behandlinger, hhv. (i) bare pløying (25 cm) med (ii) harving pluss etterfølgende pløying (25 cm). Disse to jordarbeidingsstrategiene ble testet ut både som høst- og vårbehandlinger (Tabell 8). Resultatene fra denne studien viste svært spesifikke utslag for de enkelte ugrasartene: For kveka var det slik at valg av behandling var helt avgjørende, strategien med harving før pløying ga betydelig mindre kveke enn om man bare pløyde. Om behandlingene ble gjort høst eller vår hadde lite å si på bekjempingsgraden av kveka. Også i et litt eldre studium av Njøs & Ekeberg (1980) ble det vist at pløying høst eller vår ga om lag samme bekjempingsgrad av kveke. For åkertistel og åkerdylle kan man si at resultatene var «motsatt», harving før pløying ga ikke bedre bekjempelse enn bare pløying (Brandsæter *et al.* 2017), men tidspunkt for behandling var av stor betydning. Vårbehandling ga klart bedre kontroll av disse to artene enn høstbehandlinger. Også i rådgivningsmateriell i de nordiske landene blir det hevdet at pløying om våren gir bedre kontroll av åkertistel enn pløying om høsten (Pedersen & Gustavsson 2003).

Tabell 8. Flerårig forsøk med behandlingene (1) Pløying 25 cm og (2) Harving med skålharv før pløying 25 cm, disse to behandlingene ble gjort enten høst eller vår. Sluttresultat (ugrasbiomasse og antall planter) for forsøk med samme behandlinger på samme forsøksrute gjennom 3 år (Brandsæter *et al.* 2017).

Behandlinger / tidspunkt	Kveke		Åkertistel		Åkerdylle		Alle ugras	Korn
	Bio-masse	Antall	Bio-masse	Antall	Bio-masse	Antall	Bio-masse	Bio-masse
Pløying – høst*	100	100	100	100	100	100	100	100
Harving og pløying – høst*	37	37	90	67	96	106	80	120
Pløying -vår	109	117	48	66	44	51	65	135
Harving og pløying – vår**	14	14	59	62	41	32	31	90

*Pløying om høsten i november. **harving og pløying på våren ga ca. 3 uker forsinket såing av kornet.

I studien til Brandsæter *et al.* (2017) kommer det klart fram et motsetningsforhold, kombinasjonen harving og pløying på våren gir den beste bekjempelsen av rotugraset, men også den laveste kornavlingen fordi kornet blir sådd forsinket på våren. Metoden med bruk av harver for utsulting av rotugraset krever for lang tid på våren for å gi gode effekt på ugraset. Sammenhengen mellom såtid på våren og kornavling er vist i Figur 6. Selv uten harving før pløying om våren, vil vårpløyinga ta tid og forsinke såtidspunktet. På leirjord kan det være problemer med å få et godt såbed.



Figur 6. Diagrammet viser sammenhengen mellom avling og når kornet blir sådd i antall dager etter første såtidspunkt. Kurvene, både Ekeberg (1987) og Mangerud (upublisert) viser stort sett samme forløp: Utsatt såtid utover 8-10 dager gir ganske klar avlingsnedgang.

Som allerede omtalt er kveka ofte aktive på høsten og kan sette nye lys-skudd til seint ut på høsten, en generell regel tilsier at den er i vekst når temperaturen er over cirka 5 °C. Mange andre rotugasarter er mindre aktive på høsten enten pga. de har gått inn i en «indre» hvilefase (eks. åkerdylle) eller fordi de har et høyere temperaturkrav enn kveka (eks. åkertistel). Spesielt for kveke, men også for de fleste andre ugrasarter, er svært viktig at en ikke lar ugraset stå urørt etter høsting av kornet. Dette er både for å stoppe innlagring, fotosyntese og tilvekst. Når man har tresket blir ugraset ofte stående uten konkurranse og veksten til en art som kveke kan bli formidabel. I en eldre svensk undersøkelse konkluderer Håkansson (1974) at kveka kunne doble sin jordstengelbiomasse (Tabell 9) under gitte forhold når kornet blir tresket tidlig syd i Sverige. Problemstillingen er ikke mindre aktuell i dag med et generelt varmere klima og lengre vekstsesong.

Tabell 9. Tilvekst (tørrvektforandring i prosent fra tresking) for kveka sine jordstengler ved uforstyrret utvikling i stubbåker i perioden om høsten fra tresking og frem til sein høstpløying (oktober-november) i ulike områder i Sverige (Håkansson 1974).

Län	Tilsvarende breddegrad / område i Norge	Tilvekst kveke (tørrvektforandring i prosent fra tresking)*				
		Tresketid:				
		1 til 15. august	16-31. august	1 til 15. september	16-30. september	alle
Västerbottens og Jämtland	Nordland (sør) / Trøndelag			+ 47% (1)	-6% (3)	+ 9% (4)
Uppsala og Västmanlands	Akershus / Østfold	+ 130% (1)		+ 4% (5)	-27% (2)	+ 12% (8)
Kronobergs og Blekinge	(Sør-Øst i Sverige)	+ 63% (1)	+ 28% (1)	- 18% (3)	+ 15 (1)	+ 9% (6)
Hallands og Malmöhus	(Sør-Vest i Sverige)		+ 16% (3)	+ 58% (2)		+ 33% (5)
Alle		+ 97% (2)	+ 19% (4)	+ 12% (11)	-10% (6)	+ 15% (23)

*Tall i parentes angir antall undersøkte felt.

2.2.3.4 Gamle studier på utsulting av kveka

Studier av Permin (1960) i Danmark viste generelt best effekt av stubbarbeiding på kveke, en del dårligere effekt på åkerdylle og åkertistel (dårligst effekt) (tabell 10). Skumpløying, dvs. en grunn pløying, og påfølgende lett harving (nr. 3) for å blottlegge røtter/rhizomer ga best kontroll (i snitt 65% reduksjon av kveka) etterfulgt av behandlingen harving med kultivator (nr. 2) som ga i snitt 55% reduksjon. Resultatene i tabell 10 viser at effekten på åkertistel var betydelig dårligere.

Tabell 10. Jordarbeiding rett etter tresking med behandlinger som vist under og resultater (relative tall) basert på antall skudd (Permin 1960).

Ugrasart*	1. Kontroll, ingen behandling	2. Kultivator (10 cm)** + lett harving***	3. Grunn pløying (10 cm) + lett harving***	4. Pløying + lett harving***/****
Kveke (25)	100	45	35	54
Åkerdylle (4)	100	60	50	66
Åkertistel (9)	100	76	67	71

*Tall i parentes er antall forsøksfelt bak resultatene, **2-3 overkjøringer ('træk'), ***1-2 overkjøringer ('træk'), **** etterfulgt av gjentatt harving og tromling. Lett harving ble gjort for å frigjøre røtter/rhizomer for jord.

2.2.3.5 Ulike stubbarbeidingsstrategier

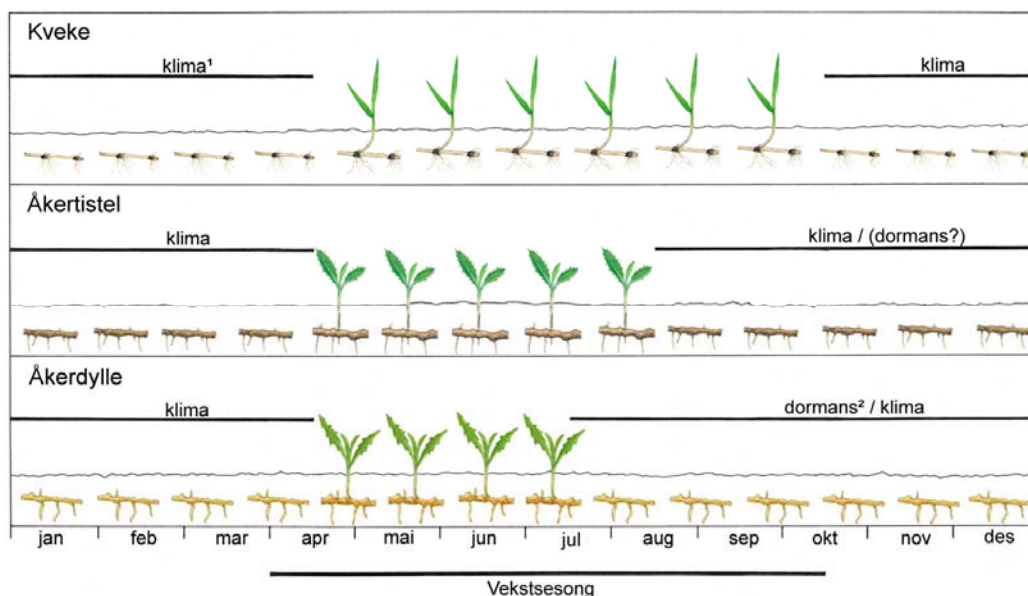
I likhet med studien til Permin (1960) viste også nyere forsøk i Norge (Brandsæter *et al.* 2012, Tabell 11) best bekjempelse med metoden grunn pløying (10 – 12 cm), men prosentvis enda bedre her med et snitt på 90% reduksjon av antall kveke-skudd (vs. ubehandlet kontroll). Tilsvarende ga rotorharv 73% reduksjon mens bruk av beitepusser ga i underkant av 40% reduksjon.

Tabell 11. Forsøk med ulike stubbarbeidingsstrategier, jordarbeiding eller pussing, rett etter tresking. Resultatene vist under er relative tall både basert på antall skudd og ugrasbiomasse. Bokstavene i separate kolonner forteller om det er statistisk sikre forskjeller, bokstavene skal sammenlignes radvis (ikke kolonnevis) (Brandsæter *et al.* 2012).

Art	Årstall	Kontroll	Beitepusser	Rotorharv	Gr. pløying + harv.				
Biomasse									
Kveke	2005	100	a	77	ab	45	ab	14	b
	2006	100	a	37	b	8	b	10	b
Åkerdylle	2005	100	a	29	a	70	a	46	a
	2006	100	a	41	a	93	a	37	a
Åkertistel	2005	100	a	99	a	27	a	49	a
	2006	100	a	112	a	11	b	24	b
Antall skudd									
Kveke	2005	100	a	74	ab	42	bc	15	c
	2006	100	a	48	b	13	c	5	c
Åkerdylle	2005	100	a	98	a	122	a	73	a
	2006	100	a	95	a	89	a	81	a
Åkertistel	2005	100	a	97	a	34	b	54	ab
	2006	100	a	84	a	29	b	20	b

Gruber & Claupein (2009) viste at grunn pløying etter høsting av kornet etterfulgt av annen grunn bearbeiding seint på høsten ga god kontroll av åkertistel. Også Melander *et al.* (2012) konkluderer at intensiv jordarbeiding på høsten etterfulgt av dyp pløying bekjemper flerårig ugras effektivt på sandjord.

Effekten av ulike stubbarbeidingsstrategier vil imidlertid avhenge av ugrasarten, f.eks. har flere studier (eks. Permin 1961, Brandsæter *et al.* 2012 & 2017, Thomsen *et al.* 2015) vist dårligere effekt på åkerdylle (dårligst) og åkertistel sammenlignet med kveke (Tabell 11, Figur 7). For åkerdylle sin del skyldes dette at denne går inn i en periode med hvile/dormans om høsten (Fykse 1977, Brandsæter *et al.* 2010). Denne hvilefasen for åkerdylle inntreer først og fremst som en konsekvens av kortere daglengde på sensommer-høst, men er også noe påvirket av temperatur (Liew *et al.* 2012). Effekten av stubbarbeiding på åkertistel kan nok skyldes flere faktorer, bl.a. dens dype rotsystem, men flere studier (f.eks. Tørresen *et al.* upublisert) har vist at veksten til åkertistel på høsten er mindre enn hos kveke pga. at temperaturkravet for god vekst er høyere. Generelt er det slik at gjentatt jordarbeiding («utsulting») gir bedre bekjempelse av rotugraset når ugraset er i aktiv og god vekst, i motsetning til når lav temperatur eller tørre forhold begrenser veksten til rotugraset. Håkansson (2003), har i likhet med andre studier vist til ovenfor også åkerdylle og åkertistel på sin, men i tillegg nevner han også åkervindel (*Convolvulus arvensis*), hestehov (*Tussilago farfara*) og åkersnelle (*Equisetum arvense*) på sin liste over rotugasarter med 'dormans' om høsten. Som en oppsummering av ulike ugrasarters vekst på høsten kan vi derfor slå fast at kveke og åkerdylle på mange måter står i en særstilling: Kveke, på den ene siden uten noe form for hvile og åkerdylle på den annen side, med utpreget 'indre' hvile (ofte kalt «endodormancy» i internasjonale studier) om høsten. Andre viktige arter som åkertistel, hestehov og åkersnelle synes å utgjøre en mellomstilling, de har ikke den markerte indre hvilen som åkerdylle har men veksten reduseres på høsten sannsynligvis pga. miljøfaktorer, og da mest pga. lav temperatur («ecodormancy»).



Figur 7. Prinsippskisse som illustrerer hva som skjer med underjordiske vegetative planteorgan (jordstengler eller formeringsrøtter) når disse deles opp til ulike tidspunkt i vekstsesongen. På våren og frem til ettersommer vil alle arter ha underjordiske planteorgan som fra knopper setter nye skudd. Evne til skudd-danning vil avhenge av planteart (eks. åkerdylle setter langt flere lys-skudd enn åkertistel) og gode vekstvilkår vil forårsake sterkere skuddanning enn om det f.eks. er tørt. Som tegningen viser vil skuddskytingen til åkerdylle på grunn av skuddhvile ('indre hvile') reduseres tidligere enn hos åkertistel og kveke. Studier har konkludert at åkertistel og kveke ikke har slik indre hvile og at det først og fremst er temperaturen som styrer når skudd-danning og vekst stopper opp. Åkertistel reduserer sin vekst og utvikling tidligere på høsten fordi den krever høyere temperatur (antagelig omkring 10 °C) enn kveke (omkring 5 °C). Som referert til i teksten lenger opp er det flere viktige ugrasarter som har en vekst som likner åkertistel om høsten. Effekten av stubbjordarbeiding på ulike ugrasarter om høsten vil i stor grad avhenge av hvor aktiv vekst de har på den måten at aktiv vekst vil bety bedre effekt av jordarbeiding (Tegning: Hermod Karlsen).

I en studie av Ringselle *et al.* (2016) ble det sett på effekten av stubbharving til ulike tider etter korn tresking, hhv. stubbharving umiddelbart etter tresking eller 5 eller 20 dager senere, og om stubbarbeidingen ble repetert eller ikke senere på høsten. I denne studien blir det konkludert at om harvingen blir utsatt i 5 dager så reduserer ikke det bekjempelsen av kveke sammenlignet med harving umiddelbart etter tresking. Men når harvingen først ble gjort 20 dager etter tresking var kontrollen av kveka dårligere. I studien til Ringselle *et al.* (2016) ble det videre konkludert at bekjempelsen ikke ble bedret med en ekstra harving senere.

Stubbarbeiding om høsten har blitt mest studert i forhold til flerårige ugras som kveke og åkertistel, men slik harving om høsten kan også redusere populasjoner av ettårige ugras (Pekrun & Claupein 2006).

I et nylig avsluttet NIBIO-prosjekt (Økokorn 2012-2016) har vi sammenliknet ulike strategier for bekjemping av kveke og andre rotugras. Forsøket inkluderer ulike kombinasjoner av jordarbeiding når kornet ikke er der, det vil si vår og/eller høst, og ulike mekaniske tiltak i vekstsesongen. Noen av strategiene har gitt svært god rotugras-bekjempelse og kornavling. Det gjelder bruk av redskap som blottlegger kvekerøttene (KVIK-UP, Figur 8)), benyttet høst og vår, eller kombinasjonen skålharving om høsten og radrensing i kornåkeren sommerstid (Tabell 12). Metoden med dobbel radavstand og radrensing med gåsefotskjær er imidlertid mindre brukt i Norge enn i våre naboland. Ved vurdering av effekt på alle ugrasarter ser man at KVIK-UP -harving både høst og vår (strategi 6) har vært best mens behandlingen skålharving på høsten og radrensing i kornet (strategi 4) viste nesten samme gode effekt på ugraset. Det var også for disse to behandlingene at kornavlingen var høyest (resultat ikke vist). Ser

vi på enkeltarter har det vært enklere å bekjempe kveke enn åkerdylle, og i tillegg til de to nevnte strategiene (4 og 6) har også KVIK-UP -harving bare på våren (strategi 5) reduserte kveka mye. Resultatene fra dette studiet viste at det måtte gjennomføres to tiltak per vekstsesong for å kunne kontrollere alle ugras tilfredsstillende, enten KVIK-UP -harving høst pluss vår (strategi 6) eller harving på høsten kombinert med radrensing i vekstsesongen (strategi 4). Det er ellers interessant å merke seg at kveka ble ganske godt kontrollert med bare KVIK-UP -harving på våren (strategi 5). I motsetning til strategier med utarming/utsulting av rotugras synes det som om 4-5 dager med kvekas jordstengler på jordoverflaten, før pløying, er nok for å bekjempe kveka ganske effektivt. Kornet kan da såes så raskt at avlingsnedgang ofte ikke inntreffer (se Figur 6). Er åkerdylle et problem må man imidlertid være forsiktig med bare KVIK-UP -harving på våren (strategi 5), den ble betydelig oppformert med denne behandlingen.

Tabell 12. Beskrivelse av 6 forskjellige strategier (uten bruk av herbicid) for kontroll av rotugras. Forsøket ble startet opp høsten 2013 med samme behandling på samme forsøksruter i 3 påfølgende år. Det er sluttregistreringen fra 2016 som er presentert i tabellen under (Brandsæter & Mangerud, under publisering).

#	Tidspunkt på året og hvilke tiltak som ble gjort				Relative tall basert på biomasse (tørrvekt) ved tresking i 2016			
	Vår		Sommer			Høst		
	Harving*		Radrensing**			Stubbarbeiding		
	Nei	Ja	Nei	Ja				
1	X		x		Pussing (nedkutting)	100	100	100
2***	X		x		Vertikalskjærer + Pussing	44	129	62
3	X			x	Pussing	63	116	77
4	X			x	Harving med skålharv	6	64	29
5		x	x		Pussing	8	133	54
6		x	x		Harving med KVIK-UP	2	62	19

* 'Nei'; Tidlig (normal) såing på våren. 'Ja'; bruk av KVIK-UP-harv og forsinket (ca. 5-6 dager) såing av kornet. **'Nei'; normal sårad (12cm). 'Ja'; dobbel radavstand (24 cm) og radrensing. ***Undersådd hvitkløver.



Figur 8. KVIK-UP-harv i bruk i forsøksfelt. Denne harvtypen har gåse-fotskjær i forkant (ca. 15 cm arbeidsdybde) for å løsne jorda, bakenfor er det en PTO-drevet aksling med fjærende tinder (ca. 5-7 cm arbeidsdybde) som legger jordstengler og røtter på jordoverflaten. Røtter og jordstengler bør ligge 4-5 dager i bra vær på overflaten før pløying og tillaging av såbed.

Foto: Lars Olav Brandsæter

2.2.4 Nye redskaper for stubbarbeiding (rotkuttere)

Frem til i dag har mye av forskningen på ikke-kjemiske strategier i stor grad dreid seg om ofte ganske intensiv jordarbeiding. Dette kan ha sine ulemper både med hensyn til erosjon, utvasking og energibruk. I nye prosjekter arbeides det med nye, innovative metoder hvor jorda ikke bearbeides så intensivt som tidligere (se Figur 9). Integrert i dette er det også en tankegang og metoder for at tiltakene mot ugraset skal «behovsprøves». For eksempel: at intensiv jordarbeiding ikke gjøres på arealer hvor det økonomiske tapet av avlingsbortfall på grunn av ugraset er mindre enn kostnaden for tiltaket eller dersom miljøulempen blir for stor.

Det gjennomføres for tiden omfattende forsøk i Norge og Sverige hvor det blant annet blir sett på effekten av de nye rotskjærene (Figur 9) sitt potensiale som stubbarbeidingsredskap. Innledende forsøk, hvor resultatene ennå ikke er publisert, viste at vertikalskjæreren brukt om høsten reduserte mengde rotugras, bl.a. kveke, i forhold til ubehandlet kontroll (ikke jordarbeiding), men forskjellene var ikke statistisk sikre i de norske forsøkene. I forsøk i Sverige med horisontalskjærer siste forsøksår (vertikalskjærer første forsøksår) om høsten etter tresking ble det statistisk sikker nedgang både for kveke (35% nedgang) og åkerdylle (41% nedgang).



Figur 9. De to bildene til venstre viser prototyp av Kverneland horisontal-rotskjærer. Hvert av skjærene er litt over 50 cm brede og med noen cm overlapping blir hele arbeidsbredden gjennomskåret. Denne skjæreren ble primært laget for bekjempelse av åkertistel og andre arter med dypt rotsystem. Bildene til høyre viser Kverneland vertikal-rotskjærer, denne har rulleskjær på to akslinger og rulleskjærene lager ca. 10 cm dype slisser ned i jorda med 10 cm avstand mellom rulleskjær/slisser. Vertikalskjæreren ble primært laget for bekjempelse av grunt-voksende arter som kveke. De to skjærer-prototypene kan ha flere bruksområder men et særlig aktuelt bruksområde er stubbarbeiding på høsten med minimal bearbeidelse av jorda (Se de to nederste bildene)

Foto: alle bilder, Lars Olav Brandsæter.

2.2.5 Radrensing i korn og andre kulturer

I korn kan en tilrettelegge for radrensing ved å så kornet med dobbelt radavstand (24-25 cm). I et nylig avsluttet studie i Norge ga radrensing (24 cm radavstand, Figur 10) betydelig mindre rotugrasbiomasse sammenlignet med der det ikke ble radrenset (12 cm radavstand). Forskjellene varierte imidlertid mellom år, trolig mest fordi antall radrensing-operasjoner mellom årene varierte (fra 1 til 3 ganger per sesong). Som et gjennomsnitt over år ga hver radrensing-operasjon en reduksjon av rotugrasbiomasse på ≈ 15 prosent per gang det ble radrenset. Dette resultatet er litt bedre enn hva Graglia *et al.* (2006) oppnådde, de oppnådde ca. 10 prosent nedgang per radrensing (2 års gjennomsnitt) mot åkertistel. Melander *et al.* (2005) har tidligere oppsummert at større avstand (eks. 25 cm) mellom kornradene på den ene siden muliggjør radrensing men at den økte radavstanden kan redusere kornavlinga iallfall ved konvensjonell dyrking og tilgang til herbicider. Melander *et al.* (2005) konkluderer videre at det mangler studier hvor effekten av radavstand måles opp mot avlinger både i vår- og høstkorn. Melander *et al.* (under publ.) viser imidlertid resultater fra økologisk dyrket vårbygg og vårhvete ingen avlingsnedgang med å utvide radavstand fra 12,5 cm til 15, 20, 25 eller til og med 30 cm. På den annen side, Andersson (1983), viste at når radavstanden i høstvetete økte fra 10 til 22 cm



Figur 10. Bilde øverst til venstre, ved å så kornet med dobbelt radavstand (24-25 cm) tilrettelegger man for at det kan radrenses i kornet. Tidligere var det vanlig at det satt en person bak på radrenseren (bilde nede til venstre) og hjalp til med styringen av gåsefotskjær slik at den ikke skadet kornet. Bilde øppe til høyre viser en åkerdylle plante som er skåret over av radrenseren, men ugras som vokser i kornraden får man ikke tatt med radrenseren. Bilde nede til høyre viser en moderne radrenser med stor kapasitet, 'Cameleon' (Gothia Redskap) hvor styring av skjærene justeres ved hjelp av kamera og bildeanalyse eller ved hjelp av GPS på traktor og/eller radrenser. Radrensing er vanlig i grønnsakskulturer, men ennå ikke mye brukt i kornåkere i Norge.

Foto: Nede til venstre, Kjell Mangerud, de andre Lars Olav Brandsæter

med samme såmengde, ble det største utbyttet oppnådd med 10 cm radavstand, og utbyttet ble reduisert med 0,7 % for hver centimeter økning av radavstand. I motsetning til dette resultatet, fant verken Rasmussen (1998) eller Tillett *et al.* (1999) noen avlingsnedgang når de økte radavstanden av høsthvete fra 10-12 til 20-22 cm. I klar kontrast til dette fant Lötjönen og Mikkola (2000) i Finland at en tilsvarende avstandsøkning (12,5 til 25 cm i vårbygg førte til avlingsnedgang på 12-13%, heller ikke radrensning økte ikke avlingen. En forklarende faktor for disse motstridende resultatene fra ulike studier kan skyldes forskjeller i ugrasflora og ugrastrykk.

Ny teknologi under utprøving gir nye muligheter. Såing kan styres med GPS. Radrensingen styres med et fastmontert kamera på radrenseren som «ser kornradene», en datamaskin tolker signalene fra kameraet og avgjør om arbeidsorganene på radrenseren er midt mellom kornradene og sender eventuelt signaler til hydraulikken om korrigerende. Dette gir mulighet til større fart ved radrensing og mindre avstand mellom sårade. Sannsynligvis vil dette føre til at flere tar i bruk metoden.

Det finnes mye kunnskap, både fra forskning og fra praktisk erfaring, om radrensing i andre kulturer som potet og grønnsaker. Eksempelvis kan intens radrensing i potet gjøres så lenge potetriset tillater dette og ikke skades. Med en avsluttende hypping kan rotugras generelt reduseres betydelig på denne måten. I en del eldre litteratur kan man lese at hvis man ønsker en nærmest «total kontroll» av rotgraset må man dyrke radkulturer, kombinert med radrensing i minst to år, blant annet skriver Korsmo (1954) at det er nødvendig med to år med radrensing i potet for god bekjempelse av rotgraset åkersvinerot (*Stachys palustris*).

2.2.6 Andre ikke-kjemiske metoder i korn og andre kulturer

Det kan tenkes at andre tiltak: damping/varmt vann, knusing av vegetative formeringsorganer (eks. kveke, Melander *et al.* 2011), laser, roboter, stråling, mm. kan undersøkes nærmere. Det er metoder en trenger mer kunnskap om og som må forskes mer på.

2.3 Alternativ bruk av kjemisk plantevern

2.3.1 Kjemiske alternativer til glyfosat i moden åker- kveke

Bruken i moden byggåker er spesielt aktuelt dersom det ser ut til å bli sein høsting og sprøyting i stubben vil gi dårlig effekt på kveka som ikke får utviklet nok bladmasse (Skuterud 1983). Under slike forhold vil sprøyting i stubben om høsten gi dårligere effekt. Det vil derfor være et bedre alternativ å sprøyte om våren 3-4 dager før forventa våronn og såing av vårkorn. Dette kan gi risiko for forsinka såing og redusert avling. Skal en dyrke høstkorn er et alternativ å stubbe høyt ved tresking og sprøyte umiddelbart etterpå med glyfosat – dette har normalt ikke så god effekt som stubbsprøyting (Bakkegard *et al.* 2007). Ett annet alternativ er å bruke selektive midler vår/forsommer i voksende i hvete, rug og rughvete (se nedenfor).

2.3.2 Kjemiske alternativer til glyfosat i stubben om høsten

Vi har satt opp en oversikt over alternative kjemiske midler til glyfosat mot ulike ugrasarter i Tabell 13. Det er ingen alternative kjemiske midler mot ugrasarter til bruk i stubben godkjent i dag, men vi har satt opp preparater som kan brukes til andre tider i vekstsesongen og som har effekt på samme ugrasarter.

Det vil stadig være endringer i hvilke plantevermidler som er godkjent og Tabell 13 vil derfor fort bli utdatert. Vi anbefaler å søke i Plantevernguiden (www.plantevernguiden.no) og i VIPS-ugras (www.vips-landbruk.no) for å finne oppdaterte godkjente plantevermidler i aktuelle kulturer. Liste over godkjente plantevermidler sortert etter preparat eller aktivt stoff kan finnes på Mattilsynets hjemmesider (www.mattilsynet.no).

Tabell 13. Oversikt over alternative preparater mot ulike ugrasarter i korn. Hvilke preparater som er godkjent til enhver tid vil variere. Vi henviser til lister over godkjente preparater på www.mattilsynet.no og på www.plantevernguiden.no og til VIPS-Ugras (www.vips-landbruk.no) for effekt av disse midlene.

Ugrasart	Preparat	Aktivt stoff	Tidspunkt for sprøyting	Kultur	Merknad, ugraseffekt
Kveke	Attribut Twin	Prosulfokarb + jodsulfuron	Vår/ forsommer	Vårhvete, høsthvete	God effekt på kveke, men ikke langvarig effekt
	Atlantis WG	Mesosulfuron + jodsulfuron	Vår/ forsommer	Vårhvete, høsthvete, rug, rughvete	Gir litt reduksjon mot kveke. I rug og høstvetesorten Magnifik må brukes lavere doser som gir dårlig effekt mot kveke
Tunrapp Markrapp Knereverumpe	Atlantis WG Boxer	Mesosulfuron + jodsulfuron prosulfokarb	Om høsten etter såing	høsthvete, rug og rughvete. Boxer også i høstbygg	Også virkning på vassarve m.fl.
Tunrapp Markrapp Knereverumpe	Atlantis WG	Mesosulfuron + jodsulfuron	Vår/ forsommer	Vårhvete, høsthvete, rug, rughvete Lavere dose i rug og høstvetesorten Magnifik	Atlantis virker bedre på tunrapp og markrapp enn knereverumpe. Har også meget god virkning på balderbrå, då- arter, linbendel, oljevekster og vassarve.
	Hussar OD	Jodsulfuron		bygg, høst- og vårhvete, rug og rughvete. Dosen i bygg er lavere enn i andre arter	God effekt på tunrapp og markrapp, mens det er noe, men variabel effekt på knereverumpe Har i tillegg meget god effekt på en rekke tofrøblada arter.
	Hussar Plus OD	Jodsulfuron + mesosulfuron		Høst- og vårbygg, høst- og vårhvete, rug og rughvete Lavere doser i vårbygg og spesielt høstbygg	Meget god effekt mot tunrapp og en rekke tofrøblada arter God effekt mot markrapp, noe, men variabel effekt mot knereverumpe
	Hussar Tandem	Jodsulfuron + diflufenikan		bygg, høst- og vårhvete, rug og rughvete	God effekt mot tunrapp og markrapp, noe, men variabel effekt mot knereverumpe. Meget god effekt på en rekke tofrøblada arter
Tofrøblada frøgras som f.eks. balderbrå, vassarve, rødtvetann	Mange herbicider som de nevnt over (Hussar-preparater, Atlantis), samt Ariane S, Express, Harmony Plus, Sekator OD, Gratil, Starane XL, Tomahawk, Primus, Zypar, Pixxaro, Ally Class, CDQ, m.fl.	flere		Vår- og høstkorn. Se de etiekettne til de ulike preparatene	Mange midler virker best på smått ugras. Har frøgraset overvintret og er stort så er det vanskeligere å bekjempe (det gjelder for også for midler mot grasugras som tunrapp, markrapp og knereverumpe nevnt over)
Spillkorn (havre)	Floghavremidler: Axial, Puma Extra	Pinoksaden fenoksaprop-P-etyl		bygg, vårhvete, høsthvete, rug og rughvete	
Tofrøblada rotugras	MCPA-preparater (MCPA 750 Flytende, MCPA 750 Nufarm, m.fl.)	MCPA	Forsommer, på store rosetter av rotugras	Korn	Åkertistel, åkerdylle
	Mekoprop-P-preparater (Duplosan Meko, Mekoprop Nufarm m.fl.)	Mekoprop-P		Korn (høst og vårkorn)	Åkertistel, åkerdylle, åkersvinerot, hestehov m.fl
	Zypar	Florasulam: +halauksifen-metyl		Høst- og vårkorn av hvete, spelthvete, bygg, rug og rughvete	En viss effekt på åkertistel (70-85% effekt i høstkorn ved sein sprøyting i følge etiketten)

2.3.2.1 Kveke – noen midler i hvete, rug og rughvete

Det er per i dag ingen kjemiske alternativer i stubbåker mot kveke. Før glyfosat kom på markedet kunne en bruke en TCA eller Dalapon (2,2-diklorpropionsyre) i kombinasjon med jordarbeiding om høsten mot kveke (Skuterud 1984), men de er ikke godkjent i dag.

Attribut SG 70 (propoksykarbazon) og Monitor (sulfosulfuron) ble utprøvd i voksende åker av vårhvete og høsthvete i norske forsøk for noen år tilbake med svært god effekt på kveka spesielt på reduksjon i dekning (88-100% reduksjon) og noe mindre på reduksjon i antall lysskudd (Tabell 14, Fykse & Skuterud 2000, Skuterud & Fykse 2001). Forsøkene viste også at Attribut kunne gi stor skade på vårhvete. I dag er Attribut Twin (Attribut SG 70 + Hussar OD) godkjent i høst- og vårhvete. Tilsetning av Hussar OD som inneholder en safener vil beskytte hveten, mens det aktive stoffet jodsulfuron gjør at det blir bredere ugraseffekt. I Sverige kan en bruke Monitor mot kveke i hvete og rughvete, men Monitor er ikke godkjent i Norge og Danmark. Forsøk fra andre land viser også god effekt på kveke, men det hevdes at midlene ikke dreper kveke helt og at det derfor er behov for oppfølgende bekjemping i stubben med glyfosat (Fykse & Skuterud 2000).

Tabell 14. Effekt av Attribut SG 70 i vårhvete og høsthvete på kveke i moden åker i 1998-2000. Sprøyta ved 3-4 bladstadiet i vårhvete og om våren i høsthvete. ‘-’ indikerer manglende data. Kilde: Fykse & Skuterud 2000, Skuterud & Fykse 2001. Godkjent maks. dose er nå 6 g/daa.

	1998 – Attribut (alene)				1999 – Attribut (tilsatt klebemiddel)				2000- Atribut (tilsatt 0,1 tab. Express/daa + klebemiddel)			
	Ant. felt	Uspr.	2,9 g/daa	5,7 g/daa	Ant. felt	Uspr.	2,9 g/daa	5,7 g /daa	Ant. felt	Uspr.	2,9 g/daa	5,7 g/daa
Vårhvete												
Kvekelys-skudd/m ² *	2	34	8	5	3	33	11	4	-	-	-	-
Kveke-dekning, %	2	9	0	0	4	28	3	0	4	34	4	2
Kornavling, kg/daa	3	480	474	469	7	463	469	441	5	355	471	460
Høsthvete												
Kvekelys-skudd/m ² *	0	-	-	-	1	117	1	0	2	144	-	23
Kveke-dekning, %	0	-	-	-	1	19	0	0	3	17	-	2
Kornavling, kg/daa	3	608	-	705	5	469	519	523	5	495	-	615

*Behandla ledd som % av usprøyta

Atlantis WG (mesosulfuron + jodsulfuron) er godkjent i rug, høsthvete og vårhvete. I store doser (30-50 g/dekar) brukt om våren har preparatet noe reduserende virkning (omtrent en halvering) på kveke, bl.a. undersøkt i norske forsøk tidlig på 2000-tallet (Skuterud upubl., Tørresen upubl.). Virkningen av Atlantis er mye dårligere enn Attribut. I rug og en hvetesort (Magnifik) bør en ikke bruke stor dose, noe som begrenser virkningen mot kveke.

I tofrøblada kulturer har Agil og Focus Ultra god effekt mot kveke. Det kan tenkes at de også kan brukes mot kveke i stubben, men de må da godkjennes til formålet først, og miljøeffektene må være akseptable.

Videre stiller vi spørsmål ved om for eksempel organiske syrer som eddiksyre eller pelargonsyre kan brukes i stubben mot kveke. De er godkjent i dag i hobbyhager i Norge og blir hevdet å kunne erstatte glyfosat på enkelt nettsider (eks.:

<https://extension.umd.edu/sites/extension.umd.edu/files/docs/programs/ipmnet/Vinegar-AnAlternativeToGlyphosate-UMD-Smith-Fiola-and-Gill.pdf>

<http://www.gcbl.org/live/home/landscaping/is-there-a-safe-alternative-to-roundup>). Mot kveke som formerer seg med jordstengler er en avhengig av at stoffene transporteres dit. Disse preparatene er ikke systemiske og vi antar derfor at effekten er dårlig mot kveke, må gjentas mange ganger eller kombineres med andre tiltak.

2.3.2.2 Tunrapp, balderbrå og andre vinterettårige/toårige arter

Det er per i dag ingen godkjente kjemiske alternativer i stubbåker mot tunrapp, balderbrå og andre vinterettårige/toårige ugrasarter (frøugas). Tidligere var glufosinat-ammonium (Finale) godkjent og hadde effekt mot flere arter, men effekten var dårligere mot grasarter enn glyfosat-preparater (Tørresen & Skuterud 1997 & 1999, Tabell 2). Dette ugrasmidlet var mindre systemisk enn glyfosat. Det kan tenkes at svimidler (organiske syrer som maursyre, eddiksyre og pelargonsyre) og nedvisningsmidler som brukes bl.a. i potet (dikvat: Reglone, Retro), karfentrazon (Spotlight Plus - søkt godkjent)) kan virke med å drepe bladene og slik sett ha effekt på flere arter. Miljø- og helseeffekter kan sette en stopper for disse midlene, plantevermiddelfirma må ønske å få disse midlene på markedet og det er også et prisspørsmål. Eddiksyre og pelargonsyre er på det norske markedet allerede, men som hobbypreparat i hager. Hvordan effekten er i sammenlikning med glyfosat trengs å undersøkes nærmere, men vi antar at effekten er dårligere pga. ingen systemisk virkning. Ikke-systemiske midler er trolig mer aktuelle mot frøugas uten vegetativ formering via røtter og jordstengler enn mot rotugas.

Bekjemping i stubben mot overvintrende frøugas er imidlertid kun aktuelt dersom en ikke pløyer høst eller vår. Så pløying er et godt alternativ til glyfosat her (Tørresen & Skuterud 2002).

Det er endel ugrasmidler godkjent mot både frøugas av grasarter og tofrøblada ugras om høsten i høstkorn og om våren i høstkorn og vårkorn (typiske frøugasmidler). Frøugasmidlene virker best på smått ugras fra frøbladstadiet til de har 2-4 varige blad.

I høstkorn om høsten kan en bruke Boxer og Atlantis mot tunrapp, markrapp, knereverumpe og vassarve og et par andre arter. Disse virker best på smått ugras, ikke på store planter som har spirt vår/forsommer i forrige kultur og overlevd dersom en kun har høstharva eller direktesådd høstkornet.

Om våren kan grasarter som tunrapp, markrapp og knereverumpe (i utlandet også åkerkvein, åkerreverumpe) bekjempes med Atlantis WG, Hussar OD, Hussar Plus OD og Hussar Tandem.

Tofrøblada frøugas kan bekjempes med en rekke frøugasmidler om våren, se Tabell 13. Frøugasmidlene virker best på ugras som har spirt fra frø samme år (smått ugras med frøblad til 2-4 varige blad). Dersom en ikke har pløyd kan endel ugras overvintre fra høsten før. Disse vil da være store og vanskelig å bekjempe med frøugasmidler. I praksis har en derfor ingen gode alternativer til glyfosat mot store/overvintrende frøugas ved redusert jordarbeiding.

2.3.2.3 Spillkorn

Det er nok en del som sprøyter i stubben om høsten mot spillkorn. Det vil normalt ikke være nødvendig å sprøyte mot spillkorn siden det vil drepes av vinteren/frost. Unntaket er spillkorn av høstkorn som normalt såes/spirer på høsten. Spillkorn av havre som spirer om våren kan bekjempes med floghavremidler (Axial, Puma Extra) i bygg, hvete, rug og rughvete.

2.3.2.4 Tofrøblada rotugas (fenoksyryrer mm)

Tofrøbalda rotugas som åkertistel, åkerdylle, hestehov og åkersvinerot kan bekjempes vel så godt med fenoksyryrer i voksende kornåker som med glyfosat i stubben. Disse krever høy dose glyfosat for å bli bekjempet (600-800 ml/dekar av et 360 g/L glyfosatpreparat). Disse artene vil også visne ned om høsten. Det er vist at spesielt åkerdylle visner ned tidlig om høsten, mens åkertistel visner ned mer gradvis (Tørresen *et al.* 2010). Ved sprøyting med glyfosat bør det være store rosetter å sprøyte på og

de bør ikke ha visna ned. Ved sprøyting med fenoksysyrer er det MCPA og mekoprop-P som er mest aktuelle. De har noe forskjellig virkningsspekter. Andre preparater kan også brukes på disse artene dersom det sprøytes til rett tid (på store rosetter) og f.eks. Express (tribenuron) har vist gode resultater på rotugras i finske forsøk (H. Jalli, pers. komm.).

2.3.3 Kjemiske alternativer til glyfosat i stubben om våren

Kjemiske alternativer til glyfosat i stubben om våren før våronn vil være det samme som stubbsprøyting om høsten, med unntak av høstsprøyting i høstkorn, se Tabell 13.

2.4 Integrert plantevern i korn

2.4.1 Optimal bruk av glyfosat

Kan en bruke glyfosat på en optimal måte så vil effekten bli bedre, en kan klare seg med mindre doser og trenger ikke sprøyte så ofte. Nedenfor vil vi nevne faktorer som er viktig for en optimal bekjemping.

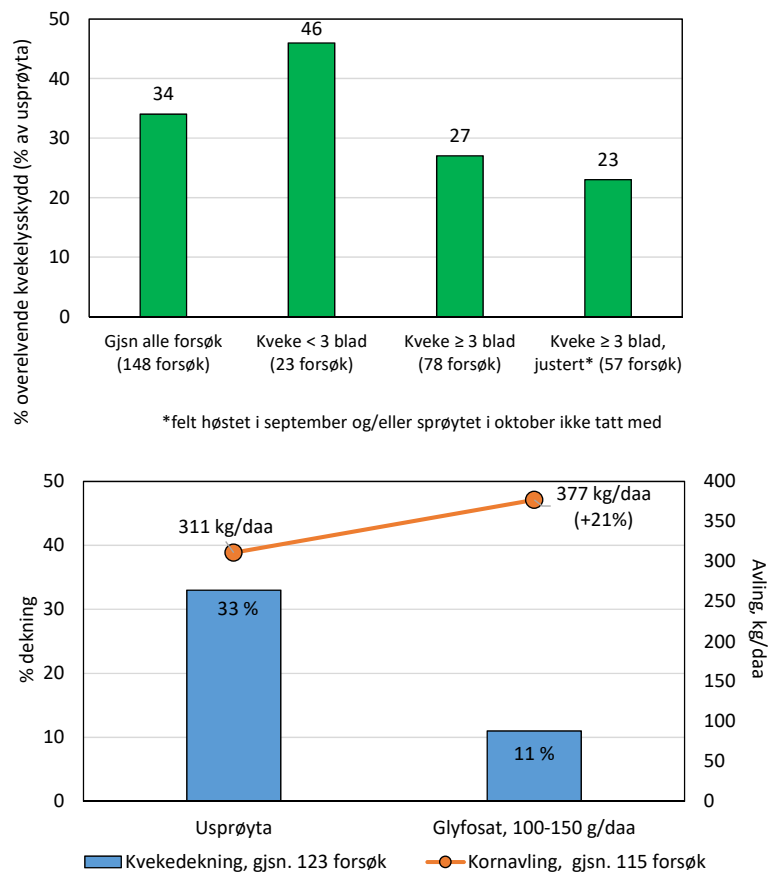
2.4.1.1 Stadium på ugraset/tidspunkt jordarbeiding

For å få god effekt av glyfosat bør rotugraset ha en viss størrelse, mens frøgras kan være smått. Kveke bør ha minst 3-4 fullt utvikla blad (ett fullt utvikla blad=hele bladplata er synlig og ute av bladslira). Det vil si at det bør gå minst 3-4 uker etter høsting eller lett høstharving før en sprøyter mot kveke, men det kan gå kortere tid når det er frøgras som dominerer. Skuterud (1989) oppsummerer mange glyfosatforsøk mot kveke på 70- og 80-tallet og viste at det var bedre effekt når kveka hadde 3 blad eller mer og spesielt dersom det ble høsta ikke seinere enn august til sammlikning med om kveka hadde under 3 blad (Figur 11). I gjennomsnitt for alle felt overlevde ca. 1/3 av kveka til året etterpå. Kornavlinga økte med 21% ved glyfosatsprøyting og prosent kvekedekning ble redusert fra 33% til 11%. 22% reduksjon i kvekedekning ga 21 % økning i kornavling, noe som viser at en prosent kvekedekning reduserte kornavlinga med en prosent. For rotugras henger anbefalt behandlings-tidspunktet sammen med det såkalte kompensasjonspunktet (når respirasjon og energiproduksjon er like), og i teorien når hovedstrømmen av assimilater skifter fra å gå fra rota til skuddet over til fra skudd til rot. For kveke er dette stadiet nådd ved 3-4 blad stadiet (bl.a. Håkansson 1974). Etter dette stadiet vil transport av assimilater og ugrasmidler som glyfosat bli transportert mer ned til jordstenglene enn på tidligere stadier. Det er en fordel at kveka er størst mulig ved sprøyting og flere rådgivere i Norsk Landbruksrådgiving (NLR) og Håkansson (2003) hevder at kveka bør ha minst 4-5 blad ved sprøyting. Andre studier har også indikert at sein høsting (etter 1. september) ofte vil gi sein utvikling av kveke, og den når kanskje ikke 3-4 blad i løpet av høsten og dette resulterer i dårlig effekt av glyfosat (Tørresen *et al.* 2003, Seehusen *et al.* 2014, resultater fra REDUCE-prosjektet/Figur 12/Tørresen *et al.* unpubl.).

Ligger det an til å bli sein sprøyting på for lite utviklet kveke, er det bedre å vente til våren med å sprøyte, selv om det da blir forsinket våronn, eller sprøyte i moden byggåker. Sprøyting i moden åker er en metode som gir svært god effekt og mest langvarig virkning på kveka og anbefalt dose er også lavere enn stubbsprøyting. Før høsting er også temperaturene høyere med gode forhold for nedbryting enn seint om høsten. Ved høstkorndyrking kan det også bli for kort tid til kvekebekjemping, og dette kan gjøre at en bør pløye eller sprøyte i moden byggåker/eller i tofrøblada kultur med andre kvekemidler. Alternativt kan en før høstkorn stubbe høyt ved tresking og sprøyte umiddelbart etterpå.

Glyfosat er et systemisk middel som skal tas opp og transporteres ned i røttene. Det er derfor viktig at det fortsatt er god vekst i plantene ved sprøyting. Et par frostnetter med temperaturer ned til -4/-5 °C

og god temperatur på dagen reduserer ikke effekten. Det er derfor viktigere å vente til kveke blir stor nok før behandling enn å behandle for lite utviklede planter ved utsikter til frost.



Figur 11. Overlevende kveke og kornavling året etter stubbsprøyting 1972-87. Øverst: effekt av glyfosat (100 eller 150 g glyfosat/daa) på kveke gruppert etter antall blad på kveke ved sprøyting. Nederst: % kvekedekning og kornavling. Omarbeidet etter Skuterud 1989.

Tofrøblada rotugras som åkertistel og åkerdylle bør ha store rosetter og ikke være nedvisna ved sprøyting med glyfosat i stubben (eller med fenoksysyrer om våren, som gir bedre effekt enn glyfosat i stubben).

Frøgras vil ofte være stort i stubben. Generelt bør frøgraset være minst mulig for å få god effekt, men for glyfosat spiller det mindre rolle for effekten på biomassen. Men for å forhindre frøproduksjon bør frøgraset være minst mulig, da det i pottforsøk er vist at en bør sprøyte ikke seinere enn full blomstring for å forhindre frøproduksjon. Ble det sprøytet 7-10 og 20 dager etterpå så ble det dannet mer spiredyktige frø (Netland, 1985; Semb & Skuterud 1996; Tørresen & Skuterud 1997). I VIPS-Ugras kan en legge inn utviklingsstadium (kun tidlige stadier, ulikt antall blad). Ofte har frøgraset tuer og mange blad per plante og en vil mått legge inn maks. antall blader.

Det bør videre gå en viss tid fra sprøyting av glyfosat til jordarbeiding for å få god effekt. Ulike glyfosatformuleringer kan ha ulike egenskaper her og en bør følge etiketten til de enkelte preparat. Det er trolig viktigere at en ugrasart som kveke har nok plantemasse ved sprøyting enn at det går lang tid fra sprøyting til jordarbeiding. Normalt bør det gå helst 14 dager om høsten (alternativt 7 dager) og 3-4 dager om våren før jordarbeiding hvis ikke kortere intervall er angitt på etiketten. Intervallet

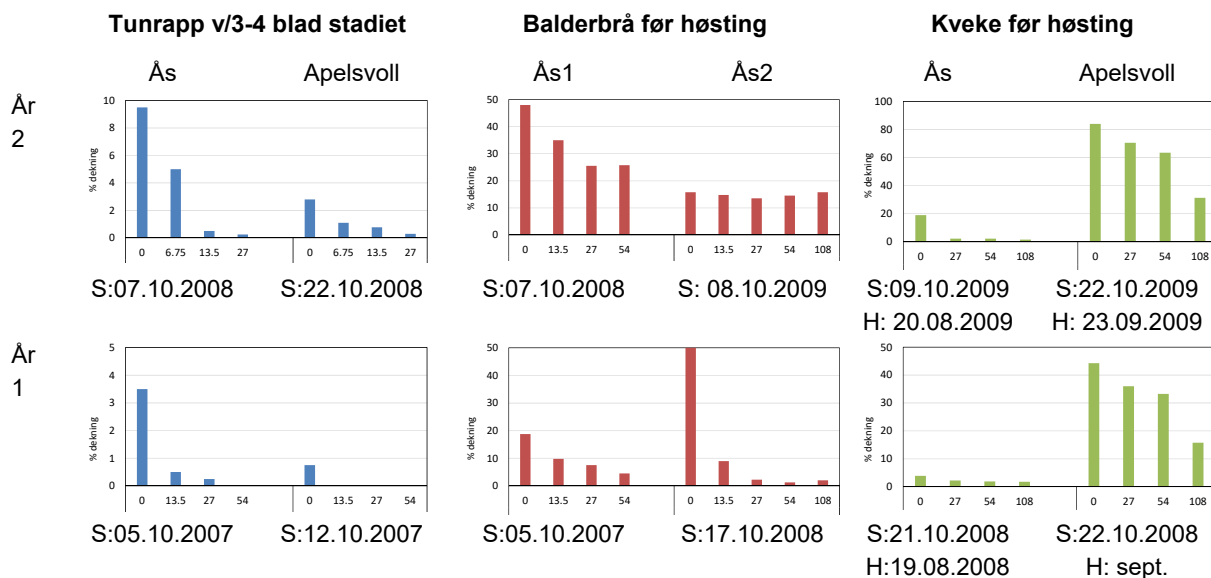
mellom glyfosatbehandling og jordarbeiding er ting vi trenger mer kunnskap om for ulike glyfosatformuleringer.

2.4.1.2 Ulike doser

Tidligere forsøk har vist at ulike ugrasarter krever ulike doser for å bli bekjempet (Tørresen & Skuterud 1997, Tabell 2). Frøgras krever lavere doser enn rotugras og grasarter lavere doser enn tofrøblada arter. For glyfosat anbefaler en ulik dose avhengig av ugrasart og delvis ut fra sprøytetidspunkt (Tørresen *et al.* 2012) :

- Kveke - I moden byggåker 72-108 g glyfosat/daa (tilsvarer 200-300 ml/daa av et preparat som inneholder 360 g glyfosat/liter), behandlingsfrist 7 eller 10 dager
- Kveke – I stubben om høsten eller om våren:
 - 108-144 g glyfosat/daa (tilsvarer 300-400 ml/daa preparat som over) ved store kvekemengder og ca. hvert 4-5. år når en pløyer
 - 54-72 g glyfosat/daa (tilsvarer 150-200 ml/daa preparat som over) årlig ved redusert jordarbeiding og små mengder
- Overvintrende frøgras (tunrapp, balderbrå, vassarve, knereverumpe, m.fl.) 54-72 g glyfosat/daa (tilsvarer 150-200 ml/daa preparat som over) (også lavere under visse forhold/noen arter)
- Tofrøblada rotugras 216-288 g glyfosat/daa (tilsvarer 600-800 ml/daa preparat som over) (men ofte vel så gunstig med sprøyting med fenoksysyrer i vekstsesongen)

Det er i REDUCE-prosjektet testet ut ulike doser mot kveke, tunrapp og balderbrå - viktige ugrasarter ved redusert jordarbeiding i korn. Disse forsøkene bekreftet og at dosene angitt over er tilstrekkelige (Figur 12). Disse og flere andre forsøk viser at tunrapp kan bekjempes med svært lav dose glyfosat. I forsøkene med balderbrå var det i begge forsøk bedre effekt ved første års sprøyting enn andre års sprøyting uvisst av hvilken årsak. Alt i alt viser disse og andre resultater at kan en tilpasse dosen til de ugrasarter som er tilstede og at en trolig kan redusere bruken av glyfosat. I beslutningstøtteverktøyet VIPS-Ugras kan en bonde eller rådgiver legge inn observerte ugrasarter – både tetthet (fem grupper) og utviklingstradium (antall blad) og få som output anbefalt dose. En kan også legge inn temperatur og om det er tørkestress som også påvirker anbefalt dose. I handlingplanprosjektet «Utprøving og informasjon om alternativer til glyfosat i korn» tester vi for tiden ut VIPS-Ugras i stubbåker med kveke for å få mer kunnskap om VIPS-Ugras og betydning for effekt på ugraset og avlinga. Systemet krever at en kjenner ugrasartene og en må observere ugraset før sprøyting. Etiketten til glyfosat-preparatene gir også anbefalinger om dose for ulike typer ugrasarter.



Figur 12. Effekt av ulike doser glyfosat (angitt som g aktivt stoff glyfosat/daa, 108 g glyfosat tilsvarer 300 ml av at preparat som inneholder 360 g glyfosat/liter) i stubbåker på prosent dekning av tunrapp, balderbrå og kveke i 2 etterfølgende år på samme felt (2 felt per art). Det var vårkorn, jordarbeiding vårharving og ingen frøugrasssprøyting på feltene. S=sprøytetid, H=høstetid før sprøyting. Resultater fra REDUCE-prosjektet, Tørresen *et al.* upubl.

2.4.1.3 Sprøyteteknikk

God sprøyteteknikk som sikrer nøyaktig dosering og at alle plantene dekkes er viktig for optimal bruk. Funksjonstest og velfungerende dyser er en selvfølge. Optimal sprøyteteknikk vil kunne gi god effekt ved lave doser. Normalt anbefales ikke vannmengder på over 15 liter per dekar. Vær oppmerksom på at kalkholdig vann reduserer effekten. I slike tilfeller bør en ned i 10 liter vann per dekar. Det bør sprøytes på tørre planter og midlet må få tørke inn på planta (Dalen 2012). Etter nedbør bør en vente et par dager slik at vannet dreneres ut fra rotsonen. Unngå avdrift ved å bruke dyser som gir større dråper. Store dråper ser ikke ut til å redusere effekten av glyfosat. Hastigheten skal ikke overstige 7 km/t. På 1970 og -80 tallet ble det prøvd ut tilsetning av ulike additiver til glyfosat (ammoniumsulfat og etylan, Skuterud 1989), men konklusjonen da var at det hadde en viss effekt ved lavere doser, men ikke i doser som gir god bekjemping på kveke. Danske forsøk viser at effekten av glyfosatmidler blir økt ved bruk av additiver som AFS og NovaBalance (Jørgensen *et al.* 2017).

2.4.1.4 Skadeterskler

I Danmark har Melander (1993b) studert effekt av kveke på avling og beregnet skadeterskler til 1-10 planter/m² i hvete og bygg når det ikke stubbharves (kun pløying), med stubbharving (i tillegg til pløying) økes tersklene til 15-20 skudd/m². I MILDRI-prosjektet ble utvikling av kveke, tofrøblada rotugras og frøugras simulert med modellen PVNOR ved ulik jordarbeiding og tiltak mot kveke ble simulert satt inn når en skadeterskel på 25 kvekelysskudd pr. m² ble nådd (Fykse *et al.* 2004). Det er ikke etablert skadeterskler for kveke i dag, men i VIPS-Ugras vil det være økende effektkrav jo mer det er av for eksempel kveke. I simuleringer med PVNOR ble full dose glyfosat satt inn omtrent hvert 2. år med redusert jordarbeiding, hvert 3-4 år med vårpløying, hvert 4-5. år ved høstpløying (Fykse *et al.* 2004). Dersom det er gode forhold for kvekebekjemping har halv kvekedose årlig holdt kveka under kontroll ved redusert jordarbeiding i feltforsøk (Tørresen *et al.* 2003). Er det problematisk med utvikling av resistens? Er det bedre å ha en skikkelig bekjemping, men ikke hvert år slik som simulert av PVNOR? For frøugras i stubbåker mangler det skadeterskler, men en bør ta hensyn til frøugraset også ved bekjemping i stubben med glyfosat.

2.4.1.5 Resistensforebygging

Resistens mot glyfosat tas opp seinere i rapporten, men vi vil kort si at for å forhindre resistens bør en generelt bruke ulike måter å bekjempe ugraset på enn bare glyfosat. Dette kan være herbicider med andre virkemekanismer (hvis de virker godt nok) og mekaniske metoder eller andre typer bekjemping. Kanskje bør en år om annet pløye for å forsinke evt. resistensutvikling. Årlig sprøyting med reduserte doser kan kanskje gi fare for resistens mot glyfosat, spesielt i frøgras siden det er mer metabolsk resistens der mange gener er involvert det er snakk om her. Dette er ting en trenger mer kunnskap om.



Figur 13. Kveke med mindre enn 3-4 blad i stubben – unngå å sprøyte med glyfosat på dette tidspunktet.

Foto: Aina Røste Lundon.



Figur 14. Spillkorn og balderbrå i stubben. Balderbrå bør bekjempes med glyfosat hvis en ikke skal pløye, mens frosten vil bekjempe spillkorn av vårkorn. Spillkorn er ofte lysere i bladfargen enn den flerårige grasarten kveke.

Foto: Kirsten Semb Tørresen.

Oppsummering optimal bruk av glyfosat

- **Sprøyt med redusert dose når følsomme ugrasarter dominerer.** Frøugras kan bekjempes med lavere doser enn rotugras. Se etiketten eller VIPS-Ugras
- **Sprøyt når utviklingsstadiet er optimalt.** Kveke bør ha minst 3-4 nye blad. Det tar ofte 3-4 uker etter høsting før dette utviklingsstadiet er nådd. Tofrøblada rotugras bør ha store rosetter/begynnende strekning: Åkertistel - minst 8-10 blad på 25% av plantene, åkerdylle - 5-7 blad. Vurder om sprøyting mot tofrøblada rotugras bør utsettes til neste vekstsesong hvor det kan sprøytes med fenoksysyrer. Smått frøugras kan bekjempes med lavere doser enn større frøugras. Men ofte har frøgraset planter av ulik størrelse - ta hensyn til de som er størst.
- **Sprøyt når det er god vekst i plantene.** Er temperaturen høy og det er god vekst i plantene vil effekten bli bedre av glyfosat og en kan gå ned på dosen. En kan likevel få god effekt etter en frostnatt, men det må være god vekst i plantene. Høy luftfuktighet gir bedre effekt av glyfosat.
- **Bruk redusert vannmengde.** Bruk laveste vannmengde som er anbefalt for sprøyta. Ved redusert vannmengde blir konsentrasjonen av glyfosat-preparatet høyere og dette gir litt bedre effekt og en kan gå noe ned på dosen.

Unngå å sprøyte med glyfosat i stubben om høsten når:

- **Frøugras dominerer, det er lite rotugras og en skal pløye om høsten eller neste vår.** Pløyinga vil bekjempe overvintrende frøugras. Uansett om en sprøyter med glyfosat eller pløyer så vil nytt frøugras spire ved tillaging av såbed og det vil ofte være behov for å sprøyte med frøgrasmidler eller utføre ugrasharving.
- **Kveke med mindre enn 3-4 nye blad dominerer.** Hvis høsting eller lett høstharving utføres seint, etter 1. september i Østlandsområdet, vil ikke kveka rekke å danne 3-4 nye blad (Figur 13). Alternativer er:
 - Sprøyte i moden byggåker hvis en ser at det blir sein høsting/harving.
 - Vente til våren, 3-4 dager før forventet våronn, med å sprøyte. Det må være god vekst i plantene og våronna vil bli forsinka.
 - Et mindre sikkert alternativ i høstkorn med svært kort tid mellom tresking og såing, er å stubbe høyt og sprøyte umiddelbart etter tresking.
 - Pløying er også aktuelt for å holde kveka i sjakk.
- **Tofrøblada rotugras med lite bladmasse dominerer.** Disse artene visner ned tidligere om høsten enn f.eks kveke og bør om mulig bekjempes tidlig på høsten. Har de visna ned, sprøyt heller med fenoksysyrer i vekstsesongen når kornet har 4-5 blad.
- **Spillkorn av vårkorn dominerer.** Spillkorn av vårkorn som spirer etter høsting drepes av frosten om vinteren og trenger ikke å sprøytes, se Figur 14.

2.4.2 Presisjonssprøyting

Ugras, og spesielt rotugras (eksempelvis åkertistel og kveke) er typisk avgrenset til flekker i kornåkeren (Figur 15). Presisjonssprøyting kan vi definere som å kun sprøyte de deler av åkeren der det er behov. Når det gjelder ugras vil det i praksis bety på de flekkene hvor rotgraset er eller der frøgraset utgjør reell risiko for økonomisk tap, avlingsreduksjon, treskeproblemer (f.eks. pga. klengemaure, *Galium aparine*) eller en betydelig risiko for oppformering av frø. Presisjonssprøyting

kan sies å være en metode for å praktisere innholdet i prinsipp 6 av de åtte «Generelle prinsipper for integrert plantevern» (Figur 2) og Forskrift om plantevernmidler av 1.6.2015, Vedlegg 2). Prinsipp 6 sier at «Yrkesbrukere bør begrense bruken av plantevernmidler og andre tiltak til det nødvendige, for eksempel ved reduserte doser, redusert antall behandlinger eller *begrenset spredning*, for å sikre akseptabel risiko i vegetasjonen og for å unngå økt risiko for resistensutvikling hos skadegjørere». Presisjonssprøyting av ugras er en metode å utføre «begrenset spredning» av glyfosat og andre ugrasmidler.

Presisjonssprøyting kan grupperes i «kart-basert presisjonssprøyting» og «presisjonssprøyting i sanntid». I sistnevnte skjer kartlegginga av ugrasforekomstene i samme arbeidsoperasjon som sprøytinga. I kart-basert presisjonssprøyting skjer kartlegging og sprøyting i to separate arbeidsoperasjoner. Begge typer krever sensor-baserte metoder til å detektere og kartlegge ugraset. Helt siden 1990-årene er sensor-baserte metoder til å presisjonssprøyte ugras vært under utvikling (Westwood *et al.* 2018).



Figur 15. Flekkvis utbredelse av rotugras. Venstre: Før tresking av hveten er rotgrasene åkertistel og kveke fortsatt hovedsakelig grønne. Dette kan utnyttes til sensor-basert ugrasdeteksjon og presisjonssprøyting. Høyre: Åkertistel i stubbåker.

Foto: Therese W. Berge.

Tabell 15 gir en oversikt og eksempler over sensor-baserte metoder for presisjonssprøyting av ugras som er under utvikling.

Bakke-basert ugraskartlegging ved bruk av sensorer er under utvikling og både bilde-dannende sensorer og ikke-bildedannende sensorer er benyttet (Peteinatos *et al.* 2014). Bildedannende sensorer er RGB kamera, multispektrale kamera (typisk 3-10 kanaler i synlig og nærinfrarød del av spekteret) og hyperspektrale kamera. Sistnevnte kjennetegnes ved at de har mange (mange titals til hundrevis) og mye smalere kanaler (ca. 1-20 nm) enn multispektra og vanlige RGB kamera. Hyperspektrale bilder fra bakken til å detektere ugras er blitt utforsket i radkulturer som mais (Pantazi *et al.* 2016; Gao *et al.* 2018), tomater (Zhang *et al.* 2012) og sukkerbete (Okamoto *et al.* 2007), men også i hveten (Herrmann *et al.* 2013). Herrmann *et al.* tok opp hyperspektrale bilder (resamlet til 91 kanaler å 5 nm, 400-850 nm) utendørs med kamerastativ av naturlige bestand av tofrøblada ugras (bl.a. en meldestokk-art, *Chenopodium*) og grasugras (bl.a. en raigrasart, *Lolium rigidum*) i perioden 10-54 dager etter hvetens oppkomst (Zadoks 12-47). De konkluderte bl.a. med at kanaler i blå og grønn del av spekteret er viktig for å skille hveten og grasugras, og at spektrale data med høy spektral og romlig oppløsning kan videreutvikles til å skjelle ugras fra hveten. Ikke-bildedannende sensorer baserer seg enten på spektrale egenskaper slik som reflektert og emitert lys målt med hhv. spektrometer (Lopez-Granados *et al.* 2006, Wang *et al.* 2007) og fluorometer (Tyystjärvi *et al.* 2011), eller egenskaper som høyde over

bakken målt med ultralyd (Andújar *et al.* 2012) og LiDAR (Andújar *et al.* 2013). Fire av disse fem arbeidene, gjelder kornareal. Wang *et al.* (2007) fant fem kanaler som egner seg til å skjelne hvete tidlig i vekssesongen (3-6 blad) fra 35 ugrasarter og testet sin enhet for sanntids-fleksksprøyting i voksende hvete med relativt stor suksess. Oss bekjent har det ikke skjedd noen videre utvikling eller kommersialisering av denne teknologien. Tyystjärvi *et al.* (2011) fant at induisert fluorescens (målt med PAM-101, Heinz Walz GmbH, Tyskland) kunne skille relativt unge planter (BBCH 13-23) av ugras (bl.a. åkertistel og tunrapp) fra bygg med relativt god suksess. Men konkluderer med at metoden trenger mye utvikling for å kunne tas i praktisk bruk. Andújar *et al.* (2012) testet en ultralyd-sensor 80 cm over bakken til å skjelne ugrasinfiserte areal (bl.a. hønsehirse og klengemaure) fra ugrasfrie områder i høsthvete i tidlig fase (BBCH 11-17) med godt resultat. Men forfatterne konkluderer med at mer forskning trengs før metoden kan markedsføres.

Ubemanna flygende farkoster (UAV) til å kartlegge ugrasforekomster har som andre UAV-applikasjoner skutt i været de siste årene. UAV er en veldig fleksibel og relativt billig plattform. Type kamera ombord testet for ugraskartlegging, har vært vanlig RGB-kamera (Rasmussen *et al.* 2016), men også multispektrale kamera (Lopez-Granados *et al.* 2016; Lambert *et al.* 2018). Vi har ikke funnet studier som har brukt termiske kanaler eller hyperspektrale bilder fra UAV til å detektere ugras. Oss bekjent er det kun ett prosjekt som har tatt steget fra å jobbe med sensor-basert ugraskartlegging på kornareal til å utføre presisjonssprøyting av rotugraset (åkertistel) basert på UAV-baserte kart (Jesper Rasmussen, pers. med.). Utfordringen den første sesongen var det praktiske med å implementere de elektroniske sprøytekartene til åkersprøyta. Resultater fra dette danske prosjektet er ikke publisert ennå.

Flybilder gir sluttbruker mulighet til å ta bilder på skyfrie dager, på de tidene ugraskartlegging er relevant, men er relativt dyrt. Ugraskart basert på flybilder er forsket på av flere opp gjennom tiden uten at man har sett det brukt i praktisk ugrassprøyting. Sensorene har typisk vært multispektrale kamera (bl.a. De Castro *et al.* 2012).

Satelittbilder til kartlegging av ugras med relativt store forekomster slik som åkertistel (Jakobi *et al.*, 2006) og store fremmede invaderende planter (Rajah *et al.* 2018) har vært studert. Jakobi *et al.* fant at rosene av åkertistel i sukkerbeter (tidlig i sesongen) måtte være minimum 2 m i diameter for å bli fanget opp av metoden. Det er hovedsakelig multispektrale satelittbilder som har vært tilgjengelig og studert (Fernández-Quintanilla *et al.* 2018). Castillejo-Gonzalez *et al.* (2014) brukte multispektrale satelittbilder (QuickBird) til å kartlegge grønne flekker av et floghavre-liknende grasugras (*Avena sterilis*) i gulnende høsthvete med relativt bra resultat. Men som en viktig begrensning sier de at ugrasfleckene må være minimum 12 kvadrater store for å bli detektert.

Vi har ikke funnet eksempler på bruk av hyperspektrale satelittbilder til kartlegging av åkerugras. Men hyperspektrale satelittdata til å kartlegge fremmede invaderende planter er utforsket (Niphadkar & Nagendra 2016). Ei heller har vi funnet studier som har brukt satelitt-baserte ugraskart til å gjennomføre presisjonssprøyting av ugrasmidler. Web-tjenesten *CropSAT* (<http://www.cropsat.no/>, besøkt august 2018) - utviklet for presisjonsgjødsling - er basert på multispektrale satelittbilder og er blitt brukt av flere bønder i Skandinavia. Dette viser at med skreddersydde, brukervennlige grensesnitt og relativt høy kost-nytte, kan satelittbasert kartlegging for jordbruksformål være "liv laga". I norsk versjon av *CropSAT* er det nå mulig å "oversette" satelittdataene til tildelingsfiler med fem ulike doser av nitrogengjødsel (kg/ha) eller sprøytevæske (liter/ha). Med en lignende "infrastruktur" som *CropSAT* kan en i fremtiden se for seg at bonden velger et satelittbilde fra den perioden hvor kornet er gulnet mens rotugraset fortsatt er grønt til å lage en sprøytefil for presisjonssprøyting av glyfosat i stubben. En vesentlig utfordring er satelittbildenes relativt lave oppløsning, dvs. 10-30 m per pixel i dagens utgave av *CropSAT*. Med andre satellitter, eksempelvis QuickBird's 2,4 m per pixel, og kanskje spesielt dyrkernes eller landbruksrådgiverens egne UAV-bilder, vil kunne løse dette.

Tabell 15. Eksempler på sensor-baserte løsninger for kartlegging av ugras på kornareal som med mer FoU kan brukes til presisjonsprøyting av glyfosat (evt. andre væsker med ugrasdrepende effekt) på kornareal.

Plattform/ Kart-basert (K) eller sanntid (S)	Sensor (kanaler)	Kultur/Ugrasgruppe eller ugrasart**	Referanse
Satellitt - QuickBird/K	Multispektralt kamera (RGB+NIR)	Hvete/ <i>Avena sterilis</i>	Castillejo-Gonzalez <i>et al.</i> 2014
Bemannet fly/K	Multispektralt kamera (RGB+NIR)	Hvete/ <i>Diploaxis</i> spp., <i>Sinapis</i> spp.	De Castro <i>et al.</i> 2012
Bemannet fly/K	Multispektralt kamera (RGB+ NIR)	Hvete/arter av grasugras	Lopez-Granados <i>et al.</i> 2006
Bemannet fly/K	Multispektralt kamera (R, G, NIR)	Hvete/åkertistel	Hamouz <i>et al.</i> 2008
Ubemannet flygende drone (UAV)/K	RGB kamera	Korn/åkertistel	Rasmussen <i>et al.</i> 2016
Ubemannet flygende drone (UAV)/K	Multispektralt kamera (RGB + «R _{mod} » (670-750 nm))	Høsthvete/åkerreverumpe (vinterrettårig grasugras)	Lambert <i>et al.</i> 2018
Ubemannet flygende drone (UAV)/K	Multispektralt kamera (RGB + R-edge (740 nm)+NIR)	Mais/ <i>Sorghum halepense</i> (flerårig grasugras)	López-Granados <i>et al.</i> 2016
Bakke-basert/K	Spektrometer	Hvete/diverse grasugras inkl. floghavre	Lopez-Granados <i>et al.</i> 2006
Bakke-basert/S?	Fluorometer	Bygg/åkertistel m. fl.	Tyystjärvi <i>et al.</i> 2011
Bakke-basert/S?	Ultralyd	Hvete/hønsehirse og diverse tofrøblada ettårige ugras	Andújar <i>et al.</i> 2012
Bakke-basert/S	LiDAR-TLS	Mais/rel. høyt ugras (<i>Sorghum halepense</i>)	Andújar <i>et al.</i> 2013
Bakke-basert/K	Hyperspektralt kamera	Hvete/bl.a meldestokk og ettårige grasugras	Herrmann <i>et al.</i> 2013
Bakke-basert/K, S	Bi-spektralt kamera (R + NIR)	Hvete, mais, sukkerbete/åkertistel, klengemaure m.fl.	Rumpf <i>et al.</i> 2012
Bakke-basert/K	Kamera (RGB)	Korn/ åkertistel, åkerdylle, kveke	Berge <i>et al.</i> 2015
Tresker/K	Optisk spektrometer for måling av proteininnhold i korn under tresking*	Korn/ugras som er grønt under tresking	Barroso <i>et al.</i> 2017
Traktor/S	See & Spray (ukjent) fra Blue River Technology/John Deere	Bomull, mais/ikke kjent	Fernández-Quintanilla <i>et al.</i> 2018.
Traktor/S	Garford Spot Sprayer (ukjent)	Mais/ikke kjent	Garford Farm Machinery Ltd.

* AvaSpec ULS2048RS. **Latinsk navn: floghavre-*Avena fatua*, hønsehirse-*Echinochloa crus-galli*, meldestokk-*Chenopodium album*, klengemaure-*Galium aparine*

Eksemplene våre som tilhører kategorien presisjonsprøyting i sanntid under utvikling, er åkersprøyte-monterte system. Disse virker å være nærmest markedet. Den europeiske “*Garford Spot Sprayer*» fra Garford Farm Machinery Ltd. har tidligere blitt vist og premiert på landbruksmesser (våre egne observasjoner), men er nå av ukjent grunn fjernet fra produktoversikten til firmaet. Et lignende system (“*See & Spray*”) for bl.a. bomull fra amerikanske Blue River Technology - nå eid av

John Deere - ble nylig presentert (Westwood *et al.* 2018). Felles for de to systemene ser ut til å være at de bekjemper ugrasforekomster i voksende kulturer med ugrasmidler, og med en romlig oppløsning i størrelsesorden 20±10 cm. Til tross for stor forskningsinnsats over mange tiår, er fortsatt flaskehalsen robust ugrasdeteksjon, dvs. å skille ugras fra kulturplantene og ugrasarter fra hverandre (Westwood *et al.* 2018).

Tabell 16 gir en oversikt over sensor-basert utstyr som er relevant for automatisk flekksprøyting med glyfosat på kornareal og som er kommersielt tilgjengelig i dag.

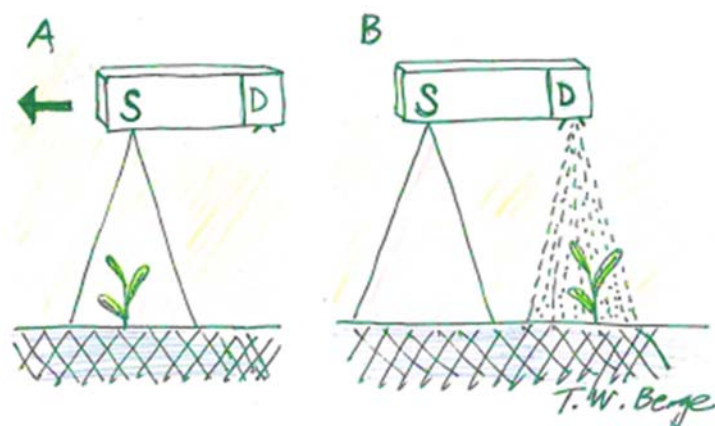
WeedSeeker og *WEEDit* er to konkurrerende kommersielle sensor-baserte system som har aktiv sensor, dvs. som selv sender ut lys, og som er spesifikt designet for å detektere planter, dvs. klorofyllholding plantevev. I disse to teknologiene består hver enhet av en sensor som er fullt integrert med en dyse og kan derfor brukes til presisjonssprøyting i sanntid (Figur 16). Hver enhet dekker et relativt smalt område, i størrelsesorden 80 cm, slik at en trenger mange enheter av *WeedSeeker* eller *WEEDit* for å dekke den fulle bredden av ei åkersprøyte. Fordi systemene ikke kan skjelne mellom plantearter i vegetativ fase, er de kun potensielt egnet til å benyttes etter at kornet er modent (kun i bygg i Norge) eller i stubbåker (Figur 15). Man må foreta en enkel kalibrering av sensorene i den åkeren man skal sprøyte rett før bruk. For få år siden vant Amazone pris for sin åkersprøyte *UX AmaSpot* på landbruksmessen Agritechnica (Tande 2015). Dette er et samarbeid med leverandøren av *Weedit* (Rometron BV) og består sannsynligvis av *Weedit*-enheter. Ifølge fabrikanten skanner hver sensor en bredde på 1 meter og monteres derfor med 1 meters mellomrom på bommen. Bruksområdet for *UX AmaSpot* er automatisk flekksprøyting av ugras i stubb eller åpen jord, men breisprøyting med variabel dose er også mulig. Dosen kan varieres mellom full dose (=100 %) og 30 %.

Tabell 16. Oversikt over kommersielt tilgjengelig utstyr for sensor-basert presisjonssprøyting av ugras med glyfosat (evt. andre væsker med ugrasdepemde effekt) på kornareal.

Sensor-basert utstyr	Tidspunkt for sprøyting	Kart-basert (K) eller i sanntid (S)	Produsent
WeedSeeker	Moden byggåker, Stubb	S	Trimble Inc., Sunnyvale CA, USA
WEEDit	Som over	S	Rometron BV, Steenderen, Nederland
GreenSeeker	Som over	K	Trimble Inc., Sunnyvale CA, USA
UX AmaSpot*	Som over	S	Amazonen-WerkeH. Dreyer GmbH & Co., Hasbergen, Tyskland

* *UX AmaSpot* er åkersprøyte levert med *Weedit*-sensorer.

Oss bekjent er det kun *WeedSeeker* som er testet i Norge. I et forprosjekt finansiert av Forskningsmidlene for jordbruk og matindustri testet NIBIO presisjonssprøyting av glyfosat med bruk av *WeedSeeker* (modell 650) i moden bygg og stubbåker. Resultat fra to forsøk i modent bygg viste at bruk av *WeedSeeker* gav ca. 15-80 % ugraskontroll (Berge & Wærnhus 2018). I de to stubbåker-forsøkene ble det bedre virkning, ca. 65 – 95 %. Ordinær breisprøyting ga 95-100 % ugraskontroll. Sammenlignet med ordinær breisprøyting resulterte *WeedSeeker* i modent bygg i en reduksjon på ca. 60 % i glyfosat-forbruket (Figur 17).

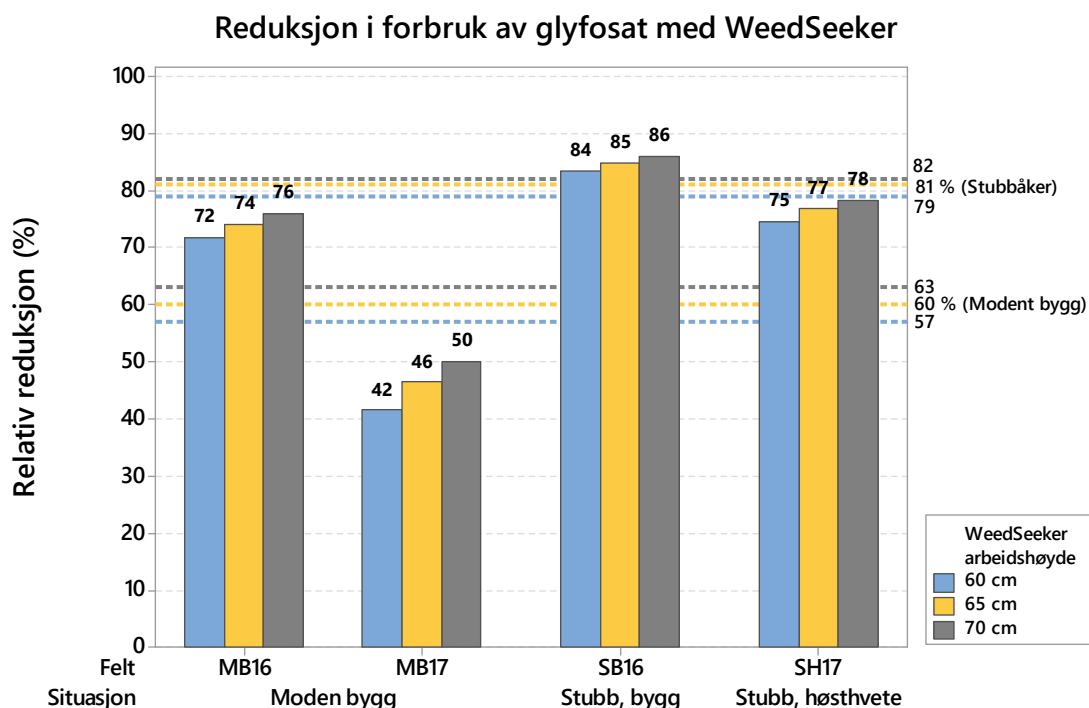


Figur 16. Kommersiell system for presisjonssprøyting av glyphosat på bl.a. kornareal. Øverst: Prinsippskisse for hvordan de sensor-baserte presisjonssprøytingsteknologiene *WEEDit* og *WeedSeeker* virker. Pil=kjøreretning; S=sensor; D=dyse. A: Sensor detekterer grønn plante. B: Dyse åpner seg og sprøyter planten. Illustrasjon: Therese W. Berge. Nederst: Tett i tett med *WeedSeeker*-enheter på åkersprøyta til den amerikanske kornbonden Bill Jepsen som praktiserer direkteåing og presisjonssprøyting av glyphosat både i stående åker og etter tresking (Yorgey *et al.* 2016).

Foto: Bill Jepsen.

I stubbåker ble reduksjonen i glyphosat-forbruk høyere, ca. 80 %. *WeedSeeker*-teknologien ga altså vesentlig redusert forbruk av glyphosat sammenlignet med breisprøyting, men virkningen i våre forsøk, spesielt på kveke, var dårligere enn ved ordinær breisprøyting. Vi tror ugrasvirkningen vil forbedres med mer erfaring med teknologien og et mer praksisnært oppsett enn det vi hadde mulighet til å teste. Kömives (2016) kontrollerte det ettårige tofrøblada ugraset *Besambrosia* (*Ambrosia artemisifolia*) i stubbåker av hvete med glyphosat med bruk av *WeedSeeker*. Resultatene var gode med mer enn 97 % kontrolleffekt og en reduksjon i glyphosat-forbruket på inntil 60 % i forhold til breisprøyting. Fra Canada, rapporterte Blackshaw *et al.* (1998) bruk av *Detectspray*, antagelig en forløper til *WeedSeeker*, til presisjonssprøyting av glyphosat av kveke i stubbåker med redusert jordarbeiding ga 50-78 % reduksjon i glyphosat-forbruket i forhold til ordinær breisprøyting.

Uansett sprøyteutstyr er det viktig å tilpasse glyphosat-dosen til forholdene for å få god virkning. Vi vil understreke at teknologi av den type som *WeedSeeker* representerer ikke er begrenset til glyphosat. I prinsippet kan alle syntetiske ugrasmidler og andre væsker med ugrasdrepende effekt, benyttes så lenge væsketank, slanger og dyser etc. tåler den aktuelle væska.



Figur 17. Resultater fra et prosjekt i NIBIO på test av teknologien WeedSeeker til presisjonsprøyting av glyfosat på kornareal. Estimerte verdier for relativ reduksjon i forbruk av glyfosat (ordinær breisprøyting = 0 %) i fire forsøksfelt fordelt på to i modent bygg og to i stubbåker og som funksjon av høyde av WeedSeeker-enheten over plantebestandet (65±5 cm). Verdiene på høyre akse er gjennomsnittsverdier (per høyde) for de to bruksområdene 'Moden bygg' og 'Stubb'.

GreenSeeker markedsføres som en sensor til presisjonsgjødsling i sanntid. Men *GreenSeeker* er i prinsippet sensor-delen av *WeedSeeker*, og kan derfor brukes til kart-basert presisjonsprøyting. Som for *WeedSeeker*, må kartleggingen skje når kornet er gulnet mens ugraset fortsatt er grønt. Sensoren måler reflektert rødt og nær-infrarødt lys og beregner en indeks (NDVI) som er korrelert med klorofyllholdig plantebiomasse. Merotto *et al.* (2012) fant at *GreenSeeker* fungerer godt til å kartlegge ugras mellom radene i mais. NDVI var best korrelert med ugrasdekning og noe svakere med tørrvekta av ugraset. Studien inkluderte ikke sprøyting.

Andre kommersielle sensorer som potensielt kan brukes til å kartlegge åkerugras - men som ikke er markedsført som det - er ifølge Peteinatos *et al.* (2014) spektrometre slik som *Yara N-sensor* og *Crop Circle ACS-470* og fluorometre slik som *Multiplex* og *MiniVegN*. Sensoren *EM38* måler jordas elektriske ledningsevne, som samsvarer godt med en del stabile jordegenskaper slik som leirinnhold. Det er først og fremst en sensor til å måle jordegenskaper. Kroulík *et al.* (2008) fant en relativt sterk korrelasjon mellom manuelt kartlagt åkertistel i bygg og EM38-basert kart.

Konklusjon

I Norge er presisjonsprøyting med glyfosat på kornareal relevant for det flerårige gresset kveke i moden byggåker uten gjenlegg i perioden 7-10 dager før tresking (unntak er åker til såkorn). Det er også et potensial for presisjonsprøyting av glyfosat i stubbåker (alle kornarter) mot grasarter, tofrøblada frøugras og rotugras, eksempelvis kveke, tunrapp, balderbrå og åkertistel. Dette kan utføres i sanntid med ikke-billedannende system slik som eksempelvis *WeedSeeker* eller i to-trinns prosedyrer med sensor-basert ugraskartlegging fra for eksempel ubemannede flygende droner (UAV) eller treskeren etterfulgt av sprøyting av glyfosat basert på et elektronisk sprøytekart. Før norske

dyrkere kan anbefales å ta i bruk kommersielle sanntids-system slik som *WeedSeeker* trenger man mer praktisk utprøving. For kart-baserte system basert på kamera montert på f.eks. UAV eller tresker trengs mer FoU-aktivitet.

2.4.3 Kombinasjon av ikke-kjemiske og kjemiske tiltak i integrert plantevern

I forsøk med redusert jordarbeiding ble det kombinert ulik jordarbeiding med og uten glyfosat (nevnt tidligere i rapporten (bl.a. Tørresen *et al.* 2003). Disse viser at der blir mer behov for glyfosat med minkende jordarbeiding. Skal en høstharve og samtidig sprøyte med glyfosat bør det gå en viss tid i mellom. Det kan harves før eller etter glyfosatsprøytinga. Harves det før, bør det gå en viss tid for få ugraset til å spire og kveke bør nå minst 3-4 fullt utvikla blad. Harver en etterpå varierer det med glyfosatpreparat hvor lenge en bør vente (helst fra 10-14 dager). Erfaring fra forsøk er at det trolig er bedre å sprøyte først og harve etterpå (Tørresen, unpubl.).

Det kan tenkes at en kan kombinere lavere doser av glyfosat med andre mekaniske tiltak. Dette undersøkes i et pågående prosjekt finansert av Handlingsplanen for bærekraftig bruk av plantevernmidler.

Bruk av dekkvekster til å redusere ugraset er foreslått av flere utenlandske studier i integrert og økologisk dyrking redusert jordarbeiding (Dorn *et al.* 2015, Weber *et al.* 2017). Dekkveksten drepes typisk med glyfosat eller jordarbeiding/pløying eller presses ned med en form for trommel (roller-crimper, Davis 2010, Weber *et al.* 2017). Bruk av andre herbicider enn glyfosat i stubben i kombinasjon med dekkvekster eller mekaniske tiltak er lite undersøkt i Norge.

3 Grasmark

I grasmark brukes glyfosat primært ved fornying av eng og ved skifte til en annen kultur. I en undersøkelse i Irland brukte 89% av bøndene glyfosat ved fornying av eng (Creighton *et al.* 2011). Glyfosat gir god virkning mot de fleste ugras, både enfrøblada og tofrøblada, og er et spesielt viktig tiltak mot flerårige ugras som kveke, åkertistel og høymole. Kjemiske alternativ til glyfosat for brakking av grasmark vil være blandinger for å bekjempe både enfrøblada og tofrøblada planter. Det betyr at de ofte er dyrere, og kan ha effekter som er mer vanskelig å få oversikt over enn om man kun bruker ett middel. Mekanisk brakking krever mye tid og ressurser, og øker risiko for tap av jord og næring, spesielt mot flerårige ugras da de ofte trenger gjentagende jordarbeidinger over flere uker. Mekanisk brakking trenger også stor kompetanse hos bonden for å oppnå god effekt.

Ett alternativ er å ikke fornye enga like ofte. Da trengs selektive metoder som kan redusere skadelige ugras uten stor skade på kulturen. F.eks. kan høymole bekjempes med plantevernmiddel som kun virker på tofrøblada planter, men som er skånsom mot kløver (Gratil, Harmony). Kveke er mer problematisk og kan ikke bekjempes selektivt med plantevernmiddel uten å drepe kulturgraset. Det er flere ikke-kjemiske selektive tiltak mot flerårige ugras under utvikling.

3.1 Effekter av glyfosat i grasmark

Glyfosat gir god virkning mot de fleste ugras og kulturplanter, både enfrøbladede og tofrøblada., men anbefalt dose varierer med ugrasart. I følge etikettene til flere glyfosatpreparater bør grasarter inkludert kveke bekjempes med 108-144 g glyfosat per dekar (tilsvarer 300-400 ml pr. dekar av f.eks. Roundup Eco), mens tofrøblada flerårige arter trenger høyere dose (216-288 g glyfosat per dekar). Maksimaldosen for noen glyfosatpreparater er lavere enn dette og kan derfor under noen forhold gi dårligere effekt mot flerårige tofrøblada arter.

Forsøk med brakking av grasmark har vist fra variabel til svært bra effekt på en art som høymole (Tørresen 2013, resultater fra GrateGrass-prosjektet i årene 2014-2016, Tørresen *et al.*, unpubl.). Dette kan skyldes mange faktorer som bl.a. klimaforhold ved sprøyting og utviklingsstadium til planta ved sprøyting. I de samme forsøkene ble det prøvd å redusere glyfosatdosen til 'grasdose' av glyfosat der en blandet med andre ugrasmidler som virker på flerårige tofrøblada ugras (eks. Starane XL, Duplosan Meko, Harmony 50 SX, Ally 50 ST). I noen forsøk var det mest lovende å blande med lavdosemidler som Harmony og Ally for å få effekt mot høymole, men det i andre forsøk har vært variabel effekt av ulike blandinger sammenlikna med høy dose glyfosat alene. Grovfôravlinga i etterfølgende engår påvirkes lite av ulik brakking, men det påvirker hvilke plantearter avlinga består av (resultater fra bl.a. GrateGrass-prosjektet, Tørresen *et al.* unpubl.).

3.2 Alternative metoder ved fornying av eng (brakking)

3.2.1 Mekanisk brakking av enga

Mekanisk brakking baserer seg først og fremst på pløying, ofte i kombinasjon med annen jordarbeiding. Mekanisk brakking krever mye kunnskap og må tilpasses etter jordforhold og ugrasforekomst. Pløying begraver ugrasfrø til djup det ikke kan spire fra, men løfter også opp fra djupet. Flerårige ugraspopulasjoner reduseres ofte av pløying da rhizomer/røtter blir begravd djupt ned og må bruke mye ressurser til å komme opp. Mange aspekter påvirker effekten av jordarbeiding på jord og ugras. En detaljert gjennomgang av ulike aspekter av pløying gis i Brandsæter *et al.* (2006).

Tre eksempel: 1) Djup. Generelt får man bedre effekt på ugras om man pløyer djupt enn grunt (Håkansson *et al.* 1998), men det trengs mer energi. 2) Jordarbeiding før pløying. Dette gir forsinket såing da jordarbeiding tar tid, men gir bedre effekt enn kun pløying mot mange ugras da det tynner ut frøbanken (frø spirer, men plantene drepes av pløying) og de underjordiske organene av flerårige ugras blir delt opp før de blir begravd. Gjentatt jordarbeiding tar ekstra mye tid og øker risiko for næringstap, og er ikke nødvendigvis effektivt hvis høsten er kort (f.eks. mot kveke, Ringselle *et al.* 2016). 3) Tidspunkt. Vårpløying er for eksempel mer effektivt en høstpløying mot åkertistel og åkerdylle, mens mot kveke er de to omtrent like effektive (Brandsæter *et al.* 2017). I en studie fra Tyskland fant Seidel *et al.* (2009) at det var mye høyere tap av nitrogen ved fornying av eng tidlig på høsten enn om våren (3,6–6,4 mot 0,1–0,7 kg N/daa). Men det er ofte viktigere at tidspunktet er gunstig for kulturplantene enn at det er optimalt for ugraskontroll. En konkurransesvak kultur fremmer ugraset.

De viktigste ulempene med mekanisk brakking sammenlignet med glyfosat er at jordarbeidingen øker risiko for næringstap og erosjon, og trenger ofte mye energi. Risikoen for næringstap er spesielt stort når det trengs gjentagende jordarbeiding for å bekjempe flerårige ugras (Aronsson *et al.* 2015).

3.2.2 Mulige andre ikke-kjemiske tiltak

Det undersøkes for tiden i diverse prosjekt (eks. Longtermgrass-prosjektet) om isåing av gras for å tette hull i grassvoren og derved gjøre med vanskeligere for ugraset å komme opp og trives. Dette kan tenkes å forsinke behovet for fornying av enga.

3.2.3 Mulige andre kjemiske alternative midler

Det finnes per i dag ikke noen kjemiske alternativ som har like stort virkespekter som glyfosat alene. De må i tilfelle blandes med midler som har komplementerende virkning (f.eks. middel mot enfrøbladede arter blandes med middel mot tofrøblada arterer).

Focus Ultra eller Agil er grasugrasmidler (Tabell 5) som kan tenkes brukt i blanding med midler som tar tofrøblada ugras og kløver (Tabell 17) før pløying eller rotorharving. Disse grasugrasmidlene er ikke godkjente i dag i grasmark og det må undersøkes nærmere om dette kan være ett alternativ. Dette vil være ett dyrt alternativ, men kanskje eneste mulighet mot kveke der en ikke kan pløye. Firmaet må være interessert i det og preparatet bør ha en bra helse- og miljøprofil. Skal en også bekjempe kløver bør preparater som skader kløver (Tabell 17) brukes.

3.3 Selektive metoder for ugraskontroll i grasmark

Gjennom å kontrollere ugras direkte i grasmarka kan brakkingfrekvensen minskes. Ettårige ugras sees generelt ikke på som ett problem i engårene utenom i yngre eng (Tabell 3). Flerårige ugras vil ofte øke jo eldre grasmarka blir. Derfor vil bekjemping av disse kunne forlenge varigheten på grasmarka. Om flerårige ugras kontrolleres i grasmarka trengs også mindre intensiv brakking ved skifte til korn eller andre kulturer.

3.3.1 Selektive kjemiske midler i grasmark

Flere midler er godkjent i grasmark mot tofrøblada ugras. Godkjente preparat går fram av Tabell 17. Mot kveke, sølvbunke, tunrapp og evt. andre grasugas fins det ikke selektive midler i grasmark. En er derfor avhengig av brakking med glyfosat, evt. andre mulige grasugrasmidler eller mekanisk brakking for å bekjempe kveke.

Tabell 17. Oversikt over selektive herbicider i grasmark. Denne lista vil endres over tid avhengig av godkjenning/regodkjenning av herbicidene. Se oppdatert liste og etikett på www.matilsynet.no eller www.plantevernguiden.no.

Preparat	Aktivt stoff	Virkeområde*	Merknad
Starane XL/ Cleave	Fluroksypyr + florasulam	Høymole, marikåpe og soleiearter. Kortvarig effekt på løvetann og hundekjeks	Skader kløver
Tomahawk 200 /Flurostar 200	Fluroksypyr	Høymole, løvetann, soleier, stornesle, geitrams, sneller, vikker, lauvkratt mm.	Skader kløver
Mekoprop-preparater	Mekoprop-P	Høymole, dikesvineblom, engkarse, grasstjerneblom, groblad, hundekjeks, landøya, marikåpe, syre, ryllik, soleiearter, mm.	Skader kløver
MCPA-preparater	MCPA	Løvetann, åkertistel, engsoleie, krypssoleie, lyssiv, følblom, groblad, sjuskjære, mjørdurt, engsyre mm.	Skånsom mot kløver
Harmony 50 SX	Tifensulfuron-metyl	Høymole, hundekjeks, rome, soleiearter mm.	Skånsom mot kløver
Ally 50 ST / Ally SX	Metsulfuron-metyl	Høymole, løvetann	Godkjent på Off-label i grasmark
Gratil WG 75	Amidosulfuron	høymole, soleie mm. einstape i beite	Skånsom mot kløver. Kan blandes med MCPA for å få bredere effekt
Express SX / Trimmer 50 SG	Tribenuron-metyl	Løvetann, soleie, mm.	Godkjent i varig beite
Harmony Plus 50 T/ Harmony Plus 50 SX	Tribenuron-metyl + tifensulfuron-metyl	Løvetann, soleie, mm.	Godkjent i varig beite
Banvel	Dikamba	Høymole, andre syrearter, kvitkløver og ryllik. Tungras og vassarve.	Skader kløver
Duplosan Super	Mekoprop-P + diklorprop-P + MCPA	Høymole, løvetann, soleier, hundekjeks og mange andre arter, svært bredspektra, avhengig av dose	Skader kløver

*Latinsk navn: marikåpe-*Alchemilla* spp., hundekjeks-*Anthriscus sylvestris*, geitrams-*Epilobium angustifolium*, vikker- *Vicia* spp., dikesvineblom-*Senecio aquaticus*, landøya-*Senecio jacobaea*, engkarse-*Cardamine pratensis*, grasstjerneblom-*Stellaria graminea*, engsoleie-*Ranunculus acris*, lyssiv-*Juncus effusus*, følblom-*Leontodon* spp., groblad-*Plantago major*, sjuskjære-*Geranium sylvaticum*, mjørdurt-*Filipendula ulmaria*, engsyre-*Rumex acetosa*, rome-*Narthecium ossifragum*, einstape-*Pteridium aquilinum*, kvitkløver-*Trifolium repens*, tungras-*Polygonum aviculare*.

3.3.2 Selektive ikke-kjemiske metoder i grasmark

Ikke-kjemisk selektiv ugraskontroll i grasmark er svært vanskelig å oppnå. Flere metoder er imidlertid under utvikling. Det er spesielt vanskelig mot kveke som likner kulturgraset. En prototyp fra Kverneland med vertikale rulleskjær har imidlertid gitt positive resultat mot kveke; å fragmentere kvekas rhizomer reduserte kvekas tilvekst med ca. 38 % ved en kjøring, 63 % ved to kjøring og var gunstig for kulturgraset (Ringselle *et al.* 2018). Prototypen er under videreutvikling. Høymole er lettere å skille fra kulturgraset og mange metoder er testet mot den. Effekten har oftest ikke vært tilstrekkelig god eller vært uegnet av andre årsaker. Latsch *et al.* (2017) testet en ny maskin som sprøyter varmtvann med godt resultat (>80 % av høymoleplanter ble drept).

4 Sideeffekter: Resistens, energibruk, erosjon, forurensing

4.1 Resistens

På verdensbasis er det 38 arter (18 enfrøbladete, 20 tofrøbladete) med kjent resistens mot glyfosat (Heap & Duke 2018). Resistens mot glyfosat er vanligst i land med utbredt dyrking av glyfosattolerante kulturer, f.eks. USA (17), Argentina (9), Brasil (8) og Kanada (5). I Australia (12) er det også mange ugras med resistens mot glyfosat, til tross for at glyfosattolerante kulturer ikke brukes. I Europa er det seks arter med kjent resistens: tre i slekten *Conyza* (*C. bonariensis*, *C. Canadensis* og *C. sumatrensis*) og tre i slekten *Lolium* (*L. perenne*, *L. perenne ssp. Multiflorum* og *L. rigidum*) (Heap 2018). I Norge finns ikke noen rapporterte tilfeller av resistens mot glyfosat, men flere av artene som utviklet resistens er også ugras i Norge, f.eks. tunrapp (*Poa annua*), åkerkål (*Brassica rapa*), smalkjempe (*Plantago lanceolata*), haredylle (*Sonchus oleraceus*), og raigras (*Lolium perenne*). Det finns altså risiko for at resistens mot glyfosat også utvikles i Norge, og risiko er større om bruk av glyfosattolerante kulturer godkjennes. Risikoen er også større i andre kulturer der glyfosat ofte brukes hvert år, f.eks. i fruktproduksjon.

Det finns flere ulike mekanismer som kan gi resistens mot glyfosat, både ulike «target-site» og flere ulike «non-target-site». Få mekanismer gir en høy grad av resistens mot glyfosat, men når de er vel utviklet er risikoen større for at de overlever og akkumulerer seg opp til flere resistensmekanismer (Heap & Duke 2018). Det er vanlig at det finns en lav frekvens av resistens mot ulike herbicider i en ugraspopulasjon, men det er mye vanligere for f.eks. ALS-hemmere enn for glyfosat. Dermed er det viktigere å forhindre frøspredning av glyfosatresistente planter enn frø fra planter som er resistente mot ALS-hemmer (Bradshaw *et al.* 1997).

Halvparten av ugrasene med resistens mot glyfosat er gras, til tross for at de fleste ugrasarter er tofrøbladete. Derfor er det mulig at gras lettere utvikler resistens mot glyfosat (Heap & Duke 2018). Grasuren som tunrapp, raigras og kveke bør dermed observeres ekstra nøye. Risiko er større for arter som først og fremst har seksuell formering (med frø). Risiko for kveke er dermed mindre, men om kveke skulle utvikle resistens mot glyfosat ville det ha svært negativ effekt for det norske landbruket. I undersøkelser i Norge (Tørresen & Skuterud, 2004) og i Sverige (Espeby *et al.* 2014) er det funnet at ulike kloner av kveke har ulik toleranse mot glyfosat, men hittil er det ikke funnet noen resistens mot glyfosat hos kveke.

4.2 Energibruk, erosjon, forurensing

Sideeffekter av glyfosatbruk skyldes indirekte effekter kobla til effekter av jordarbeiding og direkte effekter. Jordarbeiding er tids- og energikrevende og påvirker sterkt utlekking av nitrogen (N) (Aronsson *et al.* 2015, Catt *et al.* 2000). Pløying er spesielt energikrevende og gir stor fare for erosjon og utlekking av næringsstoffer til bekker og vassdrag. Det samme vil gjentatte stubbharvinger gjøre. I Norge har tap av fosfor (P) ut i vassdrag hatt større fokus enn tap av nitrogen. Fosfor vil bindes sterkt til jorda og tapes ved jorderosjon. Rundt regna vil 50% av drivstoffkostnadene i jordbruket skyldes jordarbeiding (Kowalewsky 2009, ref. Seehusen *et al.* 2017). Den største besparelsen i klimamessig henseende med redusert jordarbeiding ligger i redusert drivstofforbruk ved redusert jordarbeiding.. En oversikt over ulike konsekvenser ved ulike former for jordarbeiding ble beskrevet i en NIBIO POP i 2015 (Tørresen *et al.* 2015). Her ble det foretatt en samlet vurdering av risiko for effekter av ulike jordarbeiding (pløying vs. redusert jordarbeiding) på vannkvalitet (jordtap, tap av næringsstoffer og

plantevernmidler), jordkvalitet, jordpakking, klimagasser, planteskadegjørere, avling og økonomi. Ved mindre bruk av glyfosat vil det bli mer energibruk, større risiko for mer erosjon og utlekking av næringsstoffer da en blir mer avhengig av jordarbeiding.

Ved bruk av glyfosat kan stoffet tapes både til overflatevann og via dreinsvann til grunnvann. Glyfosat bindes sterkt til jord slik at potensiale for partikkeltransport og avrenning fra jordoverflaten er stort i områder med høy erosjonsrisiko, mens utlekkingspotensiale til grunnvann generelt er lavt. Av de relativt få prøvene som har blitt analysert for i overvåkingsprogrammet JOVA, er det påvist glyfosat i 89% av disse prøvene, alle under miljøfarlighetsgrensen (Hauken *et al.* 2012, Tørresen *et al.* 2012).

Værforhold kan påvirke erosjon og avrenning av næringsstoffer og plantevernmidler mye. Dette kan bety en større utfordring ved endra klima med f.eks. mer nedbør høst og vår. Endra klima kan ikke minst også gjøre at det blir vanskelig å få utført jordarbeiding og andre tiltak til rett tid og under lagelige forhold.

5 Oppsummering og kunnskapsmangler

5.1 Korn

Vi har vurdert mulige ikke-kjemiske og kjemiske alternativer til glyfosat i korn og hvordan redusere bruken av glyfosat. Det mest nærliggende alternativet til glyfosat er mekaniske tiltak som pløying og jordarbeiding i stubben mot kveke og andre ugras, samt radrensing i voksende åker mot ugras (kapittel 2.2). Det vil være ulike tiltak avhengig av hvilke ugrasarter/typer som er problemugras. Aktuelle tiltak kan være:

- Pløying høst eller vår (mot både rotugras og overvintret frøugras)
- Harving med ulike typer harver som KVIK-UP/KVICK-FINN (eks. mot kveke)
- Rotskjærere som skjærer av ugrasrøttene horisontalt i jorda (Kverneland horisontal rotskjærer) (eks. mot åkertistel)
- Pussing/kutting av bladmassen gjentatte ganger
- Radrensing i korn (eks. mot åkerdylle og store frøugras som har overvintret der en driver redusert jordarbeiding)

Ulempen med pløying og mer jordarbeiding spesielt når det utføres om høsten, er høyere risiko for erosjon og tap av næringsstoffer til vannmiljøet. Derfor bør det settes inn ulike typer tiltak mot ugraset avhengig om jorda er erosjonsutsatt eller ikke. Mer vårjordarbeiding er et stikkord her. Forslag til mer spesifikke tiltak er gitt i Vedlegg 1. Ulempen med vårjordarbeiding er risiko for utsatt såtid og redusert avling. Det trengs mer kunnskap og utvikling av nye typer rotskjærere med minimal forstyrrelse av jordoverflata, men som likevel kan bekjempe rotugras godt. Videre er radrensing i korn viktig å videreutvikle.

Bruk av underkultur/fangvekster/dekkvekster for å kontrollere ugraset trenger vi mer kunnskap om. Generelt vil en god jord- og plantekultur med et godt vekstskifte og god konkurranse fra kulturveksten være med på å redusere ugrasnivået og bør utnyttes. Ved eventuelt bortfall av glyfosat vil det være viktig å ta tofrøblada kulturer inn i vekstskiftet ettersom grasugras der kan bekjempes med kjemiske midler eller radrensing. Hvor langvarig effekt av ulike typer vekstskifte mot for eksempel kveke er vet en lite om.

Godkjente alternative kjemiske ugrasmidler til glyfosat i korn er som følger (kapittel 2.3):

- To ugrasmidler mot kveke i hvete, rughvete og rug, som har god til moderat effekt. I rug og rughvete er alternativet dårligere. I bygg og havre har en ingen kjemiske ugrasmidler mot kveke som er alternativ til glyfosat.
- Fenoksyryrer i voksende kornåkre mot tofrøblada rotugras som åkertistel og åkerdylle, er et godt godt alternativ til glyfosat.
- Mot overvintrende frøugras finnes det ikke gode kjemiske alternativ. Det fins mange frøgrasmidler på markedet, men de virker best på smått/nyspirt ugras.

Grasugrasmidler som nå er godkjent i tofrøblada kulturer og ulike organiske syrer (per i dag hobbypreparater i Norge) kan undersøkes mer for bruk i stubbåker. Enkelte av disse grasugrasmidlene virker svært bra på kveke. Organiske syrer er interessant kanskje spesielt mot frøugras som ikke formerer seg med røtter eller jordstengler og til dreping av evt. dekkvekster. Det må i tilfelle også

undersøkes om det i det hele tatt er mulig/ønskelig å få slike midler godkjent mht. helse- og miljørisiko.

Andre alternative metoder slik som damping/varmt vann, knusing av vegetative formeringsorganer, laser, roboter og stråling kan også tenkes brukt som ugrastiltak, men det trengs mye forskning og utvikling før dette er reelle alternativer.

Vi tror det er mulig å redusere bruken av glyfosat ved å sprøyte etter behov, under optimale forhold og til riktig tid og tilpasse dosen til ugrasfloraen (kapittel 2.4). Det er et stort potensial i å utvikle presisjonssprøyting (automatisk flekksprøyting) for å redusere forbruket av glyfosat. I Norge er slik presisjonssprøyting aktuelt for sprøyting mot kveke i moden byggåker og mot ugras i stubbåkeren.

5.2 Grasmark

Glyfosat har en dominerende stilling ved fornying av eng. Det viktigste ikke-kjemiske alternativet til glyfosat ved brakking er pløying. Om det utføres i god tid og på rett måte er det effektivt mot mange ugras. Pløying fører imidlertid også til høyere risiko for næringstap og erosjon. Mot flerårige ugras kan det også være nødvendig å jordarbeide før pløying for å få god effekt, men det kan forsinke såinga og øker risiko for næringstap. Mekanisk brakking er en brukbar bekjempingsmetode mot ugras og et godt alternativ til glyfosat.

Det finnes noen kjemiske ugrasmidler som potensielt kan erstatte glyfosat, men de må ofte blandes med andre ugrasmidler for å kunne bekjempe både en- og tofrøblada ugras (Kapitel 3.2). Flere av de potensielle midlene er i dag ikke godkjente i grasmark. Midlene er generelt dyrere og kan ha høyere miljø-/helseisiko enn glyfosat. Det må vurderes om det er ønskelig å få slike midler godkjent.

En måte å redusere glyfosatbruken i grasmark på er å kontrollere flerårige ugras i engårene slik at en kan vente lenger med å brakke og fornye enga (Kapitel 3.3). Flere lovende metoder er under utvikling bl.a. varmtvannsteknologi, men det trengs mye mer forskning på selektive ikke-kjemiske tiltak mot flerårige ugras. Det trengs også mer informasjon om terskelverdier for ulike ugras i grasmark. I permanent grasmark kan f.eks. en stor andel kveke aksepteres, men ikke i grasmark som dyrkes i vekstskifte med korn.

5.3 Sluttord

Glyfosat har en viktig rolle i norsk jordbruk. Bruken har økt med årene, og trolig er det mulig å redusere bruken uten at det får store konsekvenser. Hvis glyfosat fases helt ut vil det trolig bli mer problem i korn enn i grasmark for avling og matproduksjonen. Av alternative tiltak til glyfosat er pløgen og andre mekaniske metoder viktige. Redusert jordarbeiding uten bruk av pløgen vil være vanskelig uten glyfosat i dag. Det finnes noen kjemiske ugrasmidler blant annet mot kveke i hvete og mot tofrøbalda rotugras i korn. Det er andre kjemiske alternativer som kan undersøkes mer for bruk i stubbåker og til brakking av grasmark som for eksempel ulike organiske syrer og grasugrasmidler for tofrøblada kulturer. Miljø- og helseeffekter av disse må være akseptable for at det skal være gode alternativer. Generelt trengs det mer forskning og utvikling av de ulike alternativene, deres ugraseffekt, miljøeffekter, kostnader, andre sideeffekter, hvordan kombinere dem og sette dem inn i et vekstskifte for å opprettholde norsk matproduksjon med redusert eller ingen tilgang til glyfosat. God agronomi som fremmer en konkurransesterk kultur slik som sortsvalg, såmåter og –mengder, gjødsling, gjøre tiltak til rett tid og med god kvalitet og presisjon vil være viktig. Dette vil også være en utfordring da endra klima f.eks. med mer nedbør vår og høst, kan gjøre at det er vanskelig å få utført jordarbeiding til rett tid og under lagelige forhold. Alt dette vil kreve bønder som har høy agronomisk og teknisk kompetanse og det vil trolig være viktig med mer opplæring og rådgiving.

Litteraturreferanser

- Andersson, B. 1983. Odlingstekniska försök med höstvet: verkan av såtid, utsädesmängd, radavstånd, kvävegödsling och skördetid i kombination med olika sorter. (Studies on cultivation technique of winter wheat: influence of sowing time, seed rate, row space, nitrogen fertilization and harvest time combined with different cultivars. (With English summary). Uppsala, Sweden: Institutionen för växtodling. Rapport 1, Swedish University of Agricultural Sciences: 1–63.
- Andreasen, C. & Stryhn, H. 2008. Increasing weed flora in Danish arable fields and its importance for biodiversity. *Weed Research* 48:1-9.
- Andrew, I.K.S., Storkey, J. & Sparkes, D.L. 2015. A review of the potential for competitive cereal cultivars as a tool in integrated weed management. *Weed Research* 55:239–248.
- Andújar, D., Esocla, A., Rosell-Polo, J. R., Fernández-Quintanilla, C. & Dorado, J. 2013. Potential of a terrestrial LiDAR-based system to characterise weed vegetation in maize crops. *Computers and Electronics in Agriculture* 92:11-15.
- Andújar, D., Weis, M. & Gerhards, R. 2012. An ultrasonic system for weed detection in cereal crops. *Sensors* 12: 17343-17357.
- Aronsson, H., Ringselle, B., Andersson, L., Bergkvist, G. 2015. Combining mechanical control of couch grass (*Elymus repens* L.) with reduced tillage in early autumn and cover crops to decrease nitrogen and phosphorus leaching. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 102:383-396. doi:10.1007/s10705-015-9712-7
- Bakkegard, M., Riley, H., Tørresen, K.S., Lindemark, P.O. & Stabbetorp, J. 2007. Redusert jordarbeiding til høstkorn. *Bioforsk TEMA* 2(32), 4 pp.
- Bakken, A.K., Brandsæter, L. O., Eltun, R., Hansen, S., Mangerud, K., Pommeresche, R & Riley, H 2009. Effect of tractor weight, depth of ploughing and wheel placement during ploughing in an organic cereal rotation on contrasting soils. *Soil & Tillage Research* 103: 433-441.
- Bårberi, P. 2002. Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues? *Weed Research* 42: 177-193.
- Barroso, J., McCallum, J. & Long, D. 2017. Optical sensing of weed infestation at harvest. *Sensors* 17:2381. doi: 10.3390/s17102381.
- Berge, TW & Wærnhus, K. 2018. Automatisk flekksprøyting av glyfosat i moden bygg og stubb om høsten. Plakat på NIBIO-konferansen 2018, februar 2018, X Meeting Point, Hellerudsletta, Skjetten, (https://www.nibio.no/prosjekter/test-av-kommersiell-teknologi-for-presisjonssprøyting/_/attachment/inline/354e50cc-559a-48b7-98f6-e580e86f7626:2e6654b1a3fb2e476e4aca26d5a6a10aa784e929/TWBerge_WeedSeeker_poster_NIBIO-konf%202018-2.pdf , besøkt august 2018)
- Berge, TW, Utstumo, T. & Netland, J. 2015. Kartlegging av flerårig ugras i kornåker med automatisk bildeanalyse – basis for presisjonssprøyting. *Bioforsk FOKUS* 10(2):30.
- Bergkvist, G., Adler, A., Hansson, M. & Weih, M. 2010. Red fescue undersown in winter wheat suppresses *Elytrigia repens*. *Weed Research* 50: 447-455.
- Bertholdsson, N.-O. 2005. Early vigour and allelopathy – two useful traits for enhanced barley and wheat competitiveness against wheat. *Weed Research* 45:94-102.
- Blackshaw, R. E., Molnar, L. J. & Lindwall, C. W. 1998. Merits of a weed-sensing sprayer to control weeds in conservation fallow and cropping systems. *Weed Science* 46:120-126.

- Børresen T. & Njøs, A. 1994. The effect of ploughing depth and seedbed preparation on crop yields, weed infestation and soil properties from 1940 to 1990 on a loam soil in south eastern Norway. *Soil & Tillage Research* 32:21-39.
- Bradshaw, L., Padgett, S., Kimball, S., & Wells, B. 1997. Perspectives on Glyphosate Resistance. *Weed Technology*, 11:189-198. doi:10.1017/S0890037X00041567
- Brandsæter L.O., Mangerud K., Helgheim M., & Berge T.W. 2017. Control of perennial weeds in spring cereals through stubble cultivation and mouldboard ploughing during autumn or spring. *Crop Protection* 98:16-23. doi:10.1016/j.cropro.2017.03.006
- Brandsæter, L.O., Bakken, A. K., Mangerud, K., Riley, H., Eltun, R. & Fykse, H. 2011. Effects of tractor weight, wheel placement and depth of ploughing on the infestation with perennial weeds in organic farmed cereals. *European Journal of Agronomy* 34:239-246.
- Brandsæter, L.O., Birkenes, S.M., Henriksen, B., Meadow, R., Ruissen, T., Holmøy, R., Mangerud, K. & Sjursen, H. 2006. *Plantevern og plantehelse i økologisk landbruk Bind 1: Bakgrunn, biologi og tiltak*. GAN Forlag AS. doi: <http://hdl.handle.net/11250/2441661>
- Brandsæter, L.O., Fogelfors, H., Fykse, H., Graglia, E., Jensen, R.K., Melander, B., Salonen, J. & Vanhala, P. 2010. Seasonal readiness of bud growth on rhizomes of *Elymus repens* and roots of *Cirsium arvense* and *Sonchus arvensis*. *Weed Research* 50:102-109
- Brandsæter, L.O., Mangerud, K., Sturite, I. & Tørresen, K.S. 2016. Effects of management practices on control of docks (*Rumex* spp.). Proceedings 7th International Weed Science Congress, Prague, Czech Republic 19-25 June 2016, p. 198.
- Brandsæter, L.O., Thomsen, M.G., Wærnhus, K. & Fykse, H. 2012. Effects of repeated clover undersowing in spring cereals and stubble treatments in autumn on *Elymus repens*, *Sonchus arvensis* and *Cirsium arvense*. *Crop Protection* 32:104-110.
- Castillejo-Gonzalez, I.L., Peña-Barragan, J. M., Jurado-Exposito, M., Mesas-Carrascosa & Lopez-Granados, F. 2014. Evaluation of pixel- and object-based approaches for mapping wild oat (*Avena sterilis*) weed patches in wheat fields using QuicBird imagery for site-specific weed management. *European Journal of Agronomy* 59:57-66.
- Catt J.A, Howse, K.R., Christian, D.G., Lane, G.L. & Goss, M.J. 2000. Assessment of tillage strategies to decrease nitrate leaching in the Brimstone Farm Experiment, Oxfordshire, UK. *Soil & Tillage Research* 53:185-200.
- Christensen, S. 1995. Weed suppression ability of spring barley varieties. *Weed Research* 35:241-247.
- Creighton, P. , Kennedy, E. , Shalloo, L. , Boland, T. M. and O' Donovan, M. 2011. A survey analysis of grassland dairy farming in Ireland, investigating grassland management, technology adoption and sward renewal. *Grass and Forage Science* 66:251-264. doi:10.1111/j.1365-2494.2011.00784.x
- Dalen, O.S. 2012. Glyfosatsprøyting på høsten. *Samvirke* 8/2012: p. 36.
- Davis, A.S. 2010. Cover-Crop Roller-Crimper Contributes to Weed Management in No-Till Soybean. *Weed Science* 58: 300-309. doi: 10.1614/WS-D-09-00040.1
- De Castro, A. I., Jurado-Exposito, M., Peña-Barragan, J. M. & Lopez-Granados, F. 2012. Airborne multi-spectral imagery for mapping cruciferous weeds in cereal and legume crops. *Precision Agriculture* 13:302-321.
- Dorn, B., Jossi, W. & van der Heijden, M.G.A. 2015. Weed suppression by cover crops: comparative on - farm experiments under integrated and organic conservation tillage. *Weed Research* 55:586-597. doi: 10.1111/wre.12175

- Dyke, G.V. & Barnard, J. 1976. Suppression of couch grass by Italian ryegrass and broad red clover undersown in barley and field beans. *J. Agric. Sci. Camb.* 87: 123-126.
- Eckersten, H., Lundkvist, A., Torssell, B. & Verwijst, T. 2011. Modelling species competition in mixtures of perennial sow-thistle and spring barley based on shoot radiation use efficiency. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*, 61(8):739-746.
- Ekeberg, E. 1987. Hva taper vi ved å utsette våronna? Jord- og plantekultur på Østlandet. Informasjonsmøte 1987. Aktuelt fra Statens fag tjeneste for landbruket Nr 3: 121-126.
- Ekeberg, E., Riley, H. & Njøs, A. 1985. Plogfri jordarbeiding til vårkorn: I. Avling og kveke. *Forsk. Fors. Landbr.* 36: 45-51.
- Espeby, L.Å., Fogelfors, H., Sjødal, S., & Milberg, P. 2014. Variation in *Elymus repens* susceptibility to glyphosate, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 64(3): 211-219. doi: 10.1080/09064710.2014.901408
- Fernández-Quintanilla, C., Peña, J.M., Andújar, D., Dorado, J., Ribeiro, A. & López-Granados, F. 2018. Is the current state of the art of weed monitoring suitable for site-specific weed management in arable crops? *Weed Research* 58:259-272.
- Fykse, H. & Skuterud, R. 2000. Nye middel mot grasarter i hvete. *Plantemøtet Østlandet 2000, Grønn forskning* 2/2000:80-86.
- Fykse, H. 1977. Untersuchungen über *Sonchus arvensis* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop. und *Tussilago farfara* L. *Scientific Reports of the Agricultural University of Norway* 56(27), 22 pp.
- Fykse, H., Tørresen, K.S. & Romstad, E. 2004. Production systems and plant protection requirements in cereals: a model analysis of long-term effects. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and Plant Science* 54:149-160. doi: 10.1080/09064710410030230
- Gao, J., Nuyttens, D., Lootens, P., He, Y. & Pieters, J. G. 2018. Recognising weeds in a maize crop using a random forest machine-learning algorithm and near-infrared snapshot mosaic hyperspectral imagery. *Biosystems Engineering* 170:39-50.
- Goul Thomsen, M., Brandsæter, L.O. & Fykse, H. 2013. Regeneration of Canadian thistle (*C. arvense*) from Intact Roots and Root Fragments at Different Soil Depths. *Weed Science* 61: 277-282.
- Goul Thomsen, M., Mangerud, K., Riley, H. & Brandsæter, L.O. 2015. Bare fallow; technical execution, timing and length for control of *Cirsium arvense* and other creeping perennials. *Crop Protection* 77:31-37. doi: 10.1006/j.cropro.2015.05.020.
- Graglia, E., Melander, B. & Jensen, R.K. 2006. Mechanical and cultural strategies to control *Cirsium arvense* in organic arable cropping systems. *Weed Res.* 46: 304-312.
- Gruber, S. & Claupein, W. 2009. Effect of tillage intensity on weed infestation in organic farming. *Soil & Tillage Research* 105:104-111.
- Håkansson I., Stenberg M. & Rydberg, T. 1998. Long-term experiments with different depths of mouldboard ploughing in Sweden. *Soil and Tillage Research* 46:209-223. doi: 10.1016/S0167-1987(98)00099-3
- Håkansson, S. 1974. Kvickrot og kvickrotbekämpfung på åker. *Lantbrukshögskolans meddelanden B* 21. 82 s.
- Håkansson, S. 1995. Ogräs och odling på åker. *Atuellt från lantbruksuniversitet.* 70 s.
- Håkansson, S. 2003. Weeds and weed management on arable land: an ecological approach. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, UK. 274 pp.

- Hamouz, P., Nováková, K., Soukup, J. & Holec, J. 2008. Detection of *Cirsium arvense* L. in winter wheat using a multispectral imaging system. *Journal of Plant Diseases and Protection*, Special Issue XXI:167-170.
- Hauken, M., Bechmann, M., Stenrød, M., Eggestad, H.O. & Deelstra, J., 2012. Erosjon og tap av næringsstoffer og plantevernmidler fra jordbruksdominerte nedbørfelt. Sammendragsrapport fra overvåkingsperioden 1992-2011 fra Program for jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). *Bioforsk Rapport* 7(78), 72 s.
- Heap, I. & Duke, S. O. 2018. Overview of glyphosate - resistant weeds worldwide. *Pest. Manag. Sci.* 74:1040-1049. doi:10.1002/ps.4760
- Heap, I. 2018. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Online. Internet. Wednesday, May 23, 2018. Available <http://www.weedscience.org/Summary/MOA.aspx?MOAID=12>
- Jacobi, J., Backes, M., Kuhbauch, W. & Plümer, L. 2006. Identifikation von Unkräutern in Zuckerrüben anhand spektraler Reflexionsunterschiede in Fernerkundungsaufnahmen (Identification of weeds in remote-sensed images on the basis of differences in spectral reflectance). *Journal of Plant Diseases and Protection Special Issue XX:241-248*.
- Jørgensen, L.N., Nielsen, B.J., Jensen, P.K., Mathiassen, S.K., Sørensen, S. & Heick, T. 2017. *Applied Crop Protection 2016*. DCA rapport 94/2017.
- Kömives, T. 2016. Report on the feasibility and benefits of spot spraying, *Julius-Kühn-Archiv* 2016 No.455 pp.162-171. doi:10.5073/jka.2016.455.35.
- Korsmo, E. 1954. *Ugras i nåtidens jordbruk*. Norsk landbruksforlag, Oslo. 635 s.
- Kouwenhoven, J.K., Perdok, U.D., Boer, J., Oomen, G.J.M. 2002. Soil management by shallow mouldboard ploughing in The Netherlands. *Soil & Tillage Research* 65: 125-139.
- Kristensen, L., Olsen, J. & Weiner, J. 2008. Crop Density, Sowing Pattern, and Nitrogen Fertilization Effects on Weed Suppression and Yield in Spring Wheat. *Weed Science* 56: 97-102.
- Kroulík, M., Slejka, A., Mirma, M., Prosek, V., Kumhalova, J., Kokoskova, J., Jarosova, S. & Vykoukalova, L. 2008. Mapping of *Cirsium arvense* infestation and site specific herbicide application. *Journal of Plant Diseases and Protection Special Issue XXI:171-176*.
- Kvakkestad, V. & Prestvik, A.S. 2015. Integrert plantevern hos norske kornbønder - Resultater fra en spørreundersøkelse om holdninger til og bruk av integrert plantevern. *NIBIO Rapport* 1 (49), 47 pp.
- Lambert, J.P.T., Hicks, H.L., Childs, D.Z. & Freckleton, R.P. 2018. Evaluating the potential of unmanned aerial systems for mapping weeds at field scales: a case study with *Alopecurus myosuroides*. *Weed Research* 58:35-45.
- Latsch, R., Anken, T., Herzog, C. & Sauter, J. 2017. Controlling *Rumex obtusifolius* by means of hot water. *Weed Research* 57: 16-24. doi:10.1111/wre.12233
- López-Granados F., Peña-Barragán J.M., Jurado-Expósito M. & García-Torres L. 2006. Using remote sensing for identification of late-season grassy weeds patches in wheat (*Triticum aestivum* L.) for precision agriculture. *Weed Science* 54:346-353
- López-Granados, F. 2011. Weed detection for site-specific weed management: mapping and real-time approaches. *Weed Research* 51:1-11.
- López-Granados, F., Torres-Sánchez, J., De Castro, A.-I., Serrano-Pérez, A., Mesas-Carrascosa, F.-J. & Peña, J.-M. 2016. Object-based early monitoring of a grass weed in a grass crop using high resolution UAV imagery. *Agron. Sustain. Dev.* 36:67-79.

- Lötjönen, T. & Mikkola, H. 2000. Three mechanical weed control techniques in spring cereals. *Agricultural and Food Science* 9: 269–278.
- Lötjönen, T. & Salonen, J. 2016. Intensifying bare fallow strategies to control *Elymus repens* in organic soils. *Agricultural and Food Science* 25: 153-163.
- Lund-Høie, K. 1978. Slik bruker vi glyfosat. Særtrykk av Norsk Skogbruk 3/78 og 5/78.
- Lunnan, T. & Todnem, J. 2017. Enggransking i fjellbygdene i Sør-Noreg. 1. Botanisk samansetjing av fulldyrka eng. NIBIO Rapport 3(144), 23 pp.
- Marti, M., 1984. Kontinuerlicher Getreidebau ohne Pflug im Süd-osten Norwegens - Wirkung auf Ertrag, Physikalische und Chemische Bodenparameter. Dr. scient. thesis, Agricultural University of Norway, 155 pp.
- Mattilsynet 2018a. Omsetningsstatistikk for plantevernmidler 2013-2017. 11 pp. Tilgang internett 29.08.2018:
https://www.mattilsynet.no/planter_og_dyrking/plantevernmidler/godkjenning_av_plantevernmidler/omsetningsstatistikk_for_plantevernmidler_20132017.29869/binary/Omsetningsstatistikk%20for%20plantevernmidler%202013-2017. (for tidligere år: årlig omsetningstatistikk for plantevernmidler fra www.mattilsynet.no)
- Mattilsynet 2018b. Fakta om glyfosat. 3 pp. Tilgang internett 22.08.2018:
https://www.mattilsynet.no/planter_og_dyrking/plantevernmidler/godkjenning_av_plantevernmidler/fakta_om_glyfosat.3100/BINARY/Fakta%20om%20glyfosat
- Melander, B. 1990. Sammenhengen mellom kvikbestandens størrelse og udbytte i korn, ærter og raps./. Danske Planteværnkongress 1990 Ukrudt:157-170.
- Melander, B. 1993a. Modelling the effects of *Elymus repens* (L.) Gould competition on yield of cereals, peas and oilseed rape. *Weed Research* 33:99-108.
- Melander, B. 1993b. Skadetærskler for kvikbekjempelse i forskjellige sædskifter. 10. Danske Planteværnkongress 1993. Ukrudt, Tidskr. Planteavl Specialserie, S-2236:83-96.
- Melander, B., Holst, N., Jensen, P.K., Hansen, E.M. & Olesen, J.E. 2008. Apera spica-venti population dynamics and impact on crop yield as affected by tillage, crop rotation, location and herbicide programmes. *Weed Research* 48:48–57.
- Melander, B., Holst, N., Rasmussen, I.A. & Hansen, P.K. 2012. Direct control of perennial weeds between crops – implications for organic farming. *Crop Protection* 40, 36-42.
- Melander, B., Mathiassen, S.K., Nørremark, M., Kristensen, E.F., Kristensen, J.K. & Kristensen, K. 2011. Physical destruction of the sprouting ability of *Elytrigia repens* rhizome buds. *Weed Research*.51:469–477.
- Melander, B., Rasmussen, I.A. & Bárberi, P. 2005. Symposium Integrating physical and cultural methods of weed control –examples from European research. *Weed Science* 3: 369–381.
- Merotto Jr., A., Bredemeier, C., Vidal, R.A., Goulart, I.C.G.R., Bortoli, E.D. & Anderson, N.L. 2012. Reflectance indices as a diagnostic tool for weed control performed by multipurpose equipment in precision agriculture. *Planta Daninha, Viçosa-MG*, 30(2):437-447.
- Netland, J. 1985. Studium av tunrapp (*Poa annua* L.) – veksemåte, formeiring og konkurransevne. PhD- thesis, Norwegian Agricultural University, Ås, Norway.
- Niphadkar, M. & Nagendra, H. 2016. Remote sensing of invasive plants: incorporating functional traits into the picture. *International Journal of Remote Sensing* 37:3074-3085.
- Njøs, A. 1978. Effects of tractor traffic and liming on yields and soil physical properties of a silty clay loam soil. *Meld. Norg. Landbr. Høgsk.* 57, nr. 24.
-

- Njøs, A. & Ekeberg, E. 1980. Trials with two depths of ploughing in autumn and spring on a morainic soil in Stange, Southern Norway during the years 1969-1975. *Forskning og Forsøk i Landbruket* 1980 31(3): 221-242.
- Njøs, A. & Høstmark, A-K.S. 1985. JK3 Jordfysikk og jordarbeiding. Notat 2 / 1985. Landbruksbokhandelen, NLH-Ås.
- Njøs, A. & Ekeberg, E. 1980. Trials with two depths of ploughing in autumn and spring on a morainic soil in Stange, Southern Norway during the years 1969-1975. *Forskning og Forsøk i Landbruket* 31(3): 221-242.
- Oerke, E.-C. 2006. Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science* 144:31-43. doi:10.1017/S0021859605005708
- Olofsdatter, M., Jensen, L.B. & Courtois, B. 2002. Review. Improving crop competitive ability using allelopathy – an example from rice. *Plant Breeding* 121:1-9.
- Olsen, J. & Weiner, J. 2007. The influence of *Triticum aestivum* density, sowing pattern and nitrogen fertilization on leaf area index and its spatial variation. *Basic and Applied Ecology* 8: 252-257.
- Olsen, J., Kristensen, L. & Weiner, J. 2005. Effects of density and spatial pattern of winter wheat on suppression of different weed species. *Weed Science* 53:690-694.
- Olsen, J.M., Griepentrog, H-W., Nielsen, J. & Weiner, J. 2012. How Important are Crop Spatial Pattern and Density for Weed Suppression by Spring Wheat? *Weed Science* 60:501-509.
- Pedersen, T.R., Gustavsson, A.M.D., 2003. Rotogräs: Råd i praktiken. Jordbruksverket, Jordbruksinformation 19/2003, 7 pp.
- Permin, O. 1960. Jordbearbejdningens betydning for bekæmpelse af rodukruddt. *Tidsskrift for Planteavl* 64(5): 875-888.
- Permin, O. 1982. Pruduktion av underjordiske udløbere hos alm.kvik (*Agropyron repens* (L.) Beauv.) ved vækst i konkurrence med byg og andre landbrugsafgrøder. Beretning nr. 1581 fra Statens Planteavlsforsøg. Særtryk af *Tidsskrift for Planteavl* 86:65-77.
- Peteinatos, G., Weis, M., Andujar, D., Rueda Ayala, V. & Gerhards, R. 2014. Potential use of ground-based sensor technologies for weed detection. *Pest Management Science* 70:190-199.
- Raja, P., Odindi, J & Mutanga, O. 2018. Evaluating the potential of freely available multispectral remotely sensed imagery in mapping American bramble (*Rubus cuneifolius*) South African Geographical Journal, (doi: 10.1080/03736245.2018.1461683, besøkt juli 2018).
- Rasmussen, J. 1998. Ukrudtsharvning i vinterhvede. (Weed harrowing in winter wheat. With English summary). *Proceedings 15th Danish Plant Protection Conference / Weeds*. Nyborg, Denmark, Danish Institute of Agricultural Sciences:179-189.
- Rasmussen, J., Nielsen, J., Olsen, S.I., Petersen, K.S., Jensen, J.E. & Streibig, J.C. 2016. Droner til monitorering af flerårigt ukrudt i korn. Bekæmpelsesmiddelforskning nr. 165, oktober 2016. Miljøstyrelsen, Miljøministeriet. (<http://mst.dk/service/publikationer/>, besøkt mars 2018).
- Rasmussen, K. & Rasmussen J. 2000. Barley seed vigour and mechanical weed control. *Weed Research* 40:219-230.
- Reimer, M. 2018. Effect of tillage and subsidiary crops on weed dynamics in integrated and organic farming. Master's Thesis 2018, Norwegian University of Life Sciences. 50 pp.
- 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 Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science* 59:362-372.

- 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 & Tillage Research* 80:79-93.
- Ringselle, B., Bergkvist, G., Aronsson, H. & Andersson, L. 2016. Importance of timing and repetition of stubble cultivation for post-harvest control of *Elymus repens*. *Weed Research* 56: 41-49. doi: 10.1111/wre.12183
- Ringselle, B., Bertholtz, E., Magnuski, E., Brandsæter, L.O., Mangerud, K. & Bergkvist, G. 2018. Rhizome Fragmentation by Vertical Disks Reduces *Elymus repens* Growth and Benefits Italian Ryegrass-White Clover Crops. *Frontiers in Plant Science*, 8:2243. doi:10.3389/fpls.2017.02243
- Ringselle, B., Bertholtz, E., Magnuski, E., Brandsæter, L.O., Mangerud, K. & Bergkvist, G. 2018. Rhizome Fragmentation by Vertical Disks Reduces *Elymus repens* Growth and Benefits Italian Ryegrass-White Clover Crops. *Front. Plant Sci.*, 11 January 2018. doi: 10.3389/fpls.2017.02243
- Rumpf, T., Römer, C., Weis, M., Sökefeld, M., Gerhards, R., Plümer, L. 2012. Sequential support vector machine classification for small-grain weed species discrimination with special regard to *Cirsium arvense* and *Galium aparine*. *Computers and Electronics in Agriculture* 80:89-96.
- Seehusen, T., Hofgaard, I. S., Tørresen, K.S. & Riley, H. 2017. Residue cover, soil structure, weed infestation and spring cereal yields as affected by tillage and straw management on three soils in Norway. *Acta Agric. Scand., Section B, Soil and Plant Science*, 67:93-109. doi: 10.1080/09064710.2016.1221987
- Seidel, K., Kayser, M., Müller, J. & Isselstein, J. 2009. The effect of grassland renovation on soil mineral nitrogen and on nitrate leaching during winter. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.*, 172:512-519. doi:10.1002/jpln.200800217
- Semb, K. & Skuterud, R. 1996. Effect on the production of weed seeds in a reduced tillage system by autumn spraying: A pot experiment. *Proceedings Second International Weed Control Congress, Copenhagen*: 1031-1036.
- Skuterud, R. 1977. Growth of *Agropyron repens* (L.) Beauv. at different light intensities in cereals. *Proc. EWRS symposium 2-3 August 1977 "Methods weed control and their integration"*. Assembly Hall, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Skuterud, R. 1983. Glyfosat mot kveke i moden byggåker. Særtrykk av Samvirke nr. 6/83, 4 pp.
- Skuterud, R. 1984. Bekjemping av kveke. *SFFL Småskrift 7/84*, 20 pp.
- Skuterud, R. 1989. Nytt og gammelt om kvekebekjemping. *Informasjonsmøte i plantevern, Ås 7-8. februar 1989*:97-106.
- Skuterud, R. & Fykse, H. 2001. Attribut 70 WG og Monitor mot kveke og andre ugras i hvete i 2000. *Plantemøtet Østlandet 2001, Grønn forskning 2/2001*:257-265.
- Skuterud, R., Semb, K., Saur, J. & Mygland, S. 1996. Impact of reduced tillage on the weed flora in spring cereals. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 10:519-532.
- Svensson, K. & Gummesson, G. 1972. Tvåskiktsplogar och förplogar i försök med bekämpning av flyghavre och kvickrot. *Lantbrukshögskolan. Inst. för arbetsmetodik og teknik. Inst. För växtodling. Uppsala 1972*, 24 pp.
- Tande, O. 2015. Amazone med AmaSpot og EasyCheck. Nyhet 09.10.2015 i web-avisen til Bedre Gårdsdrift. (<http://gardsdrift.no/amazone-med-amaspot-og-easycheck>, besøkt august 2018).
- Tillett, N. D., Hague, T., Blair, A. M., Jones, P.A., Ingle, R. & Orson, J. H. 1999. Precision inter-row weeding in winter wheat. Pages 975–980 in *Proceedings 1999 Brighton Crop Protection Conference—Weeds: Brighton, U.K.: British Crop Protection Council*.

- Tørresen, K.S. 2013. Ugrasbekjemping i gjenlegg. *Bioforsk FOKUS* 8(2):163-165.
- Tørresen, K.S. & Skuterud, R. 1997. Høstsprøyting mot ulike ugrasarter ved redusert jordarbeiding – valg av ugrasmiddel, dose og sprøytetid. *Grønn forskning* 2/97:125-130.
- Tørresen, K.S. & Skuterud, R. 1999. A pot screening trial of various glyphosate formulations and glufosinate-ammonium for autumn control of established weeds in a reduced tillage system. *Planteforsk Rapport* 6/99, 12 pp.
- Tørresen, K.S. & Skuterud, R. 2002. Plant protection in spring cereal production with reduced tillage. IV. Changes in the weed flora and weed seedbank. *Crop Protection* 21:179-193.
- Tørresen, K.S. & Skuterud, R. 2004. Hvorfor virker glyfosat noen ganger dårlig på kveka – er kveka blitt resistent? *Plantemøtet Østlandet 2004, Grønn kunnskap* 8(2): 339-346.
- Tørresen, K.S., Fykse, H. & Rafoss, T. 2010. Autumn growth of *Elytrigia repens*, *Cirsium arvense* and *Sonchus arvensis* at high latitudes in an outdoor pot experiment. *Weed Research* 50:353-363.
- 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), 67 pp.
- 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), 12 pp.
- Tørresen, K.S., Skuterud, R., Weiseth, L., Tandsæther, H.J. & Jonsen, S.H. 1999. Plant protection in spring cereal production with reduced tillage. I. Grain yield and weed development. *Crop Protection* 18:595-603.
- Tørresen, K.S., Skuterud, R., Tandsæther, H.J. & Hagemo M.B. 2003. Long-term experiments with reduced tillage in spring cereals. I. Effect on weed flora, weed seedbank and grain yield. *Crop Protection* 22:185-200. doi: 10.1016/S0261-2194(02)00145-X
- Tyystjärvi, E., Nørremark, M., Mattila, H., Keränen, M., Hakala-Yatkin, M., Ottosen, C.-O. & Rosenqvist, E. 2011. Automatic identification of crop and weed species with chlorophyll fluorescence induction curves. *Precision Agriculture* 12:546-563.
- Wang, N., Zhang, N., Wei, J., Stoll, Q. & Peterson, D.E. 2007. A real-time, embedded, weed-detection system for use in wheat fields. *Biosystems Engineering* 98:276-285.
- Weber, J.F., Kunz, C., Peteinatos, G.G., Zikeli, S. & Gerhards, R. 2017. Weed Control Using Conventional Tillage, Reduced Tillage, No-Tillage, and Cover Crops in Organic Soybean. *Agriculture* 7 (5), Art. no. 43. doi: 10.3390/agriculture7050043
- Weis, M., Andujar, D., Peteinatos, G.G. & Gerhards, R. 2013. Improving the determination of plant characteristics by fusion of four different sensors. *Precision Agriculture* 13:64-69.
- Westwood, J. H., Charudattan, R., Duke, S. O., Fennimore, S. A., Marrone, P., Slaughter, D. C., Swanton, C. & Zollinger, R. 2018. Weed management in 2050: perspectives on the future of weed science. *Weed Science* 66:275-285.
- Wicks, G.A., Nordquist, P.T., Baenziger, P.S., Klein, R.N., Hammons, R.H. & Watkins, J.E. 2004. Winter wheat cultivar characteristics affect annual weed suppression. *Weed Technology* 18: 988–998.
- Worthington, M. & Reberg-Horton C. 2013. Breeding cereal crops for enhanced weed suppression: optimizing allelopathy and competitive ability. *Journal of Chemical Ecology* 39: 213–231.

- Yorgey, G., Kantor, S., Painter, K., Roe, D., Davis, H. & Bernacchi, L. 2016. Flex cropping and precision agriculture technologies, Bill Jepsen. Farmer-to-Farmer Case Study. A Pacific Northwest Extension Publication, PNW681. Washington State University
(<https://research.libraries.wsu.edu:8443/xmlui/handle/2376/6026>, besøkt august 2018)
- Zhang, Y. , Slaughter, D. C. & Staab, E. S. 2012. Robust hyperspectral vision-based classification for multi-season weed mapping. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 69:65-73.

Vedlegg

Vedlegg nr.	Emne
1	Forslag til tiltak og metoder med mindre bruk av glyfosat i korn
2	
3	

Vedlegg 1

Forslag til tiltak og metoder med mindre bruk av glyfosat i korn

Utkast September 2018 v/Lars Olav Brandsæter, Kjell Mangerud og Kirsten Semb Tørresen

NB! Ikke alle metoder er tilgjengelige for bonden og trenger mer forskning og utvikling

Konkurransesevnen til kulturvekstene er avgjørende for å redusere ugraset mulighet til å utvikle seg. Derfor må alle operasjoner gjennomføres slik at forholdene legges til rette for at kulturvekstene får rask og jevn spiring og videre god vekst. Viktige faktor for å oppnå dette er at redskapene blir riktig innstilt, holdes vedlike slik at de virker optimalt og at det bare kjøres på jorda når denne er lagelig. Dersom det ikke gjennomføres noen form for jordarbeiding om høsten, er det viktig å kutte ned ugraset en eller flere ganger etter høsting. Er det store mengder med halm vil dette kunne være til hinder for redskapene som brukes til ugrasbekjempelse. Halmen må da fjernes eller kuttes og spres jamt over det hele.

Pløying hvert år

Djup pløying, minst 20 cm, med plog utstyrt med forplog og rulleskjær. Stripekropp eller plastfjoler på jord som kleber.

Når kveke er problemugas

1. På jord/arealer som ikke er erosjonsutsatt.
Høstbrakking med redskap som Kvik-Up / Kvik-Finn, skålharv, rotorharv eller tindeharv. Er det en lang og mild høst er det aktuelt å gjenta harvingen. Hvis det ikke skal harves om våren kan man gjennomføre sein høstpløying. Hvis et areal er kraftig infisert av kveke kan man også harve om våren, og da gjerne med Kvik-Up / Kvik-Finn harv og pløye noen dager etterpå.
2. På erosjonsutsatte områder.
Glyfosat med dose tilpasset forholdene. Uten glyfosat: Nedkutting av kveka. Kvernelands horisontal rotskjærer¹ kjørt 8-10 cm dypt like etter høsting kan kjøres i tillegg. Vårbrakking med Kvik-Up/Kvik-Finn. Vårbrakking med skålharv, rotorharv eller tindeharv kan brukes, men kan gi for sein såing.

Når åkerdylle er problemugas

1. På jord/arealer som ikke er erosjonsutsatt.
På høsten brakking med tindeharv med gåsefotskjær eller Kvernelands horisontal rotskjærer 8-10 cm dypt like etter høsting. Vårpløying.
Dersom det også er kvekeproblemer vil behandling med Kvik-Up/Kvik-Finn høst og vår kunne gi bra resultat.
Eventuelt radrensing i tillegg eller sprøyting med fenoksyryrer (MCPA, mekoprop-P)
2. På erosjonsutsatte områder.
Kjøring med Kvernelands horisontal rotskjærer* 8-10 cm dypt om høsten. Vårpløying. Radrensing

¹ Kvernelands horisontale rotskjærer er ikke i produksjon, men den har vist så lovende resultater i pågående forskning at den er tatt med som alternativ. Den bearbeider jorda i overflata lite, og vi antar Landbruksdirektoratet bør kunne tillate den brukt om høsten på erosjonsutsatte områder.

eller sprøyting med fenoksytyrer (MCPA, mekoprop-P)
På økologiske gårder er det aktuelt med grønnjødslingsår med hyppig nedkutting.

Når Åkertistel er problemugras

1. På jord/arealer som er/ikke er erosjonsutsatt
Viktig å starte bekjemping med en gang en ser åkertistelen i åkeren. Luking og nedslåing når de første blomsterknopper er synlig. Sprøyting med fenoksytyrer (MCPA/mekoprop-P)
Dyp vårploying hvert år.
Forsøk som er i gang, men ikke avsluttet peker i retning av at kjøring med Kvernelands horisontal rotskjærer 20-25 cm dypt på våren har god virkning.

*Forutsetter at Landbruksdirektoratet aksepterer at metoden blir brukt på erosjonsutsatte områdene.

Redusert jordarbeiding

Utfordringene med hensyn til ugras blir mye større. Ettersom glyfosat i stor grad har løst ugrasproblemet, har det vært lite forskning på alternativ bekjempelse. På basis av kjent forskning og erfaring fra praksis kan det skisseres en del alternative tiltak. Uten plog og/eller glyfosat har en i dag under våre klimatiske forhold ikke metoder som gjør at en over lengre tid kan anbefale redusert jordarbeiding. Ved redusert jordarbeiding er det enda mer viktig at en unngår å kjøre på jordet eller drive jordarbeiding når jorda ikke er laglig i de øverste 10-15 cm. Dette er vanskelig å overholde dersom det ikke er gjort jordarbeiding om høsten og spesielt når det ligger halm på overflata. Da er jorda kald og opptørkinga går sent. Med mye planterester og ugras bør en velge såmaskin med skållabber. Brenning av halmen om våren gir raskere opptørking og mindre problemer med etterfølgende jordarbeiding. Glyfosat i redusert dose/optimalt brukt kan benyttes i tillegg til metodene beskrevet nedenfor.

Ikke ploying

Når kveke er problemugras

1. På jord/arealer som ikke er erosjonsutsatt.
Høstbrakking. Når det er lite halm, kjøring med Kvik-Up/Kvick-Finn. Kjøring med tindeharv, skålharv, rotorharv eller jordfreser kan brukes men er ikke så effektivt. Helst gjentatt to ganger. På våren nødvendig harving for å få såbed. Over tid kan det bli harvsåle som må løses opp.
Eventuelt radrensing i tillegg.
2. På erosjonsutsatte områder.
Fjerning av halmen. Nedkutting av ugraset flere ganger. Kvik-Up/Kvick-Finn om våren før harving.
Med halm på bakken. Oppkutting og spredning av halmen flere ganger. Brenning av halmen om våren. Kvik-Up/Kvick-Finn om våren før harving.
Over tid kan det bli harvsåle som må løses opp.
Eventuelt radrensing i tillegg.

Når åkerdylle er problemugras

1. På jord/arealer som ikke er erosjonsutsatt.
På høsten brakking med tindeharv med gåsefotskjær eller Kvernelands horisontal rotskjærer 8-10 cm dypt like etter høsting. Antakelig vil det lønne seg med en ny harving senere på høsten.
Eventuelt radrensing i tillegg. Sprøyting med fenoksytyrer på store rosetter/ begynnende strekning

2. På erosjonsutsatte områder.
Foreløpig har en ikke noe mekanisk alternativ. Sprøyting med fenoksysyrer på store rosetter/
begynnende strekning

Når åkertistel er problemugras

1. Viktig å starte bekjemping med en gang en ser åkertistelen i åkeren. Luking og nedslåing når de første blomsterknopper er synlig der det er mulig. Sprøyting med fenoksysyrer på store rosetter/begynnende strekning
2. Skjæring med Kvernelands horisontal rotskjærer hver vår 20-25 cm.

Når overvintrende frøugras er problem. Der en ikke kan bruke glyfosat og en ikke pløyer (store planter drepes i mindre gras av frøgrasmidler og ugrasharving). Mulige tiltak mot slike store frøugras:

1. Jordfres om våren (vil det ha nok effekt?)
2. Svimidler høst og/eller vår (ikke godkjent, må testes ut eks. eddiksyre/pelargonsyre)
3. Grunn pløying om våren (eks. Kverneland Ecomat).
4. Radrensing

Pløying etter behov

Mange vil oppleve at det blir problemer med rotugras dersom en ikke pløyer. Ved å pløye et eller to år etter hverandre ved behov, kan en utnytte de metoder som er beskrevet ovenfor for å redusere ugrastrykket.

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

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

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

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