

Undersøkelse av planteutvikling og avlingsoppbygging
i økologisk dyrket bygg (*Hordeum vulgare* L.)
Effekt av sort og næringstilgang

Examination of plant development and yield
components in organic grown barley (*Hordeum vulgare*
L.)
Effects of variety and nutrient supply

Malin Teigen

Forord

Denne masteroppgaven på 60 studiepoeng er skrevet ved Institutt for plante- og miljøvitenskap ved Universitetet for miljø- og biovitenskap. Jeg hadde et sterkt ønske om å skrive en oppgave med økologisk vinkling, for å være med på å understreke at det er behov for utdanning og forskning innen økologisk landbruk i årene framover. Denne oppgaven er et lite bidrag i så måte. Forhåpentligvis fremskaffer denne oppgaven også informasjon som kan bidra til høyere økologiske byggavlinger.

Det er mange som er medskyldige i at denne oppgaven ser dagens lys, og som jeg er en takk skyldig. Først og fremst gjelder dette mine to dyktige veiledere:

- Anne Kjersti Uhlen, Professor ved IPM, Universitetet for miljø- og biovitenskap. Du har en faglig tyngde og en smittende iver jeg ikke ser hvordan jeg skulle klart meg uten.
- Steinar Lier, Landbruksrådgiver ved Hedmark Landbruksrådgiving. Du har stor kunnskap om økologisk landbruk, og en lun humor jeg setter stor pris på.

Hedmark Landbruksrådgiving stilte velvillig opp med sortsfelt, medveileder, faglige innputt og trivelige kaffestunder. Høgskolen i Hedmark avdeling Blæstad sørget for å gi meg tak over hodet ved å låne meg et kontor. I tillegg er det mange flere som har krysset min vei og bidratt med essensielle fakta, eller en hjelpende hånd. Dere har vært til stor hjelp, alle sammen.

Uten familie og gode venner hadde oppgaven vært både usammenhengende og full av skrivefeil. Dere har også gjort en uvurderlig innsats med moralsk støtte og oppmuntring. Og ikke minst Endre, for tålmodighet og hjelp til å holde bakkekontakten.

En stor takk til dere alle!

Stenshaug, 10.05.2012

Malin Teigen

Sammendrag

Denne masteroppgaven skal undersøke planteutvikling-, avling-, og kvalitetsegenskaper i ulike sorter av bygg (*Hordeum vulgare* L.) under økologiske dyrkingsbetingelser, og peke på faktorer som begrenser økologiske byggavlinger. Det er også utført et litteraturstudium for å belyse planteutvikling og avlingsoppbygning i korn, samt utfordringer ved økologisk korndyrking.

Ei kornavling er bygget opp av avlingskomponentene aks/m², korn/aks og kornvekt. Disse dannes i ulike deler av vekstsesongen, og kan variere uavhengig av hverandre ut i fra genetiske og miljømessige faktorer. Ved økologisk dyrking er næringstilgang, ugraskonkurransse og sykdom de største avlingsreducerende faktorene. Derfor er det ønskelig at byggsorter til økologisk dyrking innehar egenskaper som hjelper planta til å takle disse utfordringene.

Oppgaven bygger på to økologiske feltforsøk i Hedmark vekstsesongen 2011. Sortene som ble undersøkt var Tiril, Habil, Heder, Brage, Toria, Helium, Marigold og Iron, samt foredlingslinjene GN 06003 og LP 1233.6.04. Seks av sortene ble valgt ut for mer inngående registreringer. Feltene ble tilført ulike typer og mengder husdyrgjødsel. Forskjellige parametere for plantevekst og utvikling ble registrert gjennom hele vekstsesongen, og det ble høstet småruter for videre avlingskomponentanalyse. Det ble også gjort avlingsregistreringer i et konvensjonelt felt med de samme sortene, for å kunne sammenligne sortsprestasjoner og avling økologisk og konvensjonelt.

Det var forskjeller mellom sorter i skuddutvikling, plantehøyde, nitrogenstatus, ugrasmengde, høsteindeks, kornavling og avlingskomponenter, men det var ingen sorter som utpekte seg entydig positivt eller negativt. Sortsforskjellene varierte mellom felt, og viste at sortenes prestasjoner ved økologisk dyrking var påvirket av miljø- og dyrkingsfaktorer.

Variasjonen mellom feltene kunne til en stor grad forklares ut i fra forskjeller i tilført gjødselmengde. Resultatene viste at de økologiske byggavlingene ble begrenset av et lavt antall aks/m² i forhold til den konvensjonell avlinga. Årsaken var liten næringstilgang tidlig i vekstsesongen, grunnet forsinket mineralisering av den organiske gjødselen.

Abstract

This master thesis will examine plant development, yield and quality traits of barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties grown under organic conditions, and point out factors which can explain low organic barley yields. A literary study has also been performed to investigate cereal development and yield composition, together with challenges within organic barley production.

A yield of small-grain cereals depends on the number of spikes/m², grains/spike and grain weight. The yield components are determined in different parts of the growing season, and are affected by genetic and environmental factors. Nutrient supply, weed competition and diseases are the main limiting factors when growing organic cereals. A suitable variety for organic growth possesses characteristics enhancing the plant to survive these challenges.

A field research was conducted in two organic grown fields in the county of Hedmark during the growth season of 2011. The varieties investigated were Tiril, Habil, Heder, Brage, Toria, Helium, Marigold and Iron together with the plant breeding lines GN 06003 and LP 1233.6.04. Six varieties were selected for a more closer investigation. The type and amount of animal manure differed among the fields. Parameters regarding plant growth and development were registered throughout the growing season, and plant samples were collected at yellow ripening for further yield component analysis. Yield registrations were also conducted in a conventional grown field with the same varieties of barley, to compare the varieties when grown organically with their potential performance when they are grown conventionally.

Differences between varieties were observed in plant shoot development, plant height, nitrogen status, weed infestation, harvest index, and yield components. No varieties performed unambiguously positive or negative. There were differences among the fields, and this indicates that variety performance depends on environmental and growth factors.

Differences between fields were to a large extent explained by differences in manure application or timing of mineralization. Spikes/m² was the main limiting yield component in the organic fields. This was caused by a delay in mineralization of nutrients according to plant uptake.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	I
Sammendrag.....	III
Abstract.....	IV
Innholdsfortegnelse.....	V
Innledning.....	1
Problemstilling.....	2
1 Litteraturstudium.....	3
1.1 Planteutvikling og avlingsoppbygging.....	3
1.1.1 Aks/m ²	4
1.1.2 Korn/aks.....	6
1.1.3 Kornvekt.....	7
1.1.4 Høsteindeks.....	8
1.1.5 Respons på nitrogen.....	8
1.1.6 Respons på klima.....	10
1.2 Økologisk byggdyrking i Norge.....	14
1.2.1 Arealutvikling.....	14
1.3 Utfordringer ved økologisk produksjon av bygg.....	15
1.3.1 Næringstilgang.....	16
1.3.2 Ugraskonkurransen.....	20
1.3.3 Sykdommer og skadedyr.....	22
1.4 Viktige sortsegenskaper i bygg til økologisk dyrking.....	27
1.4.1 Konkurranssevne mot ugras.....	28
1.4.2 Næringstilgang.....	31
1.4.3 Sykdomsresistens.....	32
1.4.4 Råvarekvalitet.....	32
1.4.5 Sortsblandinger.....	33
1.5 Tilgang på egnet sortsmateriale.....	34
1.5.1 Bruk av gamle byggsorter.....	35
1.5.2 Sortsutprøving.....	36
1.6 Oppsummering.....	38
2 Material og metode.....	39
2.1 Forsøksopplegg og plantemateriale.....	39
2.2 Feltregistreringer.....	41
2.2.1 Planteutvikling.....	41
2.2.2 Dekkeevne.....	41
2.2.3 Plantepøver.....	42
2.3 Analyser.....	42
2.3.1 Analyse for total-N.....	43
2.4 Statistiske metoder.....	43
2.5 Feilkilder.....	43
3 Resultater.....	45
3.1 Været i vekstsesongen.....	45
3.2 Plantervekst og utvikling.....	46

3.2.1	Skudd/m ²	47
3.2.2	Dekkeevne	50
3.2.3	Ugrasforekomst.....	51
3.2.4	Plantehøyde.....	51
3.2.5	Nitrogenstatus	52
3.2.6	Sykdommer og skadedyr	53
3.3	Avling	54
3.3.1	Loavling og høsteindeks	54
3.3.2	Kornavling	55
3.3.3	Avlingskomponenter.....	57
3.4	Råvarekvalitet	59
3.4.1	Nitrogeninnhold i plantedeler i kornfyllingsfasen	60
4	Diskusjon	62
4.1	Jordforhold og næringsforsyning	62
4.1	Plantevekst og utvikling.....	63
4.2	Ugras, sykdommer og skadedyr.....	65
4.3	Avling og avlingskomponentanalyse	65
4.4	Råvarekvalitet	68
4.5	Økologisk kontra konvensjonell byggdyrking	69
5	Konklusjon.....	71
6	Litteraturliste	72

Vedlegg 1: Rådata for alle sorter i feltene i Vallset og Våler.

Vedlegg 2: Rådata for utvalgte sorter i feltene i Vallset, Våler og Stange.

Innledning

Regjeringen har et uttalt mål om 15 % økologisk produksjon og forbruk innen 2020 (St. meld. nr 9 (2011-2012)). I den forbindelse er det uttrykt et spesielt ønske om økt produksjon av økologisk korn, da halvparten av det økologiske kornet som forbrukes i Norge importeres (SLF 2012). I 2011 var 2,6 % av kornarealet i Norge økologisk drevet (Debio 2012; SSB 2011), og det ble levert 8 860 tonn økologisk korn til kornmottakene (SLF 2012).

Bygg er den viktigste kornarten i Norge, og benyttes hovedsakelig som en energi- og proteinkilde i kraftfôr. Forbruket av økologisk kraftfôr er stigende, og det er krav om at råvarene skal være av økologisk opphav (Mattilsynet 2005). Økt produksjon av økologisk bygg vil dermed kunne bidra til at mindre av råvarene til økologisk kraftfôr må importeres. Konsumet av bygg til mat er lite, men det er ønskelig at denne andelen økes. Årsaken er at bygg innehar mange ernæringsmessige fordeler, hovedsakelig grunnet innholdet av vannløselig kostfiber (β -glukan) (Baik & Ullrich 2008).

Byggavlingene har økt betraktelig de siste 65 åra (Lillemo et al. 2010). I økologisk byggproduksjon rapporteres det imidlertid om varierende avlinger, og dyrking av økologisk bygg sees på som spesielt utfordrende (Abrahamsen 2006). Årsaker til dette kan være at bygg danner en åpen plantebestand, og har næringsopptaket i en relativt kort periode tidlig i vekstsesongen. Det kan også skyldes at bygg er sårbart for jordpakking, lav pH og mange plantesykdommer.

Valg av en egnet sort ansees som viktig for å lykkes med økologisk byggdyrking (Askegaard et al. 2011b), og det er ofte en annen vektlegging av sortsegenskaper enn i konvensjonelt landbruk (Murphy et al. 2007). Det finnes ingen egne sorter for økologisk dyrking i Norge. Økologiske produsenter har tilgang på det samme sortsmaterialet som konvensjonelle bønder, så sant det er av økologisk opphav. Byggsorter som er tilgjengelige på markedet har gjennomgått en offisiell verdiprøving under konvensjonelle forhold. Det foregår ingen offisiell verdiprøving under økologiske forhold, men aktuelle sorter for økologisk dyrking testes i veiledningsforsøk på økologisk areal.

Problemstilling

Denne masteroppgaven omfatter undersøkelser av planteutvikling og avlingsoppbygging i ulike byggsorter dyrket på økologisk areal. Hensikten er å identifisere avlingsbegrensende faktorer i ulike faser av planteutviklingen, og sammenligne sortenes prestasjoner økologisk og konvensjonelt. Denne kunnskapen vil bidra til en dypere forståelse av årsaker til at det er utfordrende å oppnå tilfredsstillende økologiske byggavlinger.

Følgende punkter skal besvares i oppgava:

- Gjennomgå relevant litteratur som omhandler avlingsoppbygging i korn, og utfordringer ved økologisk byggdyrking i Norge.
- Hvilke egenskaper er ønskelige for byggsorter som skal dyrkes økologisk?
- Er det forskjeller i dyrkingsegenskaper mellom sorter av 2- og 6-radsbygg med ulik vekstrytme?
- Hva er årsaken til avlingsforskjeller mellom økologisk og konvensjonelt dyrket bygg, og når i vekstsesongen oppstår denne forskjellen?

1 Litteraturstudium

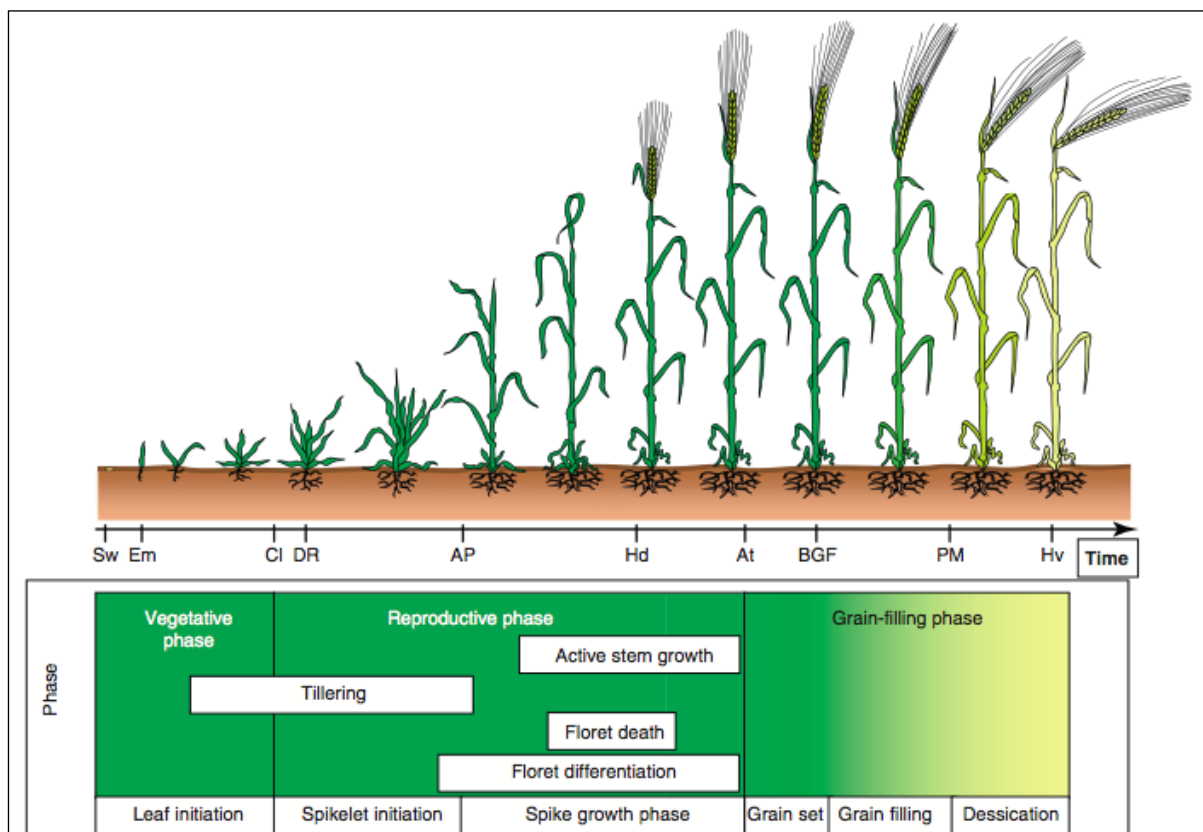
1.1 Planteutvikling og avlingsoppbygging

Fotosyntesen er forutsetningen for all plantevekst. Ei kornavling påvirkes av hvor effektiv fotosyntesen er, samt hvor mye av de produserte assimilatenes som overføres til kornene i kornfyllingsfasen. Fotosyntesen avhenger av en stor plantebiomasse som kan fange opp sollyset gjennom vekstsesongen, og alle grønne plantedeler deltar i fotosyntesen, inkludert snerpet. Hvor stor andel av den totale lysmengden som er fotosyntetisk aktivt, påvirker også fotosyntesen. Av den totale fotosynteseproduksjonen tapes noe i respirasjon, men det er ønskelig at denne andelen er så liten som mulig. Mengden tørrstoff som produseres per enhet fotosyntetisk aktivt lys, beskriver hvor effektivt lyset brukes til plantevekst. Dette angis vanligvis som RUE (radiation use efficiency) (Hay & Porter 2006). Avlingspotensialet i korn kan dermed uttrykkes som oppfanget lys x RUE x høsteindeks (Reynolds et al. 2005).

Tidlig i vekstsesongen brukes alt av assimilater til plantevekst, men senere vil de også lagres midlertidig i stengel, blad og rot, hovedsakelig som sukrose. Disse depotene utgjør plantas *source*-kapasitet (source = kilde). Stedet der assimilatenes forbrukes eller lagres, utgjør plantas *sink*-kapasitet (sink = sluk). Drivkraften bak assimilattransporten er en konsentrasjonsgradient mellom *source* og *sink*. Fram til blomstringsfasen er det tre *sink*-kilder i kornplanta; juvenile blader, stengel og assimilatdepoter i stengel, røtter og vev. Kornet er plantas lagringsorgan, og i tida etter blomstring fraktes assimilater fra de vegetative delene av planta opp i akset, som nå utgjør en sterk *sink*-kilde. I tillegg vil den løpende fotosyntesen forsyne kornene med assimilater, så lenge plantedelene er grønne. Det er en stadig konkurranse mellom plantedelene om tilgjengelige assimilater. I strekkingsfasen er det spesielt stor konkurranse mellom blader, stengelen og akset. Selv om mesteparten av assimilatenes transporteres til kornene i kornfyllingsfasen, er det også tidlig i denne fasen konkurranse mellom akset og andre deler av planta (Hay & Porter 2006).

Ei kornavling er bygget opp av avlingskomponentene aks/m², korn/aks og kornvekt (Dieseth & Uhlen 1998; Gallagher et al. 1975). De ulike komponentene dannes i ulike deler av vekstsesongen (figur 1), og kan variere uavhengige av hverandre (Hay & Porter 2006). Dette er fordi avlingsdannelsen påvirkes av ytre vekstfaktorer (Dolferus et al. 2011; Gales 1983; Gallagher et al. 1976), så vel som sortens genetiske potensiale (Strand 1984). Ei høy

kornavling er avhengig av et stort antall korn per arealenhet (Gallagher et al. 1976), og dette oppnås på forskjellig måte i 2- og 6-radsbygg. 6-radsbygget har mange korn/aks, mens 2-radsbygget kompenserer for færre korn/aks ved å produsere flere aks/m² (Arisnabarreta & Miralles 2004; Le Gouis et al. 1999). Le Gouis et al. (1999) opplyser også at 2-radsbygg har høyere kornvekt. Siden vektleggingen av avlingskomponentene er forskjellig i 2- og 6-radsbygg, vil også det kritiske tidspunktet for avlingsbestemmelse være forskjellig (Arisnabarreta & Miralles 2006b).



Figur 1: Illustrasjon av de ulike vekstfasene i bygg, og når i planteutviklingen de ulike avlingskomponentene dannes. Modifisert etter Sreenivasulu & Schnurbusch (2012).

1.1.1 Aks/m²

Aks/m² avhenger av antall planter per arealenhet, og hvor mange aks det er per plante (Dieseth & Uhlen 1998). Antall planter per arealenhet bestemmes av såmengde, miljøforhold i tiden rundt spiring og buskingevne (Mengel & Kirkby 1982), samt hvor mange av skuddene som går fram til å danne aks. Buskingsskuddene dannes fra buskingknuten like under jordoverflata, og ei kornplante har potensiale for utvikling av mange skudd. Det er

vekstforholdene i buskingfasen som avgjør hvor mange skudd som dannes, og plantebestanden reguleres her i forhold til tilgjengelige ressurser av vann, næring og plass (Dieseth & Uhlen 1998). I følge Strand (1979) utvikler 2-radsbygg normalt ett til to buskingsskudd per plante, mens antallet for 6-rads bygg er ingen eller ett skudd. Det er også registrert at 2-radsbygg busker seg bedre enn 6-radsbygg i finske forsøk av Peltonen-Sainio et al. (2008), men her var det ett buskingsskudd per hovedskudd for 2-radsbygg, og 0,3 skudd for 6-radsbygget. Peltonen-Sainio et al. (2009b) observerte at høye sorter produserte færre buskingsskudd enn lave sorter.

Hvor mange av buskingsskuddene som går fram til å danne aks, avgjøres av konkurranseforhold i plantebestanden om næringstilgang og plass. Selv om buskingsskuddene utvikler egne kronrøtter, er det en viss grad av næringsutveksling mellom morplanta og sideskuddene (Strand 1979). Det er observert at det første buskingsskuddet sikrere produserer aks enn senere buskingsskudd (Kirby & Riggs 1978). Det er akset til hovedskuddet som er mest avgjørende for kornavlinga (Arisnabarreta & Miralles 2008a; Rajala et al. 2007). Peltonen-Sainio et al. (2009b) konkluderer med det samme etter å ha undersøkt buskingsegenskapene til vårkornarter i Finland (tabell 1). Resultatene viste at 2-radsbygg både produserte flest buskingsskudd og flest aksbærende skudd. Buskingsskuddene til 2-radsbygget utgjorde også en større andel av den totale plantemassen enn hos 6-radsbygget. Dette gav utslag i kornavlingene, og avlinga fra buskingsskuddene til 2-radsbygget utgjorde 64 % i forhold til avlinga fra hovedskuddet. For 6-radsbygg utgjorde denne andelen kun 20 %. Alle buskingsegenskapene oppført i tabellen økte ved høy nitrogentilførsel (12 kg N/daa), i forhold til 8 kg N/daa.

Tabell 1: Buskingsskuddenes bidrag til avlinga i 2- og 6-radsbygg. Forholdet mellom buskingsskudd og hovedskudd er angitt i parentes. Modifisert etter Peltonen-Sainio et al. (2009b).

	2-radsbygg	6-radsbygg
Antall buskingsskudd per hovedskudd	1,26	0,57
Aksbærende buskingsskudd per hovedskudd	0,96	0,33
Total biomasse (mg/plante)	1039 (0,68)	521 (0,22)
Kornavling (mg/plante)	511 (0,64)	265 (0,20)
Vegetativ biomasse (mg/plante)	531 (0,72)	255 (0,25)
Høsteindeks (%)	50 (0,94)	47 (0,85)

I et annet finsk forsøk (Peltonen-Sainio et al. 2008) bidro buskingsskuddene i 2-radsbygget til 37 % av kornavlinga, mens 6-radsbyggets buskingsskudd kun bidro med 15 %. Rajala et al. (2007) observerte at buskingsskudd i gjennomsnitt bidro til 23 % av kornavlinga i 2-radsbygg.

1.1.2 Korn/aks

Et byggaks består av en aksspindel med småaks i grupper på tre festet vekselvis til spindelen. Det er kun én blomst per småaks, og i 2-radsbygget er det kun blomsten i det midterste småakset i gruppen på tre som utvikles (Duffus & Cochrane 1993). I følge Mathre (1992) har 2-radsbygget 15-30 korn/aks, mens 6-radsbygget 25-60 korn/aks.

Dannelsen av akset starter ved blomsterinduksjonen, da det dannes anlegg til blomsterorganer i stedet for blad. Starten på småaksinitieringen er synlig som en dobbel utvekst på skuddapex (Sreenivasulu & Schnurbusch 2012). Aksstørrelsen avgjøres under småaksdifferensieringen (Hay & Porter 2006), og er avgjørende for hvor mange korn det blir i akset. Dette styres både av gener (Arisnabarreta & Miralles 2006a), og vekstforholdene fra blomsterinduksjon til blomstring (Dieseth & Uhlen 1998).

Utviklingen av akset foregår i strekkingsfasen, noe som medfører konkurranse om assimilater mellom aks og strå, men også innad i akset (Dieseth & Uhlen 1998). Denne assimilatkonkurransen reduserer antall korn/aks (Appleyard et al. 1982; Gallagher et al. 1976), og vanligvis reduseres småaksantallet med 20-45 % fram til blomstring (Dieseth & Uhlen 1998). Arisnabarreta & Miralles (2006a) observerte at dødeligheten til blomsteranleggene var størst når aksveksten var på sitt kraftigste.

Dolferus et al. (2011) registrerte at det potensielle kornantallet ble bestemt i akstdifferensieringsperioden, mens det faktiske kornantallet ble avgjort i en kort periode før blomstring. I følge Arisnabarreta & Miralles (2008b) er det perioden rundt begynnende aksskyt som er kritisk for bestemmelse av antall korn i byggakset. Dette ble undersøkt mer inngående i en annen studie (Arisnabarreta & Miralles 2008a). Der kom det fram at den kritiske perioden for bestemmelse av kornantallet viste seg å være tidligere i 2-radsbygg enn i 6-radsbygg. I 2-radsbygget forekom denne perioden fra 10 og 40 dager før aksskyt, mens den i 6-radsbygget begynte 10 dager før flaggbladet kom til syne.

6-radsbygg initierer flere småaks enn 2-radsbygg (Arisnabarreta & Miralles 2004). Det er også observert at 6-radsbygg hadde flest blomsteranlegg, men med dårligere overlevelse.

Årsaken var dårligere utvikling av blomsteranleggene i sideradene og de øverste småaksene i akset, på tidspunktet da blomsteranleggdødeligheten var på sitt høyeste. Fertile blomsteranlegg hadde også dårligere etablering i 6-radsbygget (Arisnabarreta & Miralles 2006a). Høyere blomsterabortering i 6-radsbygg er også observert i et eldre forsøk (Arisnabarreta & Miralles 2004).

Ikke alle initierte blomsteranlegg blir formeringsdyktige blomster (Appleyard et al. 1982), og hvor mange korn som utvikler seg i akset avhenger av antall fertile blomster, og om blomstene bestøves (Hay & Porter 2006). I følge Dieseth & Uhlen (1998) utvikler de fleste fertile blomster i bygg korn. Bygg er en selvbestøver, og pollinering skjer under blomstring. Blomstringen skjer i perioden rundt aksskyt, og det er midten av akset som blomstrer først. Pollenutviklingen er sårbar for stress, særlig under meiosen (reduksjonsdelingen), noe som kan føre til pollensterilitet (Dieseth & Uhlen 1998).

1.1.3 Kornvekt

Etter pollineringen vokser kornet raskt. Et byggkorn er omsluttet av inneragner, og den ytterste delen av kornet består av frukt- og frøskall. Innenfor skallene ligger endospermen, omkranset av et aleuronlag som er rikt på fett, vitaminer og mineraler. Endospermen består hovedsakelig av stivelseskorn og proteiner, og er kornets opplagsnæring. Innlagring av stivelse begynner kort tid etter pollinering (Duffus & Cochrane 1993). Hovedbestanddelene i et modent byggkorn er skall (10-13 %), 80 % karbohydrater (stivelse opp til 65 %) og protein (8-15 %) (MacGregor & Fincher 1993; Shewry 1993).

Kornstørrelsen bestemmes både av gener og vekstforholdene i kornfyllingsfasen, fra blomstring fram til gulmodning (Mengel & Kirkby 1982). God kornfylling avhenger av tilstrekkelig tilgang på assimilater til akset etter blomstring, samt småaksets plassering i akset. Småaks i midtre del av akset har de tyngste kornene (Rajala et al. 2011). I 6-radsbygg kan kornene fra sideradene i akset være opp til 20 % mindre enn korn i den midterste raden (Mathre 1992). Ellis & Marshall (1998) registrerte både varierende kornvekt innad i akset, og at kornene fra buskingsskuddene hadde lavere kornvekt enn de fra hovedskuddet.

Kornvekta er mindre avgjørende for kornavlinga enn korn/aks (Gales 1983; Peltonen-Sainio et al. 2007; Prystupa et al. 2004). Det er observert større korn ved økologisk dyrking i forhold til konvensjonell dyrking av samme sort. Forklaringen er at høy plantetetthet tidlig i

vekstsesongen fører til høyt frafall av buskingsskudd der næringstilgangen er for liten. Senere øker næringstilgangen, og de økologiske plantene kan lagre mer næring i de korna som finnes i forhold til de konvensjonelle plantene, der det er flere aks og korn som kjemper om de samme ressursene (Kristensen 2003). Også Gallagher et al. (1975) påpeker at kornvekta avhenger av antall korn per arealenhet, og plantas evne til å fordele assimilater til akset i kornfyllingsfasen.

1.1.4 Høsteindeks

Høsteindeks defineres som den andelen av det produserte tørrstoffet som havner i kornet, eller nettoresultatet av assimilatifordelingen (Hay & Porter 2006). Enkelt sagt er høsteindeks forholdet mellom korn og den plantebiomassen som er over bakken. Høy høsteindeks betyr dermed at det er mye korn i forhold til biomasse, og omvendt. I følge Hay & Porter (2006) og Peltonen-Sainio et al. (2008) skyldes avlingsøkningen i bygg de siste tiårene forbedret høsteindeks framfor økt biomasseproduksjon. En høytytende sort dyrket i stressfrie omgivelser, vil ha en høsteindeks på rundt 0,5 (Hay & Porter 2006). Peltonen-Sainio et al. (2008) undersøkte variasjon og stabilitet i høsteindeks under nordiske forhold for 12 byggsorter over tre år, samt hvordan ulike planteegenskaper påvirket høsteindeksen. Det viste seg at høsteindeksen varierte mellom sorter, og 6-radsbygget hadde høyere høsteindeks enn 2-radsbygget, henholdsvis 0,55 og 0,52. Dyrkingsmiljøet hadde også innvirkning på høsteindeksen. Forhold som økte plantebiomassen gav lavere høsteindeks, mens forhold som fremmet kornavlinga medførte høyere høsteindeks. Høsteindeksen til buskingsskuddene var tilnærmet lik hovedskuddets, spesielt for 2-radsbygget. Buskingsskudd som forble i vegetativ fase og plantehøyden påvirket høsteindeksen negativt, mens kornvekta påvirket positivt. Le Gouis et al. (1999) rapporterer også at 6-radsbygget har høyere høsteindeks enn 2-radsbygget. Hay & Porter (2006) opplyser at høyere høsteindeks som følge av kortere strå skyldes at mer av assimilatene kan distribueres til akset. Dette skyldes ikke økt *sink*-kapasitet i akset i stråtrekkingsfasen, men at et kort strå trenger mindre assimilater.

1.1.5 Respons på nitrogen

Nitrogen er det viktigste makronæringsstoffet for plantevekst, og 80 % av nitrogenet i planta er bundet i proteiner (Aasen 1997). Nitrogen fremmer vegetativ vekst (Uhlen & Skinner 1997), noe som er positivt for bladareal og assimilatproduksjon. Aks/m² er den

avlingskomponenten som påvirkes mest av nitrogentilgangen (Le Gouis et al. 1999), siden både dannelse av buskingsskudd og overlevelse av disse fremmes av god nitrogentilgang (Uhlen & Skinner 1997).

Det er undersøkt av flere hvordan nitrogenmengde og tidspunkt for tilførsel påvirker avling og avlingskomponenter i bygg. Baethgen et al. (1995) fant at tidlig og høy nitrogentilgang (12 kg N/daa) var viktig for etablering av plantebestanden og utviklingen av buskingsskudd. Nitrogentilførsel ved avsluttende busking ga flest aksbærende skudd og mange korn/aks, men effekten var avhengig av at nitrogentilgangen etter spiring var tilstrekkelig. Kornvekta var lite påvirket av nitrogentilgangen. I følge Gales (1983) har nitrogentilgjengeligheten større betydning for antall aks/m² enn korn/aks. Årsaken kan være at buskingsskudd som dannes sent får færre korn i akset. Le Gouis et al. (1999) observerte hvordan nitrogentilførselen påvirker avlingskomponentene i 2- og 6-radsbygg (tabell 2). Både kornavling, aks/m² og kornvekt økte ved økende nitrogentilgang, mens korn/aks forble tilnærmet det samme. Der det ikke var tilført nitrogen gav 6-radsbygget 11 % større avlinger enn 2-radsbygget. Det antas at 6-radsbygget har en fordel ved liten nitrogentilgang, på grunn av evnen til å kompensere for et lavt antall aks/m² med flere korn i akset. At kornet har evne til å kompensere for dårlig nitrogentilførsel i deler av vekstsesongen, støttes av Baethgen et al. (1995).

Tabell 2: Kornavling (kg/daa) og avlingskomponentene aks/m², korn/aks og kornvekt (g) i 2- og 6-radsbygg ved to ulike nitrogenmengder. Modifisert etter Le Gouis et al. (1999).

		Kornavling	Aks/m²	Korn/aks	Kornvekt
0 kg N/daa	2-rad	561	627	21,7	42,3
	6-rad	631	393	44,1	37,1
11 kg N/daa	2-rad	762	852	22,1	41,3
	6-rad	796	796	40,5	34,5

Rajala et al. (2011) undersøkte hvordan nitrogentilførsel påvirket kornavlinga i 2-radsbygg under kontrollerte forhold i drivhus. Resultatene viste at høy nitrogentilførsel (12 kg N/daa) gav høyere kornavling, flere korn/aks og høyere kornvekt kontra ingen nitrogentilførsel (0 kg N/daa). God nitrogentilgang gav også høyere høsteindeks. Eason (1984) undersøkte hvordan tidspunktet for nitrogengjødsling påvirket avlingskomponentene i bygg over en periode på 3 år. Det ble flest aks/m² da nitrogenet ble tilført ved begynnende strekking (Z31), mens antall korn/aks gav en mindre tydelig respons. Kornvekta viste derimot en nedgang fram til 50 dager

etter såing (Z37), for så å øke markant etter dette fram til aksskyt (Z55). Dette tyder på at kornvekta avgjøres av næringstilgangen sent i sesongen. Lavest kornvekt sammenfalt med det høyeste antall korn/aks. Det ble imidlertid observert relativt store variasjoner mellom år for alle komponentene. Arisnabarreta & Miralles (2004) observerte at lav nitrogentilførsel (4 kg N/daa) forsinket tidspunktet for aksskyt, hovedsakelig ved å forlenge strekkingsfasen. Dette førte til færre fertile blomster i akset, og det antas at årsaken var redusert overlevelse av blomsteranlegg. Prystrupa et al. (2004) undersøkte hvordan nitrogen- og fosforgjødsling påvirket kornantall og avling i bygg. Det viste seg at kornantallet hadde sammenheng med næringstilførselen og tørrstoffinnholdet i akset. Redusert aksstørrelse på grunn av næringsmangel gav dermed færre korn/aks.

Nitrogen er også viktig for kornkvaliteten i bygg. God nitrogentilgang øker proteininnholdet i kornet, mens skallprosenten reduseres. HI-vekt er i liten grad påvirket av nitrogentilgangen (Tveitnes & Repstad 1998).

1.1.6 Respons på klima

Vekstforholdene i Norge preges av lang dag, kort sesong og relativt kjølig klima. Bygg er den kornarten som kan dyrkes høyest over havet og lengst mot nord, på grunn av den tidlige modningen (Strand 1979).

Daglengde

Bygg er ei langdagsplante. Dette innebærer at den er avhengig av at natta er kortere enn en viss lengde for å blomstre (Hopkins & Hüner 2009). Lengre dag senker kravet til varmesum, noe som muliggjør korndyrking også langt mot nord (Strand 1979). Lang dag undertrykker vekst og utvikling av buskingskudd (Peltonen & Peltonen-Sainio 1997; Peltonen-Sainio et al. 2009b). Dette er fordi produksjonen av plantehormonet auxin stimuleres. Auxin induserer produksjon av etylen, som igjen hemmer utviklingen av buskingsknopper (Hopkins & Hüner 2009). Rajala et al. (2007) observerte at lang dag i kombinasjon med høy såmengde reduserte avlingsproduksjonen til buskingskudd hos 2-radsbygg, siden det ble færre korn/aks og lavere kornvekt. Det konkluderes med at avlinga under forhold med lang dag bør komme fra hovedskuddet. Dette er årsaken til at det brukes høye såmengder i Norden (Peltonen-Sainio et al. 2011b).

Lys er viktig for tørrstoffproduksjonen og antall korn (Gales 1983). Skygge i strekkingsfasen medfører en reduksjon av antall aksbærende skudd i 2-radsbygg, mens antall korn/aks påvirkes negativt hos begge akstypene (Arisnabarreta & Miralles 2008a). Det er også observert at en tett plantebestand med økt mengde mørkerødt lys hemmer dannelsen av buskingsskudd (Lafarge 2000). Arisnabarreta & Miralles (2008b) fant at redusert stråling ved begynnende aksskyt reduserte antall fertile blomster i akset.

Temperatur

Temperatur og nedbør er klimafaktorene som har størst innvirkning på kornavlinga (Peltonen-Sainio et al. 2011a). Det er vanlig å oppgi kornets temperaturkrav som varmesum. Varmesum defineres som summen av døgnmiddeltemperaturene (d°) i den aktuelle perioden (Strand 1984). Varmesumkravet fra såing til modning for en enkelt sort er forholdsvis konstant, men påvirkes blant annet av daglengde, jordart og sykdomsangrep. Åssveen & Abrahamsen (1999) har undersøkt kornartenes krav til varmesum, og tidlig og sent bygg trengte henholdsvis 1246 og 1327 d° til gulmodning. Fram til kornet var klart til innhøsting behøvdtes 100-150 d° ekstra, slik at tidlig bygg hadde behov for 1350-1400 d° , mens sene byggsorter trengte 1400-1480 d° . Nedbørsmengden påvirket også kravet til varmesum, og for hver 100 mm nedbør i vekstsesongen økte behovet til bygg med 50-60 d° .

Basistemperaturen for vegetativ plantevekst er 6 $^{\circ}\text{C}$ (Dieseth & Uhlen 1998), mens modningen av kornet stopper ved temperaturer under 10 $^{\circ}\text{C}$. Toleransen for frost er størst den første tida etter spiring, siden vekstpunktet ligger under bakken, og lavest i perioden rundt blomstring og aksskyt. Temperaturer ned mot frysepunktet i denne perioden kan gi sterilt pollen. Frosttoleransen øker deretter i takt med modningen, etter hvert som vanninnholdet i kornet synker (Strand 1979).

Den største avlinga oppnås hvis planta vokser sakte, fordi utvikling av buskingsskudd og transport av assimilater til akset fremmes. Dette skjer ved relativt lave temperaturer. Fra naturens side er kornplanta tilpasset kjølig og fuktig vær i vekstfasen, og modning under stigende temperaturkurve. For å oppnå dette i Norden, må kornet såes tidlig (Strand 1979). Finske forskere har undersøkt hvordan plantevekst og kornavlinger vil påvirkes av høyere temperaturer som følge av klimaforandringer. Dette ble gjort ved beregninger ut i fra langtidsdata fra sortsutprøvningsfelt og meteorologiske målinger (Peltonen-Sainio et al. 2011a). Resultatene viste at bygg var det kornslaget som ble påvirket mest av

klimaforandringer grunnet den tidlige modningen, og at både avlingspotensiale og avlingsdannelsen ble redusert ved høyere temperaturer. Avlingsnedgangen skyldtes mest trolig vannmangel i tidlig vekstfase. Det kom også fram at økte temperaturer gav raskere vekst og utvikling. Dette er lite fordelaktig, da veksten allerede er rask nok som følge av langdags-forholdene. Bygg responderte negativt på økt temperatur i alle vekstfaser fram til kornfyllingsfasen, og det var i perioden rett før aksskyt at avlingsnedgangen var størst. I modningsfasen derimot, gav bygget en avlingsøkning på 7,7 kg/daa per 1 °C økning i gjennomsnittstemperatur. Også Andersson & Holm (2011) observerte høyere kornavlinger og høyere høsteindeks ved lave temperaturer, men fant i tillegg at nitrogenkonsentrasjonen i kornet og kornvekta ble lavere.

Høy temperatur er positivt for akkumulering av tørrstoff i kornet, men kornfyllingsfasen blir kortere, og dermed blir det mindre tid til å fylle kornet. Lav temperatur i denne fasen vil derfor gi tyngre korn (Duffus & Cochrane 1993; Savin & Nicolas 1999). Miljøforholdene i tiden etter blomstring har størst betydning for kornvekta, men også miljøforholdene før blomstring kan påvirke (Bingham et al. 2007; Ugarte et al. 2007). Ugarte et al. (2007) observerte en negativ sammenheng mellom kornvekt og høy temperatur fra strekkingsfasen fram til blomstring. Størst påvirkning hadde høy temperatur i siste del av strekkingsfasen, fra svelling av bladskjeden til blomstring. Betydningen av temperatur i bladskjedesvellingsfasen støttes av Bingham et al. (2007).

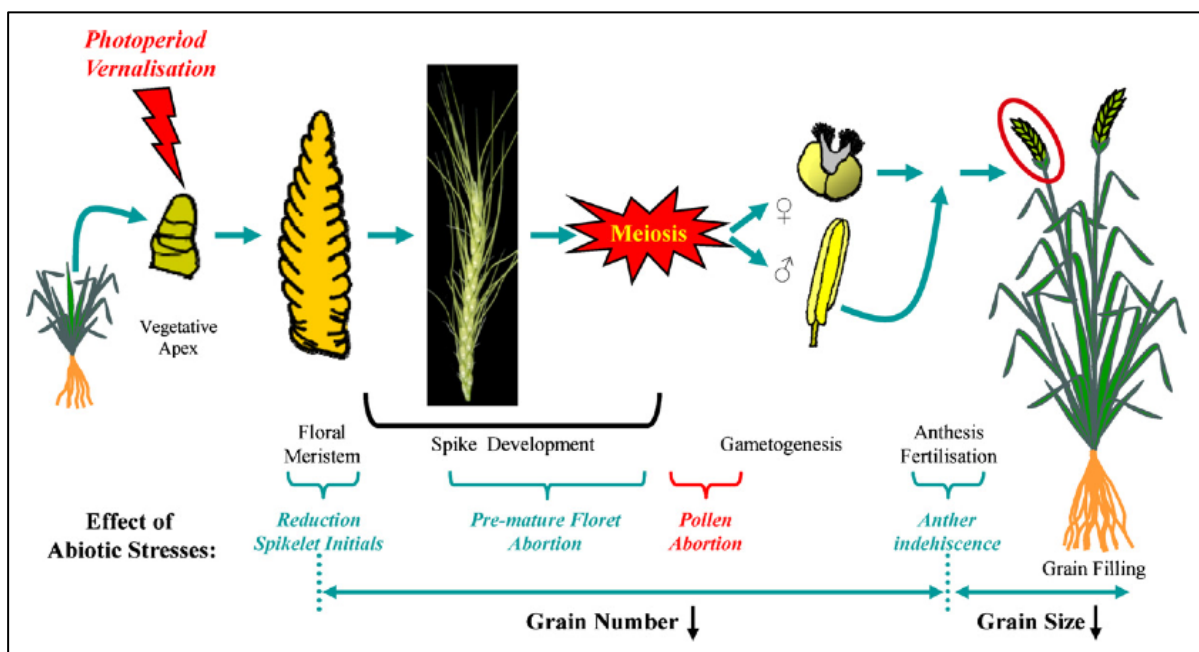
Nedbør

Vann er viktig for spiring, vekst, næringstransport og kjemiske reaksjoner i planta. Hovedårsaken til at tørke reduserer avlinga, er at fotosyntesen indirekte hindres ved at spalteåpningene lukkes for å redusere fordamping. Dette fører til at CO₂ ikke kan diffundere inn i bladet (Rajala et al. 2011). Vekstsesongen i Norge preges vanligvis av en periode med forsommertørke, noe som er uheldig da det er i denne perioden kornet har størst behov for vann (Strand 1979). I det samme forsøket som er omtalt under avsnittet om temperatur (Peltonen-Sainio et al. 2011a), viste bygg avlingsøking ved økt nedbørsmengde på forsommeren. Det ble ikke påvist avlingseffekt ved økt nedbør i kornfyllingsfasen, mens økte nedbørsmengder i modningsfasen reduserte avlinga.

Vanntilgang påvirker dannelsen av de ulike avlingskomponentene, avhengig av tidspunkt for tørkestress. I forsøk reduserte tørke før pollinering både potensielt og faktisk kornantall, og

alle småaksene i akset ble berørt. Imidlertid klarte småaksene i øvre del av akset og kornet i det midterste småakset seg best. Avlingsbidraget fra buskingsskuddene økte ved tørke i denne periode. Tørke i kornfyllingsfasen har størst innvirkning på kornvekta. Det er også observert at tørke reduserer høsteindeksen (Rajala et al. 2011). Mye nedbør i modningsfasen øker risikoen for aksgroing, og det er ønskelig med sorter som har en viss spiretreghet (Strand 1979).

I følge Dolferus et al. (2011) påvirker abiotisk stress, spesielt kulde og tørke, både kornantall og kornvekt, avhengig av tidspunkt og varighet av stresset i forhold til kornets vekstfase (figur 2). Kornantallet påvirkes av stress i tiden etter småaksinitiering fram til blomstring, og planta er mest sårbar for stress under pollendannelsen. Stress i disse periodene kan redusere antall småaks og blomsteranlegg, hindre pollendannelse, gi sterilt pollen eller hindre pollenet i å løsne fra støvknappen. Det at hele byggakset ikke blomstrer på likt, forlenger den sårbare perioden. Inntreffer abiotisk stress etter blomstring er det kornvekta som påvirkes. Rajala et al. (2011) fant at stress i denne perioden økte forbruket av assimilater produsert før blomstring til å danne avling.



Figur 2: Illustrasjon av hvordan abiotisk stress i ulike vekstfaser påvirker kornantall og kornvekt i bygg (Dolferus et al. 2011).

1.2 Økologisk byggdyrking i Norge

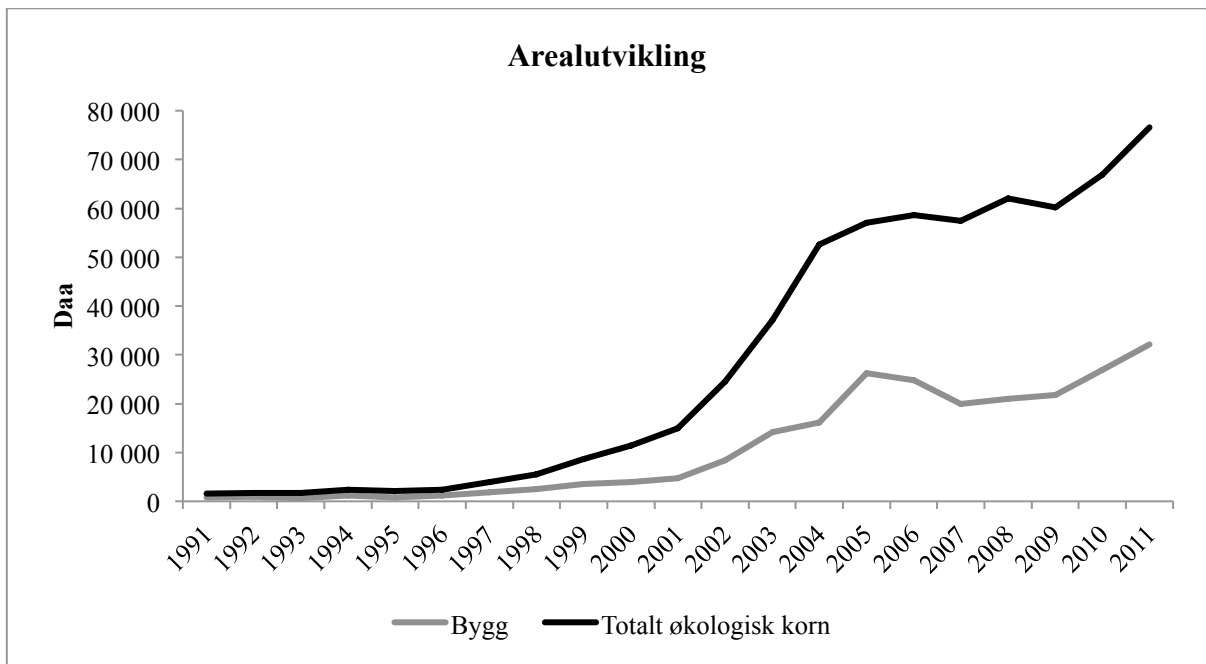
Økologisk landbruk er basert på de fire prinsippene helse, økologi, rettferdighet og varsomhet. Dette innebærer fokus på miljø, biodiversitet, matkvalitet og bærekraftig produksjon (IFOAM s.a). Målet er å produsere mat uten å skade dyr, mennesker eller miljø, og sørge for at denne produksjonen skjer på en måte som ikke utarmer jordas ressurser (Lampkin 1990). Økologisk landbruk oppsto tidlig på 1900-tallet, som en motreaksjon til industrialiseringen av landbruket. Tankegangen utviklet seg videre i takt med at negative miljøkonsekvenser av landbruket ble kjent, og er i dag støttet av myndighetene i mange vestlige land (Kirchmann et al. 2008b). Globalt forvaltes økologisk landbruk av *International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM)*. Økologisk produksjon i Norge er underlagt Forskrift om økologiske landbruksprodukter mv. (2005). Det er Mattilsynet som har tilsynsansvaret med den økologiske produksjonen, og Debio som kontrollerer at bøndene håndhever regelverket.

Økologisk planteproduksjon skal foregå på godkjent økologisk areal, med økologisk formeringsmateriale så sant dette er tilgjengelig. Gjødning skal tilføres i form av husdyrgjødsel eller annet organisk materiale, eller ved bruk av nitrogenfikserende vekster. Det er mulig å tilføre begrensede mengder av visse typer konvensjonell husdyrgjødsel. Vekstskifte skal være bærebjelken i produksjonen, og forebyggende tiltak mot ugras og skadegjørere skal benyttes (Mattilsynet 2005). Økologiske prinsipper kan med fordel integreres i dagens intensive jordbrukssystemer, da disse i stor grad er basert på ikke-fornybare og energikrevende innsatsfaktorer som fossilt brensel og mineralgjødning (Fess et al. 2011). Det er også utfordringer med sprøytemiddelresistens, blant annet i ugras (Heap 2012). Det er likevel et faktum at avlingene ofte er lavere i økologisk enn konvensjonell dyrking. Dette står i kontrast til verdens stadig økende befolkning, og dertil økende behov for matproduksjon (Bergström et al. 2008b).

1.2.1 Arealutvikling

Av Norges samlede jordbruksareal er det 5 % som drives økologisk. Av det økologiske arealet brukes 15 % til korndyrking (Debio 2012), og alt økologisk korn omsettes som økologisk vare (SLF 2012). Bygg er den kornarten det dyrkes mest av økologisk, og i 2011 utgjorde byggproduksjon 42 % av den økologiske kornproduksjonen (figur 3). Dette tilsvarer 32 078 dekar (Debio 2012). De senere årene har det vært en økning i byggarealet, etter at det var nedgang i årene etter 2005. Den markante økningen i 2005 skyldtes signal fra myndighetene

om behov for økt produksjon av økologisk bygg til fordel for havre (Abrahamsen 2006). Det er også de senere årene iverksatt prosjekter og kampanjer for å øke den økologiske kornproduksjonen, for eksempel ”Motivasjon for økt økologisk kornproduksjon” og ”Byggro”. I 2011 ble det levert 3 576 tonn økologisk bygg til kornmottakene i Norge (SLF 2012). Dette gir en gjennomsnittsavling på 111 kg/daa. Den reelle produksjonen antas imidlertid å være noe høyere, da mange økologiske bønder beholder kornet til eget bruk (SLF 2012).



Figur 3: Utvikling av det økologiske bygg- og kornarealet de siste 20 årene (Debio 2012; Rasmussen 2012, pers.med.).

1.3 utfordringer ved økologisk produksjon av bygg

Det er observert lavere kornavlinger ved økologisk dyrking i forhold til konvensjonell dyrking (Bergström et al. 2008a; Eltun et al. 2002; Halberg & Kristensen 1997; Kristensen 2003), og ofte er avlingsreduksjonen på 40-50 % (Bergström et al. 2008b). Dette skyldes i all hovedsak utfordringer med næringstilgang, ugras og sykdommer (Doltra et al. 2011).

1.3.1 Næringstilgang

Korn har næringsopptaket tidlig i vekstsesongen (Dieseth & Uhlen 1998). Dette gjelder spesielt bygg, som i tillegg har opptaket over en relativt kort periode (Kirchmann et al. 2008a). Ei kornavling på 400 kg fjerner 8 kg nitrogen, 1,4 kg fosfor og 2 kg kalium. Fjernes halmen også, forsvinner det i tillegg 1,2 kg nitrogen, 0,2 kg fosfor og 1,6 kg kalium (Frøseth et al. 2011).

Utilstrekkelig næringsforsyning, hovedsakelig av nitrogen, er i stor grad årsaken til avlingsnedgangen i økologisk produksjon (Askegaard et al. 2011b; Berry et al. 2002; Doltra et al. 2011). Det er også observert lavere innhold av fosfor og kalium i økologisk drevet jord (Bakken et al. 2006; Løes & Øgaard 1997). I kontrast til at det ofte er for lite nitrogen tilgjengelig for plantevekst i økologisk landbruk, er det av flere observert høyere nitrogenavrenning (Askegaard et al. 2005; Bergström et al. 2008a). Dette skyldes først og fremst at næringsstoffene i organisk gjødsel frigjøres for sent til at kulturveksten tar det opp, eller etter at kulturen er høstet (Bergström et al. 2008a). Askegaard et al. (2011a) påpeker at avrenningen i korndominerte økologiske systemer kan reduseres ved å dyrke fangvekster, og unngå jordarbeiding om høsten.

Det vanlige har vært at kornproduksjonen er integrert i et allsidig vekstskifte på husdyrgårder (Hansen et al. 2007b). Denne trenden er skiftende, og en tredjedel av den norske økologiske kornproduksjonen per i dag skjer på arealer uten tilførsel av husdyrgjødsel (Brandsæter et al. 2011). Det er utført flere langvarige feltforsøk for å undersøke hvordan ulike dyrkingsformer påvirker kornavlinger i økologisk landbruk (Bakken et al. 2006; Eltun et al. 2002; Kayser et al. 2010; Olesen et al. 2007). Felles for alle er at de rapporterer om høyere og mer stabile kornavlinger ved dyrking i et allsidig vekstskifte med tilførsel av husdyrgjødsel. Det er også påvist bedre nitrogenbalanse i vekstskifter med stort innslag av eng, kontra vekstskifter med ensidig korndyrking (Korsæth & Eltun 2000). Et godt økologisk vekstskifte tar hensyn til næringsforsyning, skadegjørere og jordstruktur (Barstad 2006). Næringsforsyningen opprettholdes ved å alternere mellom nærrende vekster, som tilfører nitrogen, og tærende vekster, som forbruker nitrogen (Berry et al. 2002).

Næringsforsyningen i økologisk kornproduksjon er avhengig av tilførsel av organisk gjødsel (Goulding et al. 2008; Lampkin 1990), og at denne mineraliseres (Korsæth et al. 2002). Utfordringen er å få mineralisert gjødselen slik at næringen er tilgjengelig for plantene når de

trenger den (Berry et al. 2002). Det er jordlivet, både mikro- og makrofauna, som sørger for nedbryting av organisk materiale i jord. Mineraliseringen er avhengig av at jordforholdene er gunstige for biologisk aktivitet, i tillegg til egenskaper ved plantematerialet som tilføres. Temperatur, fuktighet, pH og jordstruktur er de viktigste faktorene i jord. Høye temperaturer (20-35 °C) øker den mikrobielle aktiviteten i jorda, mens aktiviteten under 5 °C gir svært begrenset aktivitet. Vanninnholdet i jorda påvirker oksygentilgangen, men 60 % av porene kan være fylt med vann uten at den biologiske aktiviteten hemmes (Brady & Weil 1999).

Plantematerialets sammensetning, plassering i jord og tidspunkt for nedmolding påvirker også mineraliseringen. Organisk materiale inneholder forskjellige fraksjoner, som brytes ned i ulik grad. Jo mer lignifisert materialet er, jo vanskeligere er det å bryte ned. Små partikler brytes lettere ned, fordi de har større overflate tilgjengelig for nedbryting (Brady & Weil 1999). Forholdet mellom karbon og nitrogen (C/N forholdet) avgjør om nitrogenet bindes eller frigjøres, og både innholdet av mineralnitrogen i jord og plantemateriale påvirker dette (Mary et al. 1996). Mye karbon i forhold til nitrogen gjør at mikrobene forbruker nitrogenet til egen vekst. Et C/N-forhold rundt 25 vil hindre slik immobilisering (Brady & Weil 1999).

Nedmolding gjør at jordlivet lettere kommer i kontakt med det organiske materialet, samtidig som de beskyttes mot uttørking og høye temperaturer. Det gjør også at frigjorte næringsstoffer lettere tas opp av planterøttene. Lindén et al. (1992) fant at mineraliseringen hovedsakelig foregikk i det øverste jordlaget, og at den i stor grad ble påvirket av klimatiske forhold og innhold av organisk materiale i jorda. Innblanding av organisk materiale i jord fører ofte til en periode med immobilisering av nitrogen, etterfulgt av en mineraliseringsfase (Mary et al. 1996). Store mengder lett nedbrytbart materiale med høyt C/N-forhold forlenger immobiliseringsfasen (Brady & Weil 1999). Tidspunktet for innblanding av plantematerialet vil påvirke dette. Forsøk har vist at nedmolding av lett nedbrytbart materiale om våren er mest gunstig for næringsfrigjøring og avrenning. Ved tilførsel av materiale med høyt C/N-forhold vil nedmolding om våren føre til at nitrogen immobiliseres (Korsæth et al. 2002). Hauggaard-Nielsen et al. (1998) undersøkte hvordan plantevekst og avling i bygg ble påvirket av mengde og kvalitet på det organiske materialet som ble nedmoldet, og hvor mye næring som ble tilgjengelig (figur 4). Resultatene viste at det ble frigitt mest nitrogen fra nitrogenrikt materiale, spesielt det som inneholdt belgvekster. Nitrogenet ble ikke tilgjengelig for plantene før i strekkingsfasen.

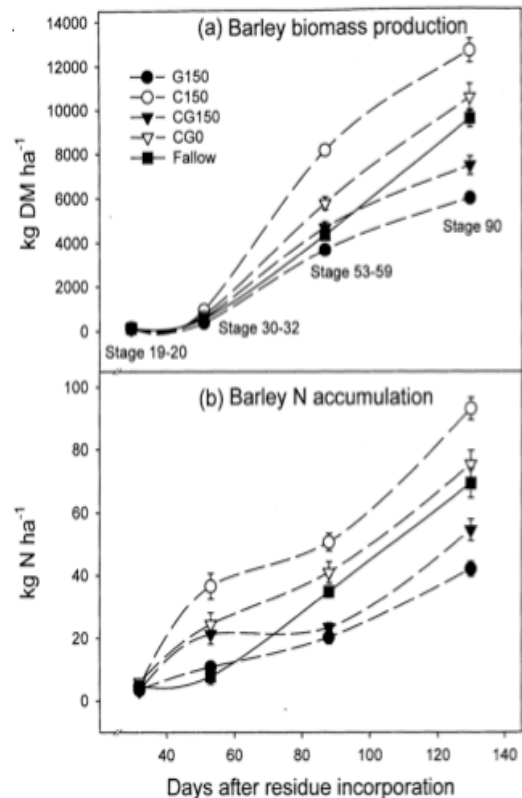
Husdyrgjødsel

Effekten av husdyrgjødsel avhenger av type og mengde gjødsel, samt tidspunkt for gjødsling og nedmolding. Hvor mye nitrogen som er plantetilgjengelig i husdyrgjødsel avhenger hovedsakelig av ammoniuminnholdet (Nesheim 1993), samt hvor mye av det organiske nitrogenet som frigjøres ved mineralisering (Ofosu-Anim & Leitch 2009).

Ofosu-Anim & Leitch (2009) undersøkte hvordan ulike typer husdyrgjødsel (storfe, sau, hest og fjørfe) og kompost egnet seg til produksjon av bygg, sammenlignet med mineralgjødsel. Av de organiske gjødselslagene var det fjørfegjødselen som inneholdt mest nitrogen og fosfor, mens storfegjødsel hadde mest kalium. Alle gjødseltypene gav bedre plantevekst og større avlinger enn det ugjødslete kontrollområdet. Bygg tilført fjørfegjødsel produserte flere buskingsskudd enn det var brukt mineralgjødsel, og det var fjørfegjødselen som fremmet overlevelsen av buskingsskudd best. Fjørfegjødsel og kompost hadde mest mineralisert nitrogen, og alle gjødseltypene mineraliserte mer næring enn plantene tok opp. Det var storfegjødsel som var den best egnede organiske gjødsel til byggdyrking totalt sett. Dette forsøket ble imidlertid gjort i drivhus med høye gjødselmengder (6 tonn/daa), og det er dermed sannsynlig at forholdene ute på jordet vil være annerledes.

Annen organisk gjødsel

Økologisk korndyrking uten bruk av husdyrgjødsel medfører ofte et mer ensidig vekstskifte. Dette er en utfordring, da det i slike dyrkingssystemer er observert lavere avlinger (Doltra et al. 2011), forårsaket av en reduksjon av næringsstoffer i jord (Korsæth & Eltun 2000) og



Figur 4: Utviklingen av biomasseproduksjon (a) og akkumulert nitrogen (b) i bygg, ved ulike tidspunkt etter innblanding av gjødslet raigras (G150), hvitkløver (C150), raigras/hvitkløver (CG150), ugjødslet raigras/hvitkløver (CG0) og brakklegging (Hauggaard-Nielsen et al. 1998).

negativ næringsbalanse (Bakken et al. 2006). Slike systemer er ofte avhengige av å importere gjødsel utenfra (Hansen et al. 2007b).

I følge Kayser et al. (2010) har nedpløying av kortvarig eng stor forgrødeeffekt for økologisk korn, og effekten var mer langvarig enn ved nedpløying av ettårige belgvekstkulturer eller husdyrgjødsel. På husdyrløse gårder er det ofte verken ønskelig eller økonomisk å ha det anbefalte innslaget av eng i vekstskiftet. Derfor er det opprettet en såkalt *Re-modell*, som legger til rette for samarbeid mellom økologiske produsenter med og uten husdyr (Lier 2012, pers.med.).

Nitrogenfiksering er uunnværlig når man ikke har tilgang på husdyrgjødsel (Løes et al. 2007; Sjursen et al. 2012). Symbiose mellom planterøtter og *Rhizobium*-bakterier sørger for at nitrogen fra lufta gjøres plantetilgjengelig. Nitrogenfikserende vekster kan inkluderes i vekstskiftet ved bruk av grønngjødsel, underkultur, eller samdyrking. Forsøk har vist at grønngjødsel kan gi avlingsøkning i bygg (Løes et al. 2011), men det er også observert mindre effekt i påfølgende byggavlinger (Frøseth et al. 2008). Grønngjødsel som blir liggende etter slått eller fermentert og tilbakeført, gir større byggavlinger enn hvis grønngjødslingen fjernes (Frøseth et al. 2012). Løes et al. (2007) undersøkte effekten av grønngjødsel og underkultur på næringsforsyningen i husdyrløse økologiske kornsystemer. De fant at en årlig underkultur av belgvekster var mer fordelaktig enn å dyrke grønngjødsel hvert fjerde år. Selv om det viste seg at begge praksisene tilførte nitrogen til systemet, var ikke mengdene tilstrekkelige til å holde en positiv næringsbalanse. I andre forsøk har bygg dyrket sammen med en underkultur av hvitkløver (*Trifolium repens*) ført til avlingsreduksjon. Hvete (*Triticum aestivum var.aestivum*) dyrket etter et år med bygg og underkultur, gav større avling enn der det ikke var dyrket underkultur (Korsæth et al. 2002).

Det er også mulig å dyrke en nitrogenfikserende vekst, for eksempel ert (*Pisum sativum*), sammen med bygget. Forsøk har vist at bygg tar opp større mengder nitrogen fra jorda i samvekst med ert, noe som igjen stimulerer til nitrogenfiksering i erterøttene. Også opptaket av fosfor, kalium og svovel var større ved samdyrking enn ved dyrking av bygg i renbestand (Hauggaard-Nielsen et al. 2009). Det er også vist at bygg blir mindre angrepet av mjøldogg i samvekst med ert (Brodal et al. 2009). Andre forsøk har derimot ikke kunnet påvise positiv avlingseffekt av slik samdyrking (Halberg & Kristensen 1997).

Fangvekster er også positivt for næringsforsyningen i ensidige kornforløp. I et svensk forsøk ble kløver og raigras dyrket som fangvekst sammen med høstkorn. Det viste seg at bygg dyrket det påfølgende året uten tilført nitrogen gjødsel, gav høyere avlinger der det hadde vært dyrket fangvekst året i forveien. Årsaken var at fangveksten hentet nitrogen fra jorda, hovedsakelig i det øverste jordlaget, samt nitrogenfiksering i kløverrøttene. Forsøket viste også at fangveksten var mest frodig, og bidro mest til påfølgende kornavling, der det ble gjødslet svakt med nitrogen (0-6 kg N/daa) framfor sterkt (12-18 kg N/daa). Dette skyldes trolig bedre forhold for kløveren (Bergkvist et al. 2011). At fangvekster har positiv avlingseffekt, støttes av Doltra et al. (2011) og Olesen et al. (2007), samtidig som det påpekes at effekten er avhengig av tidspunkt for nedmolding.

Betydning av jordstruktur på frigjøring og opptak av næringsstoffer

Frigjøring og opptak av næringsstoffer har nær sammenheng med jordstrukturen, og jordpakking har negativ innvirkning på plantevekst. Først og fremst skyldes dette redusert volum av makroporer, som gir problemer med transport av næringsstoffer (Lipiec & Stepniewski 1995), oksygen og vann, samt større mekanisk motstand i jorda (Børresen 2004). Pakket jord tilbyr således dårlige forhold både for planterøtter (Canbolat et al. 2006) og jordliv (Pommeresche et al. 2007). Som en følge av dette blir næringstilgang og opptak redusert, i form av økt denitrifikasjon og gasstap, utvasking og dårligere mineralisering (Lipiec & Stepniewski 1995). Lavere nitrogenkonsentrasjon i pakket jord er observert av flere, blant annet Arvidsson (1999) og Canbolat et al. (2006).

Bygg regnes som spesielt ømfintlig for jordpakking, og Kristoffersen & Riley (2005) påviste svært redusert rotlengde for bygg dyrket i jord med høy pakkingsgrad, sammenlignet med løsere jord. Forsøket viste også at det var størst reduksjon i mengden fine røtter. Redusert rotlengde som følge av jordpakking er også rapportert av Bingham et al. (2010). Dette er negativt for næringsopptaket, og Reintam et al. (2009) observerte en nedgang i både antall skudd, biomasse og avling hos bygg dyrket i pakket jord.

1.3.2 Ugraskonkurranse

Ugras er uønskede planter som har avlingsreducerende effekt på grunn av konkurranse med kulturveksten om lys, vann, næring og plass. Ugras kan også forurense avlinga, vanskeliggjøre tresking (Mangerud & Brandsæter 2009), eller overføre sykdommer (Eyre et al. 2011). I økologisk landbruk har man ikke mulighet til å benytte herbicider.

Ugraskontrollen er derfor basert på forebyggende prinsipper (Barberi 2002), og innebærer bruk av vekstskifte, jordarbeiding og et godt dyrkingssystem som gir sterke kulturplanter. Dette krever langsiktig planlegging for å unngå store ugrasproblemer (Mangerud & Brandsæter 2009).

Det er observert større ugrasbiomasse i økologiske vekstskifter enn i konvensjonelle (Wortman et al. 2010). Eyre et al. (2011) fant at de høyeste ugrasmengdene forekom i vekstskifter som var dominert av åkerkulturer, og at det var mest ugras i bygg når foregående vekster var ettårige kulturer. Bergström et al. (2008a) observerte en økning i ugrasfloraen i takt med antall år med økologisk dyrking, og rotugraset ble mer dominerende etter hvert som årene gikk. Ugrasfloraen er også vist å være mer mangfoldig i fravær av herbicider (Doll 1997; Salonen et al. 2001). I følge Barstad (2006) vil ugrasfloraen i vårkorn være dominert av arter med tilnærmet samme livssyklus som kulturplanten, og derfor er det sommerettårige frøugras som dominerer. Salonen et al. (2001) fant 126 forskjellige ugrasarter da de undersøkte ugrasfloraen i økologisk kornåker i Finland. De dominerende artene var meldestokk (*Chenopodium album*), kveke (*Elymus repens*), linbendel (*Spergula arvensis*), vassarve (*Stellaria media*) og åkerstemor (*Viola arvensis*). Skadeterskelen for frøugras i en kornåker er satt til 200 planter/m² (Fykse 1991).

Det er imidlertid rotugras som er den største utfordringen i økologisk korndyrking (Salonen et al. 2001). Dette gjelder spesielt flerårige vandrende arter som er tolerante for jordarbeiding, og som formerer seg med rotutløpere (Mangerud & Brandsæter 2009). Kveke er av flere rangert som det mest brysomme ugraset (Abrahamsen 2006; Salonen et al. 2001), men også åkertistel (*Cirsium arvense*) og åkerdylle (*Sonchus arvensis*) er problematiske ugras i en kornåker (Barstad 2006).

Et av de viktigste forebyggende tiltakene mot ugras er en sterk kulturplante med stor konkurransevne. Korn har middels konkurransevne mot ugras, der havre (*Avena sativa*) er antatt å konkurrere best, og hvete dårligst. Ved økologisk dyrking er bygg antatt å konkurrere dårligst, siden liten næringstilgang gir en glissen plantebestand med dårlig dekkeevne (Mangerud & Brandsæter 2009). Sjursen et al. (2012) undersøkte om underkultur og grønn gjødsel hadde ugrasregulerende effekt, i tillegg til at de tilførte næring til kornet. I de tilfellene det ble benyttet belgvekster økte ugrasforekomsten betraktelig, og det antas at ugraset ble gjødslet i stedet for å bli undertrykt. Raigras reduserte derimot ugrasforekomsten.

Mekanisk ugrasbekjempelse er viktig ved økologisk korndyrking. Frøugras bekjempes med ugrasharving når ugraset er på frøbladstadiet, og det er påvist at dette kan redusere ugraset med opp til 80 % (Mangerud 2005). Ugrasharving har dårligere effekt på frøugras som spirer fra store frø, større jorddybde, eller som har et kraftig rotsystem (Mangerud & Brandsæter 2009). Ugrasharva både river opp og dekker over ugrasplantene, og for best effekt må det harves når kornet er sterkt og ugraset svakt. Kornet har kompensasjonspunktet sitt på 2-bladstadiet, og er da kornplanta er på sitt svakeste fordi frønæringen er oppbrukt og rotveksten fortsatt er liten. Det bør ikke harves på dette tidspunktet. Harving før spiring (blindharving) og harving på 3-4-bladstadiet er best for kornet. Effekten av ugrasharving avhenger blant annet av jordart, fuktighet i jorda, harvedybde, kjørehastighet og utviklingsstadium på korn- og ugrasplantene (Mangerud & Brandsæter 2009). Kornartene har ulik evne til å restituere seg etter ugrasharving, og toleransen hos artene, rangert fra høyest til lavest, er rug (*Secale cereale*), hvete, bygg, havre (Rasmussen et al. 2009). Om ugrasharving er økonomisk lønnsomt avhenger av mengden ugras i forhold til korn, da ugrasharva har forholdsvis dårlig selektivitet. Ugrasharving der det er lite ugras gir større avlingsreduksjon som følge av skade på kornet, enn på grunn av konkurranse med ugraset (Mangerud & Brandsæter 2009).

Rotugraset bekjempes med jordarbeiding. Ulike former for harving, som river løs og kutter opp røttene har god effekt. Kveke og åkerdylle har mesteparten av rotnett i de øverste 15 cm av jorda, mens åkertistel kan ha røtter helt ned til 2 m dyp. For å tyne plantene mest mulig, er det viktig å jordarbeide når ugrasplantene er på kompensasjonsstadiet, og at rotbitene spirer etter harving. Røttene til åkerdylle utvikler dormans om høsten, og oppkutting da vil ikke ha noen effekt. For kveke og åkertistel har harving om høsten god virkning (Barstad 2006). Harvingen bør avsluttes med dyp pløying (Brandsæter et al. 2011), siden små rotbiter som begraves dypt, ikke har opplagsnæring til å vokse opp til overflaten igjen (Barstad 2006).

1.3.3 Sykdommer og skadedyr

I følge Brodal et al. (2009) er bygg mottakelig for mange av sykdomsorganismene som angriper korn i Norge. Mange av disse er bladsykdommer som reduserer bladarealet, og gir dermed redusert fotosyntese. Dette er utslagsgivende for avlinga, da assimilater er opphav til 95 % av plantas tørrstoff (Strand 1984). Uten mulighet til å benytte plantevernmidler, er kunnskap om skadegjørers livsstrategi og sårbare punkter viktig for å kunne iverksette forebyggende tiltak.

Byggbrunfleck (*Pyrenophora teres*)

Byggbrunfleck er en verdensomspennende plantesykdom som har økt i omfang siden 1960-tallet, hovedsakelig på grunn av intensiv jordbruksdrift, redusert jordarbeiding og ensidig byggdyrking (McLean et al. 2009). Sykdommen forårsaker betydelige tap (Agrios 2005), og tidlige angrep i nedbørsrike år kan gi opp til 40 % avlingsreduksjon, hovedsakelig på grunn av redusert kornvekt (Mathre 1992). Bygg er den viktigste vertsplanta, men andre arter i grasfamilien kan også angripes, da uten at det blir større skader (Brodal et al. 2009). Sykdommen forårsakes av sekksporesoppen *Pyrenophora teres* Drechsler, og finnes i de to formene *Pyrenophora teres f.teres* (nettflekk) og *Pyrenophora teres f.maculata* (ovalfleck). Fordi de er morfologisk identiske og har tilnærmet like livssykluser, beskrives de to formene vanligvis under ett (McLean et al. 2009).

Pyrenophora teres overvintrer på halmstubb og planterester (Brodal et al. 2009). Dette skjer som ascosporer (Liu et al. 2011). Det er kun *Pyrenophora teres f.teres* som kan overføres med såkorn (McLean et al. 2009). Soppen overlever da som mycel i smittede korn. Om våren utgjør modne ascosporer primært inokulum, som spres med vinden og forårsaker tidlige angrep (Liu et al. 2011). Videre utover i sesongen lever soppen som mycel (Agrios 2005), og produserer sekundært inokulum. Dette skjer med det ukjønnete stadiet *Drechslera teres* [Sacc.] Shoem, som produserer konidier. Disse spres videre med vind og regnsprut (Liu et al. 2011). *Pyrenophora teres* utvikles raskt i kjølig (Hofsvang & Sundheim 1990) og fuktig vær, og konidiene er avhengig av vannfilm på bladene for spiring og infeksjon (Brodal et al. 2009). Mot slutten av vekstsesongen dannes nye ascosporer, og soppen er igjen klar til å møte vinteren.

Symptomer kan sees både på blader, stengel og korn (Liu et al. 2011). På blader vil symptomene først vises som enkeltstående, små nekrotiske prikker rundt infeksjonsstedet. Videre vil *Pyrenophora teres f.teres* gi nettmønstrete lesjoner (McLean et al. 2009) med gule kantsoner på kryss og tvers av bladet (Hofsvang & Sundheim 1990). *Pyrenophora teres f.maculata* gir større flekker (McLean et al. 2009), og kan forveksles med bipolaris (*Bipolaris sorokina*) og spraglefleck (*Ramularia collo-cygni*) (Brodal et al. 2009). Stammer smitten fra såfrøet vil symptomene vise seg som brune striper på koleoptilen (Hofsvang & Sundheim 1990), eller brune flekker med gul randsone på de første varige bladene. Angrepne aks får brune agner (Brodal et al. 2009), mens overlevelsesstadiet sees som mørke flekker på halm og stubb (Liu et al. 2011).

Brodal et al. (2009) anbefaler et toårig vekstskifte, og dette vil redusere smittereservoaret på planterester (Hofsvang & Sundheim 1990). Det er også viktig med tiltak som fjerner planterester, for eksempel pløying. Valg av resistente sorter er en viktig forhåndsregel (Hofsvang & Sundheim 1990). Det samme er bruk av friskt såkorn (Brodal et al. 2009), da smitte fra *Pyrenophora teres* er vanlig i såkorn av bygg. Smittet såkorn kan behandles med Cedomon® eller ThermoSeed® (Brodal & Henriksen 2009). Det er vist i forsøk at jord med høyt innhold av organisk materiale reduserer primærangrep av byggbrunflekk fra såkorn. Effekten tilskrives stimulering av biologisk aktivitet i jorda (Henriksen et al. 2008).

Grå øyeflekk (*Rhynchosporium secalis*)

Grå øyeflekk er en utbredt sykdom i bygg (Hofsvang & Sundheim 1990), og fører til store tap fordi bladarealet reduseres, planta tvangsmodnes, og kornfyllinga blir dårlig. Foruten bygg angripes flere andre grasarter, men det er ikke kjent at soppen overføres mellom artene (Brodal et al. 2009). Sykdommen forårsakes av konidiesoppen *Rhynchosporium secalis* (Oud.) Davis (Hofsvang & Sundheim 1990), som trives best i fuktig og kjølig klima, og kan gi avlingstap på 40 % (Zhan et al. 2008).

Rhynchosporium secalis overvintrer på infisert plantemateriale eller i såkorn. Om våren dannes det konidier, som smitter de spirende byggplantene. Nye konidier dannes så i det infiserte bladverket, og videre spredning herfra skjer med regnsprut (Brodal et al. 2009). Grå øyeflekk er en polysyklisk sykdom med lang inkubasjonstid (Zhan et al. 2008), og Brodal et al. (2009) opplyser at denne vanligvis er på om lag to uker. Det kan derfor bli gjennomført flere livssykluser uten synlige symptomer på plantene (Zhan et al. 2008). *Rhynchosporium secalis* er avhengig av fuktighet på blad for at konidiene skal spire og infisere nytt bladverk, og optimal temperatur for dette er 15-20 °C (Mathre 1992). Angrepene kommer ofte først i overgangen mellom blad og bladslire, og vises som ovale, blågrønne flekker (Brodal et al. 2009). Når bladvevet tørker blir flekkene grå med mørkebrun kant (Hofsvang & Sundheim 1990). Flekkene kan danne sammenhengende felt, og kan bidra til at hele bladet visner. Smittede aks utvikler små flekker i snerpfestet (Brodal et al. 2009).

Siden soppen overlever på planterester, anbefales et toårig vekstskifte (Hofsvang & Sundheim 1990). (Mathre 1992) opplyser at soppen overlever lettere på plantemateriale over bakken. Derfor vil pløying (Elen 2003) og andre tiltak som fjerner planterester vært fordelaktig. Det er også mulig å velge sorter med god resistens (Brodal et al. 2009), og 2-radssorter har bedre

motstand mot sykdommen enn 6-radssorter (Hofsvang & Sundheim 1990). Zhan (2008) påpeker at *Rhynchosporium secalis* er et mangfoldig patogen, der populasjoner raskt tilpasser seg nye omgivelser. Resistens vil dermed fort kunne brytes.

Mjølddogg (*Blumeria graminis*)

Mjølddogg er en svært utbredt plantesykdom på verdensbasis (Agrios 2005). Alle kornartene angripes, men sykdommen er artsspesifikk, og smitter således ikke mellom bygg og de andre kornartene. Mjølddogg i bygg forårsakes av sekksporesoppen *Blumeria graminis* f.sp.*hordei* (Mathre 1992). Soppen trives best i varmt og tørt vær, og langvarige nedbørsperioder vil hemme utviklingen (Hofsvang & Sundheim 1990). Angrep reduserer plantas fotosyntese, og øker respirasjonen. Dette fører til lavere kornvekt og proteininnhold i kornet (Mathre 1992). Plantas flaggbad må være angrepet før blomstring for at det skal være fare for betydelig avlingsreduksjon (Brodal et al. 2009).

Soppen overlever som sporer eller mycel på levende plantevev. Det er konidier som er det primære inokulumet, og disse kan produseres i stort antall, og spres langt med vinden. I motsetning til hos mange andre sopper, er ikke konidiene til mjølddogg avhengig av fritt vann for spiring og infeksjon (Mathre 1992). Det dannes også et kjønn stadium sent i vekstsesongen (Brodal et al. 2009). Symptomer vises som lodne, hvite mycelputer på alle plantedeler, og vokser kun som et overflatisk belegg. Ved gunstige forhold vil mycelet danne store sammenhengende områder, og fruktlegemer vises som svarte prikker senere i sesongen. Infisert bladverk blir ofte grått eller gult (Mathre 1992).

Bruk av resistente sorter anses som et viktig tiltak mot mjølddogg (Brodal et al. 2009; Mathre 1992). Utover dette vil tidlig såing og moderat nitrogen gjødsling være fordelaktig (Hofsvang & Sundheim 1990), da plantene er mest sårbare i perioder med rask vekst (Mathre 1992).

Aksfusariose (*Fusarium* spp.)

Aksfusariose er en verdensomspennende sykdom som kan forårsake store avlingstap (Agrios 2005). I Norge er det havre som angripes sterkest (Brodal et al. 2009), men sykdommen forekommer også i bygg (Tekauz et al. 2000). Avlinga reduseres ved at blomsteranlegg blir sterile, og kornene blir lette eller skrumpne (Mathre 1992). Angrep kan også gi såkorn med dårlig spireevne (Brodal et al. 2009).

Sykdommer forårsaket av sopper i slekten *Fusarium* spp. har kommet i søkelyset de senere årene, siden de produserer mykotoksiner. Disse soppgiftene lagres i kornet, og har en rekke negative helseeffekter hos folk og husdyr, blant annet fordøyelses- og immunforstyrrelser, ødemer og reproduksjonsproblemer (Binder 2007). Enmagede dyr er mer ømfintlige enn drøvtyggere, som bryter ned mykotoksinene i vomma (Eriksen & Pettersson 2004). De vanligste mykotoksinene produsert av *Fusarium* er trichotesener (for eksempel deoxynivalenol (DON) og T-2) og zeralenon (Binder 2007).

Soppen overlever i såkorn og saprofyttisk på planterester. Infisert såkorn dreper kimen ved spiring eller smitter frøplanta, men er ikke årsaken til aksfusariose senere i sesongen (Brodal et al. 2009). Hovedsmitten stammer fra konidiesporer produsert på infisert plantemateriale, som spres oppover planta med regnsprut. Sporer kan også spres over lange avstander med vinden. Kornakset er mest mottagelig for smitte i blomstringsfasen, og som for mange andre sopper er sporespredning og infeksjon avhengig av fuktighet. Soppene har også et kjønn stadium som produserer askosporer (Osborne & Stein 2007). Det er ikke gitt at angrepne aks utvikler symptomer, men sterkt orangerfarget sporeklumper er et karakteristisk kjennetegn. Brune agner eller grårosa mycel forekommer også (Brodal et al. 2009), samt bleke korn. Tidlig angrep gir små aks, og innmaten i kornet kan bli misfarget. Inkubasjonstiden under gunstig klima er tre dager (Mathre 1992).

Fusarium har mange vertsplanter, men eng, ertre og oljevekster virker sanerende på arter som angriper korn. Alle tiltak som fjerner eller begraver planterester er positive. Det gjelder også tiltak som forhindrer fuktig mikroklima i plantebestanden eller legde, samt tiltak som fremmer tidlig høsting (Hofgaard et al. 2011). I følge Brodal et al. (2009) er økologisk korn mindre utsatt for mykotoksiner på grunn av mer pløying, vekstskifte og større biologisk mangfold. Resistente sorter ligger enda noe fram i tid (Hofgaard et al. 2012).

Havrebladminérflue (*Chromatomyia fuscua*)

Havrebladminérflue har en rekke vertsplanter i grasfamilien (Hofsvang & Sundheim 1990), og av kornartene er bygg den viktigste vertsplanta. Angrep reduserer bladarealet, og dermed også fotosyntesen. Ved store angrep kan opp til 60 % av bladmassen forsvinne (Hofsvang & Sundheim 1990), og avlingstapet kan komme opp i 100 kg/daa (Andersen & Meadow 2009).

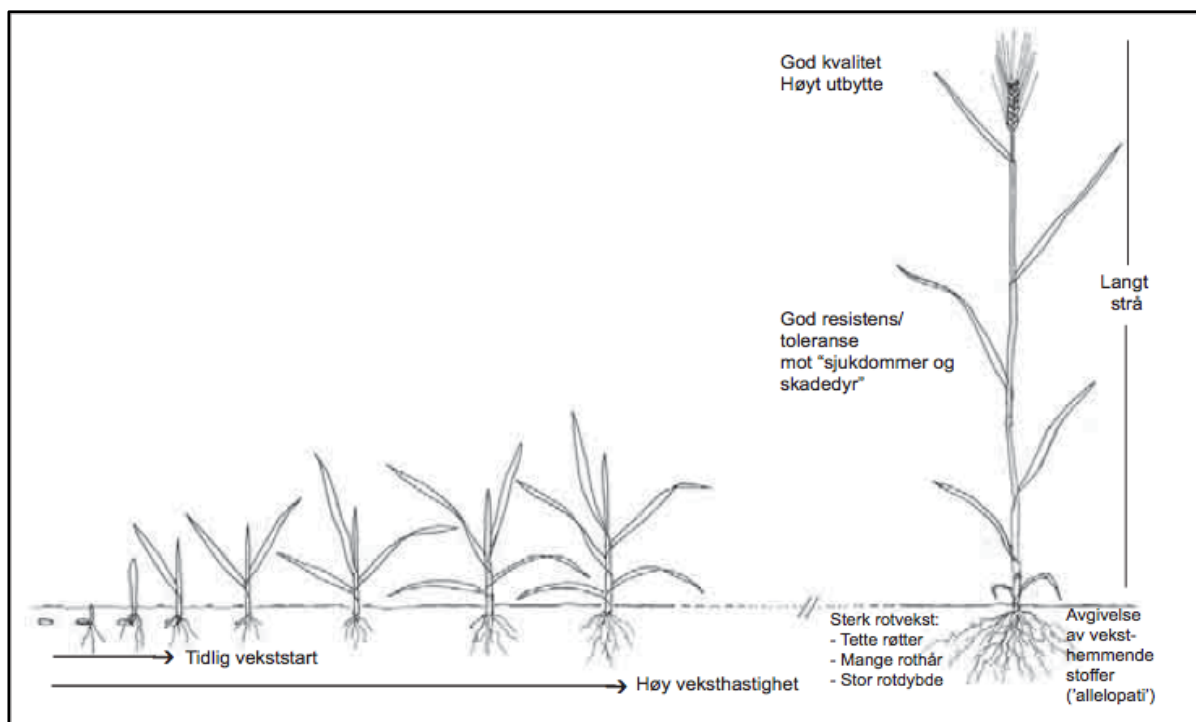
Havrebladminérflua overvintrer som voksne individer utenfor åkeren, og forflytter seg inn i åkeren i slutten av mai (Hofsvang & Sundheim 1990). Reproduksjonen skjer ved egglegging

inne i kornbladene i løpet av forsommeren. Larver klekkes etter en uke, og forblir i dette stadiet i omtrent to uker mens de beiter på bladene. Larvestadiet etterfølges av et to til tre uker langt puppestadium (Andersen & Meadow 2009). Minérflua har kun én syklus i året (Hågvar et al. 2000), og denne fullføres på cirka halvannen måned (Hofsvang & Sundheim 1990). På sensommeren flyr de voksne individene ut av åkeren (Andersen & Meadow 2009). Andersen & Fugleberg (1997) observerte at havrebladminérflua har et temperaturkrav på 400 d° over 3 °C for å fullføre livssyklusen fra egg til voksen flue. Forsøket viste også at utviklingshastigheten var raskest ved høye temperaturer, men det var overraskende hurtig utvikling også ved lave temperaturer. Hunnflua lager karakteristiske hvite næringsstikk i bladene ved hjelp av eggleggingsbrodden i tiden rundt kornets buskingsstadium. Larvene lager miner langs bladnervene i retning bladfestet, men aldri ned i bladsliren (Andersen & Meadow 2009). I den hvite minen kan det etter hvert sees svarte ekskrementprikker, og når larven forpupes blir også den svart (Andersen & Meadow 2009). Skadeterskelen er satt til mer enn 1/3 minert bladareal på nedre blader, samt næringsstikk på øvre blader når flaggbladet kommer til syne.

Det er få forebyggende tiltak mot havrebladminérflue foruten god og rask plantevekst, slik at plantene klarer å vokse fra angrepet. Siden skadepotensialet er størst ved angrep på flaggbladet, vil dyrking av 2-radsbygg være en fordel, da flaggbladet er mindre enn hos 6-radsbygg (Andersen & Meadow 2009). Havrebladminérflua har også flere naturlige fiender. Disse parasitoidene er tilstedeværende over en lengre periode enn verten, og tar ikke skade av innhøsting (Hågvar et al. 2000). Det er også observert at minérflua er vanligst ved høstpløying (Andersen 1999).

1.4 Viktige sortsegenskaper i bygg til økologisk dyrking

En egnet økologisk sort bør inneha en rekke positive dyrkingsegenskaper (figur 5). Generelt kan man si at en egnet sort har god konkurranseevne mot ugras og egenskaper som fremmer opptak og utnyttelse av næringsstoffer (Østergård et al. 2008). Videre er det også viktig med stresstoleranse (Newton et al. 2011b), slik at sorten yter også i varierende dyrkingsomgivelser. Sykdomsresistens er en viktig egenskap i så måte.



Figur 5: Illustrasjon av de viktigste egenskapene hos en økologisk byggsort. Tegning av H. Karlsten, i Mangerud & Brandsæter (2009, s.52).

1.4.1 Konkurranssevne mot ugras

Konkurranssevne mot ugras beskrives av flere som en viktig sortsegenskap (Barberi 2002; Bertholdsson 2005; Murphy et al. 2007), og utgjøres av morfologiske egenskaper, egenskaper for næringsopptak og næringsutnyttelse, stresstoleranse og kjemiske forsvarsmekanismer (Askegaard et al. 2011b; Hansen et al. 2008; Olofsdotter et al. 2002; Wolfe et al. 2008). Konkurranssevnen til ei byggplante påvirkes av mange faktorer, og gjør denne egenskapen svært sammensatt (Didon & Bostrøm 2003).

Valg av riktig sort er en viktig faktor for å lykkes i ugraskampen (Seavers & Wright 1999). I følge Mangerud & Brandsæter (2009) er det lite tilgjengelig kunnskap om norske sorters konkurranseegenskaper, mens det i andre land er påvist at konkurranseevnen varierer med sort (Bertholdsson 2005; Christensen 1995; Doll 1997). Etter å ha undersøkt ugrasbiomasse i konkurransesterke- og svake sorter, fant Doll (1997) at ugrasmengden varierte i samsvar med sortenes konkurranseevne. Christensen (1995) observerte en halvering av ugrasmengden i konkurransesterke byggsorter. Hansen et al. (2008) registrerte at de mest konkurransesterke sortene var gamle sorter, etter å ha undersøkt ulike konkurranseegenskaper i 79 byggsorter.

Sammenhengen mellom en sorts konkurranseevne og ugrasharving etter spiring av kornet i forhold til avling, er undersøkt i 14 ulike byggsorter. Det kom fram at høytytende sorter med langt strå og stort bladareal tolererte ugrasharving dårligere enn lavere sorter med mindre bladareal. Dette tyder på at man ved å velge sorter med morfologisk gunstige egenskaper kan tape denne fordelene ved ugrasharving. Likevel var det sortene som var mest sensitive for ugrasharving som gav størst avlinger (Rasmussen et al. 2004). Motstridende til dette fant Hansen et al. (2007a) at konkurranseevnen til byggsorter ikke ble påvirket av ugrasharving. Dette dreide seg imidlertid om harving både før og etter spiring av kornet, og kun fire sorter ble undersøkt.

Tidlig vitalitet og veksthastighet

Tidlig og rask vekst er viktig for konkurranseevnen (Barberi 2002), men også for næringsopptak og motstand mot jordoverførte sykdommer (Wolfe et al. 2008). Såkornkvalitet er vist å ha betydning for tidlig vitalitet. I forsøk har økologisk såkorn spirt senere enn konvensjonelt såkorn, selv om de ble dyrket på samme sted og såkornet var av samme byggsort (Kristensen 2003). I nærvær av ugras har enkelte byggsorter økt framspiringshastigheten, og det antas at dette skyldes en reaksjon på stoffer som skilles ut fra ugrasfrøet (Didon 2002). Tidlig vitalitet, og rask utvikling av et stort bladareal er også viktig for høy assimilationsproduksjon (Mäkelä et al. 2008).

Dekkeevne

Plantetetthet har stor innvirkning på dekkeevne og ugrasbiomasse, og rask etablering av et plantedekke er en viktig egenskap. I et svensk forsøk (Doll 1997) gav en reduksjon fra normal plantetetthet (350 frø/m²) til halv eller kvart tetthet, to til fem ganger økt ugrastørstoff ved høsting. Det ble ikke funnet forskjeller mellom gamle og nye sorter i dekkeevne, men det ble slått fast at plantetetthet var mer avgjørende for ugraskonkurransen enn for avlingsnivået. Dette er også vist i andre forsøk (Doll et al. 1995; Pilipavicius et al. 2011). I følge Reitan (1997) er det bedre veksthastighet og dekkeevne på moderne sorter i forhold til gamle. Dekkeevnen varierer også mellom 2- og 6-rads bygg, og 6-radsbygget er kjent for å ha bedre dekkeevne mot ugras enn 2-rads bygget (Strand 1984). Å øke såmengden som et ledd i å øke ugraskonkurransen anbefales av flere (O'donovan et al. 2000; Pilipavicius et al. 2011; Scursoni & Satorre 2005). Kolb et al. (2010) observerte imidlertid at uniform såing av kornplanter og økt såmengde gav dårligere ugraskonkurranse enn bredere sårader kombinert med radrensing. Ulempen er at radrensing i korn er en arbeidskrevende prosess.

En sort med god dekkeevne vil slippe mindre lys ned i plantebestanden. Lanning et al. (1997) undersøkte hvordan mengden fotosyntetisk aktivt lys i bunnen av plantebestanden varierte i ulike byggsorter, og fant at byggsortene hadde ulike evne til å slippe ned lys. Det viste seg at de mest konkurransedyktige byggsortene var de som slapp minst lys ned i plantebestanden i buskings- og strekningsfasen. Dette samsvarer med Didon & Bostrøm (2003), som observerte at konkurransesvake byggsorter hadde mest glissen plantebestand, noe som førte til høy lystransmisjon og dermed størst ugrasvekst.

Bladareal og bladvinkel påvirker en sorts dekkeevne. I følge Seavers & Wright (1995) har korte, bladrike byggsorter større konkurranseevne enn høye sorter. Didon (2002) observerte derimot at lengdevekst var en bedre konkurranseegenskap enn bladareal, når ugraset var høytvoksende. Det viste seg også at den mest konkurransesterke sorten hadde opprett bladverk.

Plantehøyde

Strå lengde er en viktig sortsegenskap (Hansen et al. 2008), mens stråstyrke regnes derimot ikke som noen vital egenskap, fordi faren for legde ved økologisk dyrking er relativt liten (Frøseth 2006). Doll et al. (1995) observerte at bygg hadde større konkurranseevne enn hvete, og tilskriver noe av effekten at byggplantene (80 cm) var høyere enn hvetepantene (60 cm). Etter at avlingspotensialet til 52 byggsorter var undersøkt under ulike dyrkingsforhold, viste det seg at det var sortene med lengst strå som gav størst avling i konkurranse med ugras (Østergård et al. 2008). Dette sammenfaller også med Didon (2002) sine resultater, som i tillegg framhever at det er positivt at de to første internodiene som strekkes er lange, at hovedskuddet er langt i buskingsfasen, og at strekkingsveksten begynner tidlig. Også Seavers & Wright (1995) fant at konkurranseevnen var større hos sorter som tidlig utviklet et langt strå, enn sorter som utviklet et langt strå senere. De observerte dessuten at plantene var høyere når de vokste sammen med ugras enn når de vokste alene. I en studie av O'donovan et al. (2000) var høye planter mest konkurransedyktige, men de gav lavest avlinger. Langt strå kan også være gunstig i forhold til sykdomssmitte, og Rasmussen et al. (2004) observerte mindre mjøldoggutbrudd i sorter med langt strå.

Allelopati

Allelopati er en viktig konkurranseegenskap mot ugras (Bertholdsson 2004), og det er påvist at bygg har allelopatiske egenskaper (Baghestani et al. 1999; Ben-Hammouda et al. 2002).

Baghestani et al. (1999) har påvist at det er forskjell i konsentrasjonene av allelokjemikalier mellom konkurransesterke- og svake sorter, og noen av stoffene bare er tilstede i konkurransesterke sorter. Et rasktvoksende og vitalt rotsystem kan skille ut mer allelokjemikalier (Bertholdsson 2005), men det har ikke vært mulig å påvise en sammenheng mellom rotvekst og allelopatiske evner i forsøk (Bertholdsson 2004).

1.4.2 Næringstilgang

Siden næringstilførselen ofte er utilstrekkelig i økologisk kornproduksjon, vil egenskaper som fremmer næringsopptak og utnytting være positivt (Askegaard et al. 2011b).

Rotegenskaper

God rotvekst er viktig for plantas evne til å konkurrere om vann, næring og plass (Bertholdsson 2005). Rota er også plantas festeorgan (Hopkins & Hüner 2009). Stor rotoverflate er en fordelaktig egenskap, spesielt ved næringsfattige forhold og opptak av immobile næringsstoffer som fosfor (Løes & Gahoonia 2004). Sorter med stort rotsystem har også større evne til å ta opp nitrogen (Berry et al. 2002). Det ble ikke påvist sikre sortsforskjeller i rotlengde i en studie av 35 gamle og nye byggsorter fra Norge og Sverige (Løes & Gahoonia 2004).

Lengden på rothårene er avgjørende for hvor stort jordvolum røttene kan infiltrere. Gahoonia & Nielsen (2004) undersøkte om det var avlingsforskjeller mellom byggsorter med korte og lange rothår, dyrket i fosforfattig jord. Resultatene viste at sortene med lange rothår gav høye avlinger i jord med både høy og lav fosforstatus, mens sortene med korte rothår kun gav høye avlinger der jorda inneholdt mye fosfor. I tillegg til størrelsen på rotsystemet, er også rottybden viktig for næringsopptaket. Selv om det har blitt påvist sortsforskjeller i bygg når det gjelder rottybde, var det ingen av sortene som klarte seg bedre under næringsfattige forhold enn andre (Askegaard et al. 2011b).

Nitrogenforbrukseffektivitet

Nitrogenforbrukseffektivitet består av plantas evne til å ta opp nitrogen og forbruke det effektivt, og ansees som en viktig sortsegenskap (Le Gouis et al. 1999). Dette gjelder særlig i økologisk landbruk, der ulike dyrkingsregimer gir stor variasjon i næringstilgangen (Dawson et al. 2008). Høy nitrogenforbrukseffektivitet er ønskelig for å bidra til økte avlinger der

nitrogen tilgangen er begrenset. Under forhold med lite nitrogen er nitrogenopptaket viktigere enn nitrogenutnyttelsen (Muurinen et al. 2006).

Det er påvist forskjeller mellom byggsorter i evnen til å ta opp og utnytte nitrogen (Anbessa et al. 2009; Askegaard et al. 2011b; Le Gouis et al. 1999). Muurinen et al. (2006) fant forskjeller i nitrogenforbrukseffektivitet mellom gamle landsorter, men ikke mellom moderne byggsorter. Muurinen et al. (2007) fant at lavtytende byggsorter med langt strå hadde lavere nitrogenopptak og utnyttet nitrogenet mindre effektivt. Anbessa et al. (2009) observerte at 6-radsbygg tenderte til å ha mindre avlingsreduksjon ved lav nitrogenmengde enn 2-radsbygg, mens Le Gouis et al. (1999) fant ingen skilnader mellom 2- og 6-radsbygg i nitrogenforbrukseffektivitet.

Ifølge Dawson et al. (2008) er det to muligheter for å bedre nitrogenforbrukseffektiviteten. Den første er å sørge for at fotosyntesen opprettholdes under nitrogenfattige forhold. Det andre alternativet er å tilpasse plantematerialet, slik at næringsopptaket skjer når nitrogenet er tilgjengelig. Nitrogenforbrukseffektiviteten kan også økes ved å bedre samspillet mellom kulturplante og jordlivet, for eksempel arbuskulær mychorriza (Fess et al. 2011) eller plantevekstfremmende rhizosfærebakterier (Richardson et al. 2009).

1.4.3 Sykdomsresistens

Sykdomsresistens har alltid vært en del av planteforedlinga i moderne tid. Østergård et al. (2008) påpeker at sykdomsresistens er svært avgjørende for byggavlinga ved økologisk dyrking. I bygg er resistens mot byggbrunfleck, grå øyefleck og mjøldogg viktig. Generelt har sene byggsorter bedre sykdomsresistens enn tidlige sorter (Åssveen et al. 2012a). Tidlige sorter har imidlertid en fordel ved at de kan unngå sykdom på grunn av tidligere modning (Barstad 2006).

1.4.4 Råvarekvalitet

Økologisk bygg brukes i all hovedsak som bestanddel i kraftfôr (Newton et al. 2011b), og er en viktig energi- og proteinkilde til både drøvtyggere og enmagede produksjonsdyr. Energiinnholdet avhenger av stivelsesinnholdet i endospermen og fiberinnholdet. Stivelse er den viktigste energikilden, og det er ønskelig med et høyt innhold til alle dyreslag. For drøvtyggere er bygg i tillegg en viktig fiberkilde (Bhatty 1993), og uløselig fiber gjøres

tilgjengelig under den mikrobielle omsetningen i vomma. Til svin og fjørfe er det ikke ønskelig med et høyt innhold av uløselig fiber. Innholdet av uløselig fiber bestemmes av skallfraksjonen, og eventuell avskalling av byggkornene (Edwardsen & Ormstad 2000). Bruk av nakne byggsorter vil senke innholdet av uløselig fiber. Hos enmagede dyr gir β -glukan høy viskositet i tarm og nedsatt fordøyelse av stivelse, noe som ikke er ønskelig (Bhatty 1993).

Høyt proteininnhold er ønskelig i bygg til fôr, men er ikke nødvendigvis entydig positivt med tanke på den ernæringsmessige kvaliteten. Proteinverdien til bygg avhenger av aminosyresammensetningen (Delcour & Hosney 2010). Aminosyresammensetningen varierer mellom ulike proteintyper. Proteintypene albuminer og globuliner har høyere biologisk verdi enn lagerproteinene hordein og hordenin. Innholdet av albuminer og globuliner synker med økende proteininnhold i kornet (Delcour & Hosney 2010). Det er lysin som er den første begrensende aminosyren i bygg. Protein- og lysininnhold er negativt korrelert, det vil si at et økt proteininnhold gir mindre lysin i kornet (Edwardsen & Ormstad 2000). Lavt innhold av lysin i bygg er spesielt begrensende for næringsverdien til svin (Shewry 1993). Det er fjørfe som utnytter proteinene best, og drøvtyggere dårligst. 6-radsbygg har generelt høyere proteininnhold enn 2-radsbygg (Edwardsen & Ormstad 2000).

1.4.5 Sortsblandinger

Sortsblandinger er et aktuelt alternativ til å dyrke sorter i renbestand, da dette kan øke diversiteten i kornåkeren, og dermed bidra til positivt samspill mellom korn og miljø (Kiær et al. 2009). En slik kombinasjon av ulike egenskaper kan gi høyere og mer stabile avlinger (Wolfe et al. 2008), men i følge Kiær et al. (2009) kan det være vanskelig å forutsi effekten av blandinger. Analyser av resultater fra mange sortsblandingsforsøk viste at effekten av sortsblandingen økte der det var stor variasjon i sykdomsresistens, konkurranseegenskaper og avlingsnivå mellom sortene. I forsøk utført av Askegaard et al. (2011b) gav sortsblandinger vel så høye avlinger som sorter dyrket i renbestand, samt lavere sykdomsangrep. De fremhever derfor sortsblandinger som et robust alternativ.

1.5 Tilgang på egnet sortsmateriale

Bygg er en av verdens eldste kulturplanter (Newman & Newman 2006), og Norges eldste (Mikkelsen 1979). Opprinnelsen til bygg er ikke fullstendig kjent, og både området kalt ”den fruktbare halvmåne” i Midtøsten (Hay & Porter 2006; Newton et al. 2011a), Tibet (Breirem 1979), Eritrea/Etiopia (Dieseth & Uhlen 1998) og Marokko (Molina-Cano et al. 1999) er foreslått som byggets gensenter. Det er også framlagt en teori om at opphavet er multisentrisk (Molina-Cano et al. 1999). Det er påvist at 6-radsbygget er utviklet fra former av 2-radsbygg, og har blitt domestisert flere ganger (Pourkheirandish & Komatsuda 2007). Bygg slik vi kjenner det i dag er resultatet av en langvarig genetisk utvikling. Denne utviklingen startet med ville former for bygg med stor genetisk variasjon som ble domestisert, og senere videreutviklet til landsorter, rensorter og dagens krysningssorter (Strand 1979).

Planteforedlingen i etterkrigstiden har hatt et sterkt og ensidig fokus på ytelse (Barstad 2006), noe som har ført til et høytytende (Peltonen-Sainio et al. 2009a), men også genetisk uniformt plantemateriale som er lite tilpasningsdyktig til ulike dyrkingsmiljøer (Fess et al. 2011). Det er vist at avling er svært avhengig av sort (Lillemo et al. 2010; Østergård et al. 2008), og det er også et betydelig potensiale for avlingsøking i økologisk landbruk gjennom valg av egnede sorter (Hansen et al. 2008; Lampkin 1990; Murphy et al. 2007; Østergård et al. 2008). En gjennomgang gjort av Lillemo et al. (2010) viser at 48 % av avlingsøkingen i bygg fra 1946 til 2008 skyldes nytt sortsmateriale. Den største utviklinga har skjedd siden 1980, der hele 78 % av avlingsøkingen skyldes nye sorter. Også Slafer & Peltonen-Sainio (2001) rapporterer om en betydelig avlingsøking i bygg dyrket i Norge i etterkrigstiden.

Ensidig foredling for høy kornavling kan føre til at andre viktige egenskaper går tapt eller reduseres, ved at den genetiske diversiteten innsnevres (Newton et al. 2011b). I bygg er dette vist at er tilfellet for blant annet allelopatisk aktivitet (Belz 2007), konkurranseegenskaper mot ugras (Bertholdsson 2004), RUE (Muurinen & Peltonen-Sainio 2006), rotstruktur (Wolfe et al. 2008) og nitrogenforbrukseffektivitet (Muurinen et al. 2006). Bertholdsson (2004) studerte 127 byggsorter fra Skandinavia og Baltikum, og fant en drastisk nedgang i allelopatisk aktivitet hos moderne byggsorter sammenlignet med gamle landsorter. Forsøk har også påvist nedgang i strå lengde, med dertil økning i høsteindeksen, samt lavere rot- og skuddvekt som en følge av planteforedlingen i Sverige og Danmark de siste 100 årene. Nedgangen var ikke like sterk i årene etter 2005, noe som kan skyldes introduksjon av nye og forbedrede sorter (Bertholdsson & Brantestam 2009). Også van Bueren et al. (2011) påpeker at foredling for

kortere strå har medført dårligere nitrogenforbrukseffektivitet, lavere proteininnhold og større mottakelighet for sykdommer.

Ulik vektlegging av sortsegenskaper ved økologisk og konvensjonell dyrking skyldes i hovedsak at plantene ved økologisk produksjon utsettes for flere stressfaktorer, som ujevn næringstilgang, ugraskonkurranse, sykdommer og mekaniske tiltak i kulturen. For å inkludere ønskede egenskaper i sortsmaterialet vil det være nødvendig å øke den genetiske diversiteten i bygg (Larsson 2006; Newton et al. 2011a; Newton et al. 2011b).

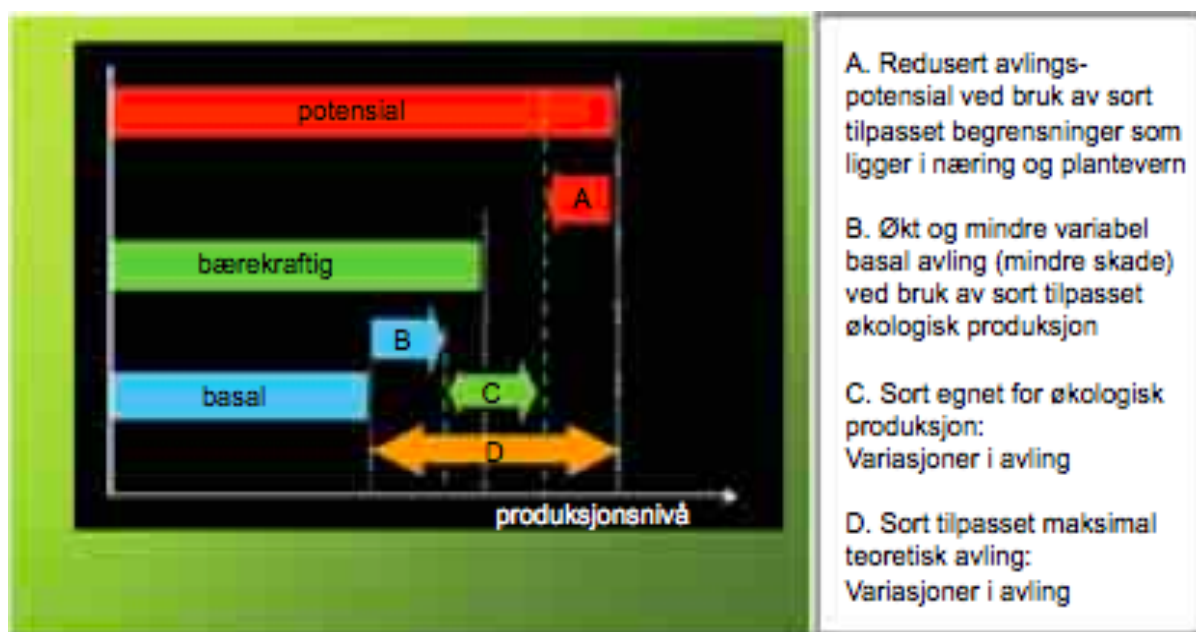
1.5.1 Bruk av gamle byggsorter

Fram til slutten på 1800-tallet var alle byggsorter såkalte landsorter. Dette er sorter som vokste og tilpasset seg miljøet den ble dyrket under (Strand 1979). En landsort defineres av Plantesortforskriften (1999) som *”En samling av populasjoner... av en art som er naturlig tilpasset miljøforholdene i regionen der de vokser”*. Det er observert at landsorter har større genetisk diversitet enn moderne sorter (Muurinen & Peltonen-Sainio 2006), og dermed kan bidra med ”nytt” genmateriale til egenskaper som har mistet sin genetiske framgang (Muurinen et al. 2006). Åssveen (1997) påpeker at det ikke er ønskelig å ta i bruk eldre sorter i økologisk dyrking. Alternativt kan gamle sorter brukes indirekte, ved å inkludere dem i foredlingen av nye sorter. Newton et al. (2011a) har sett på hvordan landsorter kan bidra til bærekraftig produksjon, og fant blant annet at de har større motstandsevne mot sykdommer. I følge Muurinen & Peltonen-Sainio (2006) har gamle byggsorter større evne til biomasseproduksjon, og til å utnytte fotosyntetisk aktivt lys til produksjon av tørrstoff. Imidlertid er evnen til å distribuere assimilater til kornet dårligere, samt at kornantallet er lavere.

En utfordring ved å relansere gammelt sortsmateriale er oppformering (Repstad 2008). Repstad fastslår at såvarebransjen alene ikke har mulighet til å bevare og oppformere gamle sorter, da dette er både kostbart og kapasitetskrevende. Det er dessuten sortseieren som har ansvar for å produsere prebasis-såvare, og de gamle sortene har ikke sortseiere. Dermed er det ingen som har ansvar for bevaring av utgangsmaterialet. En eventuell oppformering av gamle sorter bør foregå innenfor gjeldende regelverk i Forskrift om såvarer (1999) for å sikre en tilfredsstillende kvalitet. Det ligger også visse begrensninger i Plantesortforskriften (1999). Likevel finnes det organisasjoner som arbeider for bruken av gamle arter og sorter (Larsson 2006).

1.5.2 Sortsutprøving

For å lykkes med økologisk kornproduksjon er det viktig at sorten passer til dyrkingsforhold og dyrkingssystem (Askegaard et al. 2011b; Mangerud & Brandsæter 2009; Wolfe et al. 2008). Det er viktig at sorten evner å gi gode og stabile avlinger i et varierende, og ofte mindre optimalt produksjonsmiljø (figur 6).



Figur 6: Illustrasjon av hvordan det teoretiske avlingsnivået i økologisk landbruk endres som følge av sortsvalg (a), og hvordan bruk av sorter tilpasset intensiv drift uten tilgang på nødvendige innsatsfaktorer gir store avlingsvariasjoner (d). Ved å bruke tilpassede sorter vil avlingene øke (b) og bli mer stabile (c). Det er også illustrert hvordan det teoretiske avlingsnivået (rød) blir lavere når man fjerner ikke-bærekraftige innsatsfaktorer (grønn), og hvordan ekstensiv drift fort kan senke avlingsnivået ned på det basale (blå) ((Barstad 2006, s.33), modifisert etter Porceddu & Rabbinge (1997)).

Slik situasjonen er i dag, finnes det ingen egne økologiske byggsorter i Norge. Økologiske kornprodusenter har tilgang på det samme sortsmaterialet som konvensjonelle dyrkere, men er pålagt å benytte økologisk oppformert såkorn (Mattilsynet 2005). Såvarefirmaene tilbyr økologisk vare, men i praksis er tilgangen begrenset, og sortsutvalget er noe snevert. Det er derfor mulig å søke om dispensasjon til å benytte konvensjonell, ubeiset såvare hvis økologisk vare ikke er tilgjengelig (Mattilsynet 2005).

Byggsorter som er tilgjengelige på markedet er verdiprøvet. Offisiell verdiprøving skal sikre at kornsortene som benyttes i Norge tilfredsstiller kravene til bruks- og dyrkingsverdi. Dette er fastsatt i Plantesortforskriften (1999). Organisert sortsprøving av bygg begynte allerede i

1889 (Strand 1979). Det forgår ingen offisiell verdiprøving av sorter til økologisk dyrking i Norge, slik det gjøres for sorter til konvensjonell dyrking. Aktuelle sorter testes i stedet ut i veiledningsforsøk på økologisk areal (Åssveen et al. 2011a). Dette har blitt gjennomført siden 1991 (Åssveen 1997), fortrinnsvis med aktuelle markedssorter, men også enkelte gamle sorter og nye foredlingslinjer velges ut (Åssveen 1997).

Sorter tilpasset og utprøvd under konvensjonelle forhold benyttes til 95 % av den økologiske produksjonen i den vestlige verden (van Bueren et al. 2011). Ifølge Lampkin (1990) og Åssveen (1997) er det sortene som gjør det best konvensjonelt som også vil yte best ved økologisk dyrking, med unntak av de mest kravstore og yterike sortene. Også Hay & Porter (2006) mener at intensive sorter ofte kan yte bedre under mindre optimale omgivelser enn veltilpassede landsorter. Kristensen (2003) fant derimot ingen indikasjoner på at enkelte sorter er bedre tilpasset økologisk dyrking enn andre. Reitan (1997) framholder at det generelt sett er sammenfallende krav til sortsegenskaper i økologisk og konvensjonell dyrking, men at det er et større behov for konkurransegenskaper mot ugras, nitrogenutnyttning og sykdomsresistens hos økologiske sorter. Wolfe et al. (2008) mener at det er behov for sorter spesielt tilpasset økologisk dyrking, selv om mange av de konvensjonelle sortene innehar de fleste ønskede kvaliteter. Også Larsson (2006) og Murphy et al. (2007) framholder behovet for egne økologiske sorter, siden foretrukne egenskaper for slike systemer kan være svært varierende fra behovene til høytytende konvensjonelle systemer. Sortsforedling er imidlertid en tidkrevende og kostbar prosess, og det tar 15-20 år fra krysning av en ny sort til den er tilgjengelig på markedet (Strand 1979).

Økologisk sortsprøving bør foregå i omgivelser som gjenspeiler forholdene i et økologisk dyrkingssystem (Fess et al. 2011; Murphy et al. 2007; Østergård et al. 2008). Pryztalski et al. (2008) har gjort en sammenligning av konvensjonelle og økologiske sortsforsøk i flere europeiske land, og fant relativt godt samsvar mellom sortsegenskapene for de to systemene, spesielt når det gjaldt avling. Det poengteres derfor at det kanskje ikke er nødvendig med egen testing av sorter under økologiske forhold, og at sortenes prestasjoner under konvensjonelle forhold bør tas i betraktning ved valg av egnede økologiske sorter. Imidlertid bør også viktige sortsegenskaper for økologisk dyrking inkluderes i testingen. Hay & Porter (2006) påpeker at for å finne ut hvilke egenskaper som er fordelaktige under næringsfattige omgivelser, er det viktig å studere fysiologien til sortene som er utviklet under næringsfattige forhold.

1.6 Oppsummering

Økologisk dyrking av bygg er utfordrende. Tilgang på næring, og spesielt nitrogen, er viktig for å oppnå høye kornavlinger. Siden økologisk dyrking er basert på bruk av organisk gjødsel, er det vanskelig å forutse når og hvor mye næringsstoffer som blir plantetilgjengelig, da dette avhenger av den mikrobielle aktiviteten i jorda. Dyrking av økologisk bygg bør med fordel foregå i et allsidig vekstskifte med tilgang på husdyrgjødsel. Også ugras og sykdommer må være under kontroll for å unngå avlingsreduksjon.

En av de viktigste faktorene for å lykkes med økologisk byggproduksjon, er å ha ei sterk kulturplante som konkurrerer godt med ugraset, takler sykdom, og tilpasser seg ulike dyrkingsbetingelser. Valg av en egnet sort er en av forutsetningene for å oppnå denne sterke kulturplanta. I konvensjonell dyrking blir plantene tilbudt et uniformt og stabilt dyrkingsmiljø som oppnås ved bruk av mineralgjødsel og plantevernmidler, og plantematerialet presterer derfor også jevnt. I motsetning til dette vil dyrkingsmiljøet ved økologisk produksjon være varierende, og sortenes prestasjoner vil avhenge av dyrkingsbetingelsene.

Utenlandske forsøk har vist at det er forskjeller mellom byggsorter for en rekke dyrkingsegenskaper. Med unntak av de årlige veiledningsforsøkene på økologisk areal i regi av Bioforsk, har det ikke vært mulig å oppspore norske forsøk som har undersøkt sortsegenskaper hos byggsorter til økologisk dyrking. Det er derfor relativt lite informasjon tilgjengelig om dyrkingsegenskaper til byggsorter ved økologisk produksjon i Norge.

2 Material og metode

2.1 Forsøksopplegg og plantemateriale

Det ble gjennomført feltforsøk på tre lokaliteter i Hedmark vekstsesongen 2011 (tabell 3). Forsøkene ble gjennomført i samarbeid med Hedmark Landbruksrådgiving, som sto for etablering, stell og innhøsting av feltene. Feltene var to økologiske sortsveiledningsfelt og ett konvensjonelt verdiprøvningsfelt planlagt av Bioforsk.

Tabell 3: Lokaliteter, driftsmåte og jordforhold for feltene.

Felt	Driftsmåte	Jordart	Mold-innhold	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL
Vallset	Økologisk	Siltig mellomsand	3-4,5 %	6,3	9	9	5	80
Våler	Økologisk	Siltig finsand	0-3 %	6,3	15	9	8	54
Stange	Konvensjonelt	Lettleire	4,5-12 %	6,3	10	8	15	341

Forsøkene ble anlagt som blokkforsøk med to gjentak, hvor sortene var fritt randomisert innad i gjentaket. I følge Åssveen et al. (2011b) er forsøkene satt opp med alfa-design, for å kunne korrigere for jordvariasjoner. De økologiske feltene hadde en størrelse på 16m x 18m (288m²), mens feltet i Stange var en del av et større felt på 624 m². Rutestørrelsene var 12m², og høsterutene 9,3m². Kantrutene var isådd Edel 6-radsbygg. Såmengden i forsøket var 450 spiredyktige korn/m² (Åssveen 2012, pers.med.).

Det var ti sorter med i de økologiske forsøkene (tabell 4). Dette var både markedssorter og nye foredlingslinjer. Seks av byggsortene ble valgt ut på grunnlag av vekstrytme og akstype, og fulgt opp spesielt. Dette var Tiril, Heder, Toria, Helium, Marigold og Iron. Det var også disse seks sortene som det ble gjort registreringer på i det konvensjonelle feltet.

Tabell 4: Egenskaper for sortene som var med i forsøkene (Åssveen et al. 2012b). Sortene markert med (*) ble valgt ut for mer inngående registreringer. Egenskapene er rangert på en skala fra 1-10, der 1 er dårligst og 10 er best. Foredlingslinjene GN 06003 og LP 1233.6.04 er under utprøving, og er foreløpig ikke rangert. Foreløpige resultater viser at GN 06003 har samme veksttid som Brage, og likt proteininnhold. 1000-kornvekta er høyere, og hl-vekta er lavere enn Brages. LP 1233.6.04 har samme veksttid som Iron, god resistens mot sykdom, høyere 1000-kornvekt og hl-vekt enn Iron, men lavere proteininnhold (Åssveen et al. 2012b).

	Aks- type	Vekst tid	Strå- lengde	Korn- vekt	Hl- vekt	Prot.- innh.	Sykdomsresistens		
							Mjøl- dogg	Grå øyef.	Bygg b.fl.
Tiril*	6-rad	100	3	5	3	5	2	4	3
Habil	6-rad	103	2	5	3	5	3	7	4
Heder*	6-rad	104	4	7	5	4	9	4	7
Brage	6-rad	104	3	4	5	4	7	7	7
Toria*	6-rad	107	4	6	5	4	10	8	7
Helium*	2-rad	112	7	10	6	5	10	6	6
Marigold*	2-rad	109	9	8	5	4	10	8	6
Iron*	2-rad	114	7	7	6	3	8	4	7
GN 06003	6-rad								
LP 1233.6.04	2-rad								

Jordarbeiding og gjødsling av forsøksfeltene fulgte feltvertens vanlige praksis for resten av skifte, med unntak av ugrasharving og sprøyting (konvensjonelt felt), som ikke ble utført i feltene. Gjødslingen varierer derfor mellom felt (tabell 5).

Gjødselen i Vallsetfeltet ble vårspredd med stripespreder, og moldet ned med skålharv. Ugraset ble også bekjempet med skålharv, både høst og vår i forkant av feltforsøket. Skiftet var høstpløyd, og det ble dyrket havre på skiftet for øvrig. Feltet i Våler lå på et skifte som var ferdig omlagt til økologisk i 2003. Kornet dyrkes i vekstskifte med eng. Ugrasbekjemping ble gjort med ei KwickUp-harv både høst og vår i forkant av feltforsøket. Det ble pløyd og sloddet 2. mai, samt harvet 3. mai etter gjødselspredning. Det ble dyrket havre på skiftet for øvrig. Feltet i Stange ble grubbet og gjødslet om våren. Det ble etterstrebet å anlegge feltene på områder med jevn gjødselspredning, da ujevnt spredd gjødsel ansees som en vanlig feilkilde i økologiske forsøk.

Tabell 5: Lengde på vekstsesongen og gjødseltype- og mengde (per daa) for feltene.

Felt	Så- dato	Høste- dato	For- grøde	Gjødseltype	Gjødsel- mengde	Kg nitrogen/ daa
Vallset	28.4	1.9	Havre	Blautgjødsel, svin	4 tonn	11 kg total-N
Våler	5.5	2.9	Havre	Marihøne 8-2-5	50 kg	4 kg total-N
Stange	29.4	16.9	-	22-3-10	50 kg	11 kg

2.2 Feltregistreringer

De to økologiske feltene ble fulgt opp med registreringer av både plantevekst og utvikling gjennom vekstsesongen, og det ble gjort mer inngående registreringer i de utvalgte sortene. Det konvensjonelle feltet var med for å kunne sammenligne sortenes prestasjoner økologisk opp mot potensialet ved konvensjonell dyrking. Derfor ble det kun gjort avlingsregistreringer i dette feltet.

2.2.1 Planteutvikling

Registreringer av planteutvikling ble gjort for alle sorter i de to økologiske feltene. Planteutviklingen ble registrert i henhold til Zadoks skala (Zadoks et al. 1974) ved de fleste feltbesøkene. Videre ble det målt opp og avmerket én meter såråd to steder i hver rute, der det ble gjort plantetellinger ved viktige stadier i kornutviklingen. Tellingene ble gjort etter spiring, ved avsluttende busking og etter aksskyt. Resultatene ble omregnet til skudd/m². Etter aksskyt ble plantehøyde fra plantebasis til underkant av akset målt på fem planter i hver rute.

I de økologiske feltene ble det registrert prosentvis sykdomsangrep av byggbrunfleck, grå øyefleck og mjøldogg i alle sorter. Det ble også foretatt en visuell registrering av prosentvis ugrasdekke i alle ruter i tida rundt aksskyt.

2.2.2 Dekkeevne

Registreringer av dekkeevne ble gjort i alle sorter i de to økologiske feltene. Dekkeevnen ble registrert ved å anslå prosentvis dekningsgrad (0-100 %) av kornplanter i rutene. Dette ble gjort til det ikke var aktuelt lenger. For de utvalgte sortene ble det utført en lysmåling den 4. juli ved begynnende aksskyt. Det ble gjort seks målinger per rute i bunnen av plantebestanden. For å unngå å forstyrre plantebestanden for mye, ble lysmåleren plassert langsmed såråden. På samme tidspunkt ble det også foretatt en måling med YARA N-Tester® (Yara GmbH & Co. KG, Dülmen, Tyskland) i de utvalgte sortene i begge feltene. Målingene ble foretatt på flaggblad, og det ble valgt ut 30 representative blad innen hver rute. N-testeren angir indirekte nitrogeninnholdet i bladet ved å måle bladets grønnfarge (klorofyllinnhold).

2.2.3 Planterprøver

Uttak av planterprøver ble gjort i alle tre feltene. Det ble tatt ut planterprøver fra to kantruter per felt, ved tre anledninger i perioden fra aksskyt og utover for videre analyser av total-N. Dette ble gjort ved å klippe ut 2x1 m sårad ved plantebasis fra hver av rutene. Etter gulmodning ble plantene i ei 0,25 m² stor høsterute (heretter kalt smårute) klippet ut ved plantebasis for videre avlingskomponentanalyse. Dette ble gjort i de utvalgte sortene. Ved uttak av planterprøvene ble antall aksbærende skudd og antall skudd uten aks telt opp. Prøvene ble tørket i tørkeskap i to døgn ved 60 °C, og veid både før og etter tørking.

2.3 Analyser

Etter avsluttet vekstsesong ble planterprøvene fra smårutene i de utvalgte sortene tresket (Kurt Pelz, Saatmeister Maschinenbau, Bonn, Tyskland). Kornet ble veid, og det ble telt opp minimum 250 korn ved hjelp av en tellemaskin (Numigral Seed Counter, Durant Soild State 1800, Tripette et Renaud, Paris, Frankrike), for beregning av 1000-kornvekt. Ut i fra resultatene av disse kornprøvene ble det videre beregnet loavling, høsteindeks, aks/m², korn/aks og kornavling i kg/daa. Avlingene er konvertert til 15 % vanninnhold, og det ble estimert at tørt korn inneholdt 10 % vann. Videre ble kornprøvene malt til mel på ei mølle (Laboratory Mill 3100, Falling Number AB, Danfoss, Stockholm, Sverige).

Følgende formler ble brukt ved beregning av avlingsparametere:

- 1000-kornvekt: $\text{Kornvekt}/\text{antall korn} \cdot 1000$
- Kornavling: $\text{Vekt kornprøve} \cdot 4$
- Loavling: $(\text{Kornprøve} + \text{halmprøve}) \cdot 4$
- Korn/aks: $(\text{Vekt kornprøve}/1000\text{-kornvekt}/\text{antall aks}) \cdot 1000$
- Høsteindeks: $\text{Kornvekt}/\text{total plantebiomasse over jorda ved modning}$

Planterprøvene fra kantrutene ble hakket (Hohebuch, Saatzuchtmaschinen, Waldenburg, Tyskland). Halmen fra både smårutene og kantruteprøvene ble malt med en kvern (SM 100

type Haan, Retsch, Tyskland). Mel- og halmprøver fra de utvalgte sortene i alle felt, samt halmprøver fra kantrutene, ble sendt inn for videre analyse av total-N.

HI-vekt og proteininnhold ble analysert av Bioforsk Øst Apelsvoll, og dataene er hentet inn fra Nordic Field Trial System. Legdeprosent for feltet i Stange, og avlingstall for hele høsteruter er fra Hedmark Landbruksrådgiving.

2.3.1 Analyse for total-N

Bestemmelse av total-N ble gjort med *Dumas*-metoden, som beskrevet i Bremmer & Mulvaney (1982). Prøvematerialet ble malt i en morter og veid inn i en tinnfolie, og analysert med instrumentet Leco CHN 1000. Instrumentet måler konsentrasjonen av nitrogengass (N₂) ved termisk konduktivitet (TC celle). N₂ dannes når nitrogenoksidforbindelser (NO_x) reduseres ved hjelp av kobber. Analyseresultatene ble korrigert for vanninnholdet i prøvene. Det var IPM-laboratoriet ved UMB som utførte analysene.

2.4 Statistiske metoder

Statistiske beregninger er gjort i Minitab 15 (Minitab Inc., State College, PA, USA). Det er utført enveis variansanalyse mellom felt, og mellom 2- og 6-radsbygg uavhengig av felt. Det er også foretatt en toveis variansanalyse mellom sorter i hvert av feltene. I tillegg er det utført variansanalyser over felt og sort (General Linear Model) for å undersøke samspillet felt*sort. Grensen for statistisk sikkerhet er satt til $p < 0,05$. LSD er beregnet for 95 % nivå der det er signifikante forskjeller mellom sorter, og det ble benyttet følgende formel ved utregningen:

$$\text{LSD}_{95\%} = \text{md} * \text{tx}\%. \quad (\text{md} = \sqrt{2 * \text{MSrest} / \text{antall blokker}})$$

2.5 Feilkilder

Det var ikke alle sortene som var presentert i to gjentak i Vallsetfeltet. Manglende verdier ble derfor estimert ut i fra gjennomsnittlig effekt av repetisjon, og den manglende sortens avvik fra middel i det gjentaket den fantes. Verdier ble estimert for Heder, Toria og Marigold i

gjentak en, samt for Marigold i gjentak to. I det samme feltet forsvant noen av de oppmerkede telleradene da feltet ble grenset. Dette påvirket plantetellingen utført ved aksskyt, og innebærer at antall skudd/m² for noen ruter er basert på færre telte meter sårad enn andre. Dette er det tatt hensyn til ved beregning fra skudd per meter sårad til skudd/m². De berørte sortene var Tiril, Habil, Brage, Helium, Marigold, og Iron i gjentak en. I gjentak to gjaldt det Brage, Toria, Iron og LP 1233.6.04.

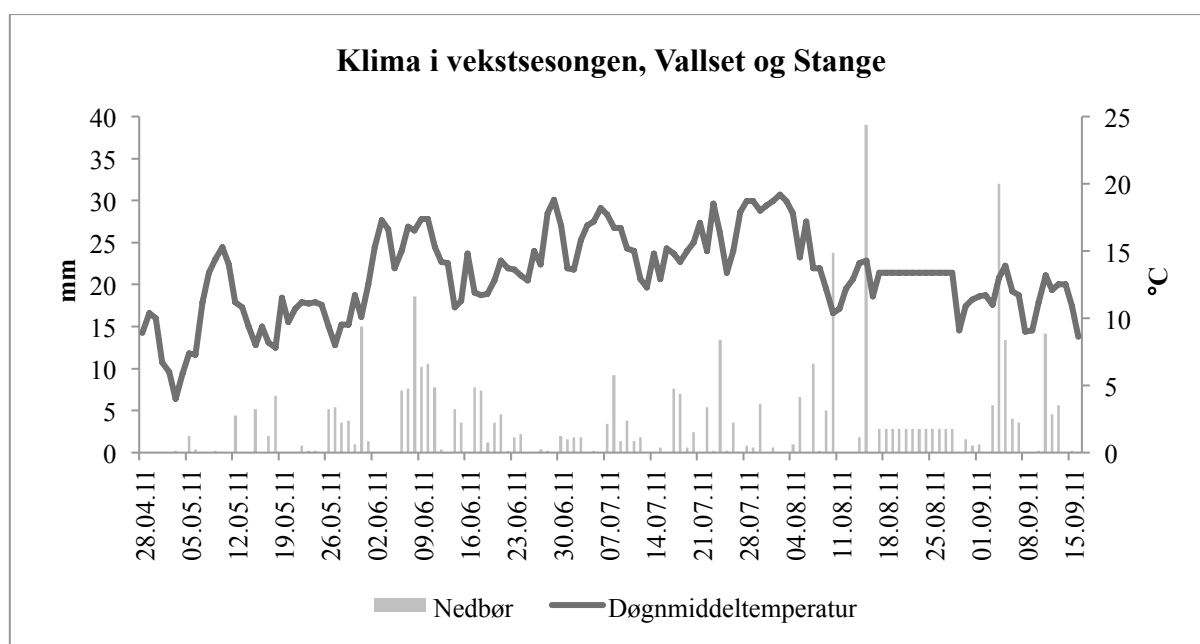
I Vallsetfeltet ble det tydelig utover i vekstsesongen at gjødselen var spredd ujevnt. Dette førte til variasjoner i plantebestanden mellom gjentakene, men også innad i gjentak, og da spesielt gjentak to. Dette kan forklare hvorfor sortene i Vallsetfeltet i mange tilfeller viste stor variasjon, uten at dette resulterte i signifikante resultater, da den tilfeldige feilen ble stor. Den ujevnt spredde gjødselen førte også til at de utvalgte telleradene i noen tilfeller ikke var representative for ruta.

Rådataene for hl-vekt og proteininnhold var kun oppgitt som gjennomsnitt av sort. Dette gav ikke mulighet til å regne statistikk for forskjeller mellom sorter innen hvert felt, eller samspillet felt*sort.

3 Resultater

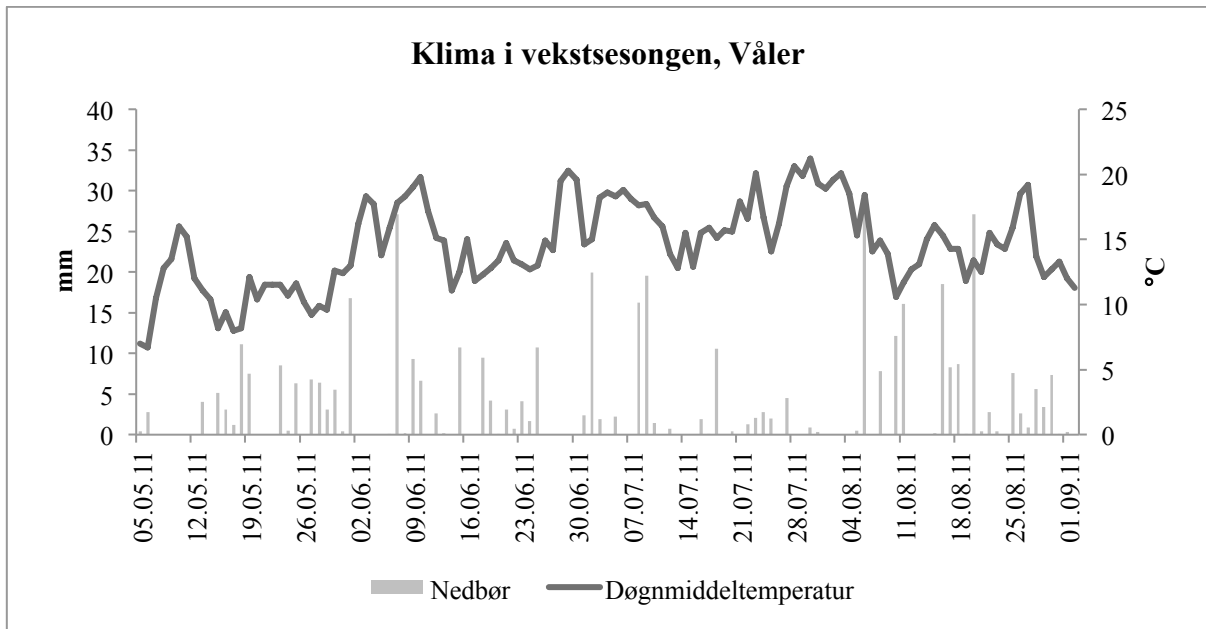
3.1 Været i vekstsesongen

Sommeren 2011 på Østlandet var den mest nedbørsrike på over 100 år (Meteorologisk Institutt 2011b). Forholdsvis høye temperaturer i første del av vekstsesongen i kombinasjon med nedbør ga et godt grovær. Resten av sesongen fikk aldri de helt høye temperaturene, men desto mer regn. I Vallset kom det i gjennomsnitt 2,8 mm nedbør per døgn, og total nedbørsmengde i vekstsesongen var 327 mm (figur 7). Temperaturen var i gjennomsnitt 13,4 °C, der høyeste og laveste døgnmiddeltemperatur var henholdsvis 19,2 °C og 4 °C. Feltet i Stange hadde en noe lengre vekstsesong, og fikk gjennomsnittlig 3,2 mm nedbør i døgnet. Fra såing til tresking kom det totalt 411 mm regn. Døgnmiddeltemperaturen lå i gjennomsnitt på 13,2 °C, mens varmesummen fra såing til modning ble 1871 d°. Høyeste og laveste døgnmiddeltemperatur var som i Vallsetfeltet.



Figur 7: Døgnmiddeltemperatur (°C) og nedbør (mm) i vekstsesongen for feltene i Vallset (28.04-01.09) og på Stange (29.04-16.09). Målingene stammer fra Bioforsk sin klimastasjon på Ilseng (Bioforsk Plantehelse 2011). Observasjoner i tidsrommet 17.-28.08 er gjennomsnittsverdier for hele sesongen, grunnet manglende målinger.

I Vålerfeltet var gjennomsnittlig nedbørmengde per dag i vekstsesongen 3,6 mm, og totalt kom det 430 mm regn fra såing til tresking (figur 8). Døgnmiddeltemperaturen lå i gjennomsnitt på 14,6 °C. Høyeste og laveste døgnmiddeltemperatur var henholdsvis 21,2 °C og 6,7 °C.



Figur 8: Døgnmiddeltemperatur (°C) og nedbør (mm) i vekstsesongen for feltet i Våler (05.05-02.09). Målingene stammer fra Meteorologisk Institutt sin målestasjon på Flisa (Meteorologisk Institutt 2011a).

I den videre framstillingen av resultatene er det lagt vekt på å sammenligne felt, og vise hvordan sortene gjorde det innad i de ulike feltene. Det er også vist hovedeffekt av sort (over felt) der dette har en hensikt. Der det er samspill mellom felt og sort er dette kommentert.

3.2 Plantevekst og utvikling

Plantevekst og utvikling ble kun registrert i de økologiske feltene. I Vallsetfeltet ble det oppnådd en varmesum på 1699 d° fra sådato til høstedata, og planteutviklingen gikk raskt i første del av vekstsesongen (tabell 6). En måned etter spiring var plantene på 3-bladstadiet (Z13). Tre uker senere hadde plantene rullet både å buske seg, og begynne strekkingsveksten (Z32). En uke etter dette begynte bladskjeden å svulle i de fleste sortene (Z43), og det var 6-radssortene som utviklet seg senest. Ved samme registrering var 2-radssortene Marigold, Iron og LP 1233.6.04 ved begynnende aksskyt (Z50). Ved neste registrering, 67 dager etter

spiring, hadde 6-radssortene tatt igjen 2-radssortene i planteutvikling, og hadde fått klar væske i kornkjernen (Z71). 2-radssortene var da halvveis i aksskytingen, og de tre sortene som hadde skutt aks ved forrige besøk, hadde utviklet seg lite. Kornet var fullmodent (Z90) 110 dager etter såing.

Vålerfeltet oppnådde en varmesum på 1765 d° fra sådato til høstedato (tabell 6). En måned etter såing var plantene på 4-bladstadiet (Z14), og hadde begynt å buske seg. Snaue to uker etter dette var plantene i strekkingsfasen. Ved neste registrering, 60 dager etter spiring, hadde 6-radssortene avsluttet aksskytingen (Z58), mens 2-radssortene varierte noe innbyrdes i utviklingsstadium. Iron og LP 1233.6.04 var senest i utvikling, og viste kun halve akset (Z52). De andre 2-radssortene viste $\frac{3}{4}$ av akset (Z56). En måned etter dette var forskjellene mellom sortene utjevnet, og alle hadde tjukk melkeaktig væske i kjernen (Z75). Fullmodning ble registrert 104 dager etter såing.

Tabell 6: Oppnådd varmesum (d°) fra såing til ulike stadier i planteutviklingen i de to økologiske feltene, samt total varmesum fra såing til høsting.

Utviklingsstadium		Vallset		Våler	
		Ant. dager etter såing	Varmesum	Ant. dager etter såing	Varmesum
Z13/14	Utvikling av frøplante	29	294	32	387
Z32	Strekkingsvekst	49	573	44	572
Z54	Aksskyt	67	832	60	820
Z75	Tidlig kornfylling	-	-	89	1316
Z90	Fullmodning	110	1495	104	1540
	Total varmesum	126	1699	120	1765

3.2.1 Skudd/m²

Plantetellingene ble utført etter spiring, i buskingsfasen, og i perioden rundt aksskyt. Det var signifikante forskjeller mellom felt for skuddantallet ved aksskyt, og en tendens til forskjeller i buskingsfasen (tabell 7). Feltet i Vallset hadde flere skudd/m² ved begge disse tellingene.

Spiringen var jevn og tilfredsstillende i begge felt, med en oppkomstprosent på 95 % i Vallsetfeltet og 88 % i Vålerfeltet. I buskingsfasen økte skuddantallet, mens det ble redusert fram mot aksskyt. Hvert fjerde skudd forsvant i denne perioden fra begge felt. Det var ingen forskjeller i skuddantallet mellom 2- og 6- radsbygg, med unntak av at 2-radsbygget i gjennomsnitt produserte 114 flere aksbærende skudd/m² enn 6-radsbygget.

Tabell 7: Antall skudd/m² i de økologiske feltene og for 2- og 6-radsbygg (over felt) ved spiring, busking og aksskyt, samt hvor mange som bar aks eller ikke ved aksskyt.

	Spiring	Busking	Aksskyt	Aksskyt	
				Aksbærende	Uten aks
Vallset	429	669	500	491	9
Våler	396	591	444	430	14
<i>p-verdi</i>	<i>0,28</i>	<i>0,08</i>	<i>0,03</i>	<i>0,13</i>	<i>0,10</i>
2-radsbygg	403	681	544	529	15
6-radsbygg	419	596	424	415	9
<i>p-verdi</i>	<i>0,33</i>	<i>0,31</i>	<i>0,09</i>	<i>0,03</i>	<i>0,13</i>

I Vallsetfeltet var det en tendens til forskjell mellom sorter i antall skudd ved aksskyt, og sikre forskjeller i antall aksbærende skudd (tabell 8). Generelt var det 2-radssortene som produserte flest aksbærende skudd, og foredlingslinja LP 1233.6.04 utmerket seg spesielt. Imidlertid hadde 6-radssortene Heder og Brage også mange aksbærende skudd.

Alle sortene økte skuddantallet i buskingsfasen. Fra busking til aksskyt ble skuddantallet redusert i de fleste sorter, og det var 314 skudd som skilte sorten med flest (LP 1233.6.04) og færrest (Tiril) skudd.

Tabell 8: Antall skudd/m² for alle sorter i Vallsetfeltet ved spiring, busking og aksskyt, samt hvor mange skudd som bar aks eller ikke ved aksskyt.

	Spiring	Busking	Aksskyt	Aksskyt	
				Aksbærende	Uten aks
Tiril	484	818	384	380	4
Habil	318	720	394	390	4
Heder	474	624	512	509	3
Brage	478	548	636	628	8
Toria	389	472	403	385	18
GN 06003	576	890	426	420	6
Helium	398	590	506	492	14
Marigold	449	866	461	455	6
Iron	410	710	580	572	8
LP 1233.6.04	314	450	698	680	18
<i>p-verdi</i>	<i>0,44</i>	<i>0,13</i>	<i>0,08</i>	<i>0,03</i>	<i>0,42</i>
<i>LSD_{95%}</i>			<i>189</i>	<i>172</i>	

I Vålerfeltet var det sikre forskjeller i antall skudd mellom sorter ved alle tellinger, bortsett fra etter spiring, og en tendens til forskjeller i antall aksbærende skudd (tabell 9). Alle sortene

økte skuddantallet i buskingsfasen. Den største økingen i forhold til antall spirte planter var i Marigold, mens foredlingslinja LP 1233.6.04 utmerket seg med mange skudd både i buskingsfasen og ved aksskyt, samt mange aksbærende skudd. Ved aksskyt var skuddantallet redusert i alle sorter i forhold til ved busking. For Habil, Brage og Helium førte reduksjonen til at det var færre skudd ved aksskyt enn det var etter spiring.

Tabell 9: Antall skudd/m² for alle sorter i Vålerfeltet ved spiring, busking og aksskyt, samt hvor mange skudd som bar aks eller ikke ved aksskyt.

	Spiring	Busking	Aksskyt	Aksskyt	
				Aksbærende	Uten aks
Tiril	398	522	442	432	10
Habil	398	522	302	296	6
Heder	382	464	408	394	14
Brage	368	540	442	334	8
Toria	420	562	444	426	18
GN 06003	342	466	396	388	8
Helium	410	622	402	394	8
Marigold	338	724	426	410	16
Iron	446	702	536	522	14
LP 1233.6.04	462	786	746	708	38
<i>p-verdi</i>	<i>0,39</i>	<i>0,01</i>	<i>0,03</i>	<i>0,06</i>	<i>0,01</i>
<i>LSD_{95%}</i>		<i>150</i>	<i>203</i>	<i>209</i>	<i>14</i>

Det var samspill mellom felt og sort for antall skudd ved busking ($p=0,01$). I Vålerfeltet var det 2-radssortene som busket seg best, og LP 1233.6.04 var sorten med flest skudd. I Vallset hadde derimot LP 1233.6.04 få skudd. Utover dette var sortenes skuddantall svært variabelt mellom feltene.

Det var forskjeller for hovedeffekt av sort i antall skudd ved aksskyt, og antall aksbærende skudd. Ved busking var det en tendens til forskjell (tabell 10). Alle 2-radssortene hadde en markant økning av antall skudd ved aksskyt i forhold til etter spiring, og LP 1233.6.04 og Iron utmerket seg med et høyt skuddantall. Det var også disse to sortene som hadde flest aksbærende skudd.

Tabell 10: Antall skudd/m² for hovedeffekt av sort (over felt) ved spiring, busking og aksskyt, samt hvor mange skudd som bar aks eller ikke ved aksskyt.

	Spiring	Busking	Aksskyt	Aksskyt	
				Aksbærende	Uten aks
Tiril	441	670	491	406	7
Habil	358	621	427	343	5
Heder	428	544	444	451	8
Brage	423	544	489	481	8
Toria	404	515	406	406	18
GN 06003	459	678	411	404	7
Helium	404	606	442	443	11
Marigold	397	797	461	432	11
Iron	428	706	558	547	11
LP 1233.6.04	388	618	722	694	28
<i>p-verdi</i>	<i>0,87</i>	<i>0,07</i>	<i>0,004</i>	<i>0,002</i>	<i>0,04</i>
<i>LSD_{95%}</i>		<i>171</i>	<i>138</i>	<i>134</i>	<i>13</i>

3.2.2 Dekkeevne

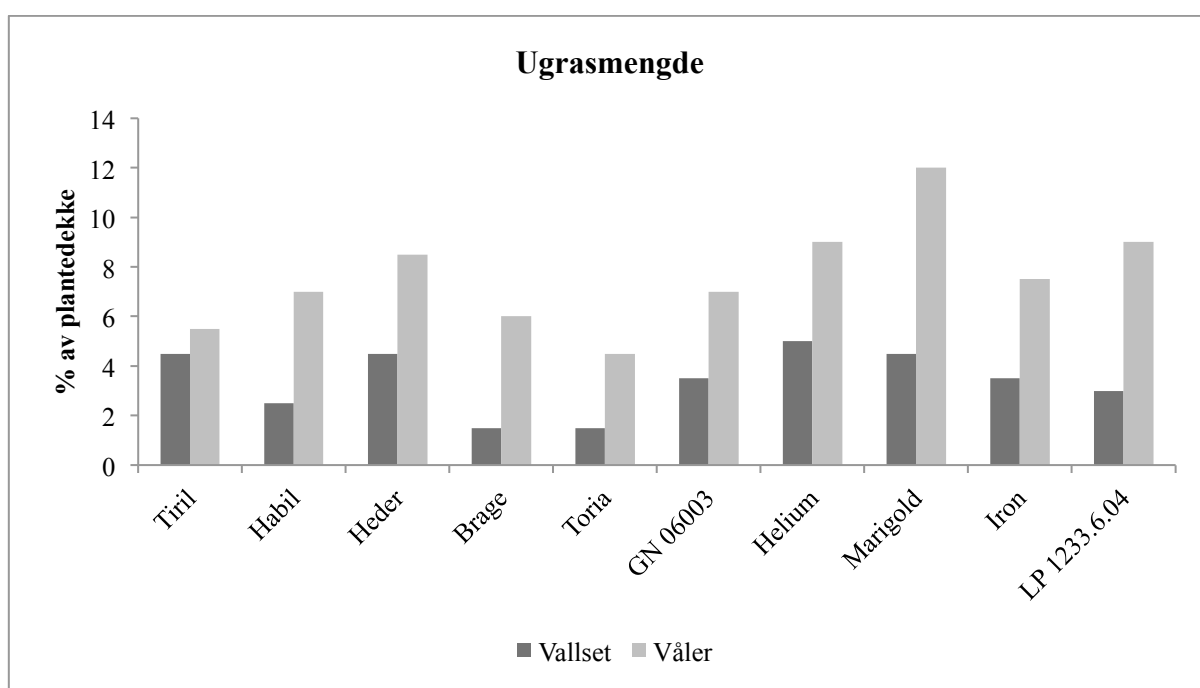
Det var sikre forskjeller i dekkeevne mellom de økologiske feltene for den første ($p < 0,001$) og andre ($p < 0,001$) visuelle registreringer (resultat ikke vist). Disse registreringene ble gjort på henholdsvis 3-4-bladstadiet og i strekningsfasen. Ved den siste registrering, gjort ved aksskyt, var det tendens til forskjell mellom feltene ($p = 0,06$). Det var Vålerfeltet som hadde lavest dekkeevne ved alle registreringene. Det var ingen sikre forskjeller mellom sorter i noen av feltene, med unntak av første registrering i Våler ($p = 0,01$), der Iron og Marigold hadde lav dekningsgrad. Det var ingen forskjeller i dekkeevnen mellom 2- og 6-radsbygg ved noen av registreringene.

Dekkeevnen ble også undersøkt ved å måle transmittert lys i bunnen av plantebestanden ved begynnende aksskyt. Målingene ble kun gjort i de utvalgte sortene. Det var sikre forskjeller mellom feltene ($p < 0,001$), men ikke mellom sorter. Feltet i Vallset slapp mindre lys ned i plantebestanden enn feltet i Våler. Vallsetfeltet slapp i gjennomsnitt 10,8 % av det innstrålte lyset ned i plantebestanden, mot 22,1 % i Vålerfeltet.

3.2.3 Ugrasforekomst

Ugrasmengden varierte mellom de økologiske feltene ($p < 0,001$). I gjennomsnitt ble det registrert 8 % ugras (% av plantedekket) i Våler, mot 3 % ugras i Vallset. I Vallsetfeltet var det vindeslirekne (*Polygonum convolvulus*), meldestokk, kveke, og vassarve som var de mest utbredte ugrasartene. I Vålerfeltet var det linbendel, dåarter (*Galeopsis spp.*), meldestokk og kveke som var de dominerende ugrasartene.

Det var sikre forskjeller i ugrasmengde mellom sorter i Vallset ($p = 0,01$) men ikke i Våler (figur 9). I Vallset utmerket Brage og Toria seg med lav ugrasprosent.



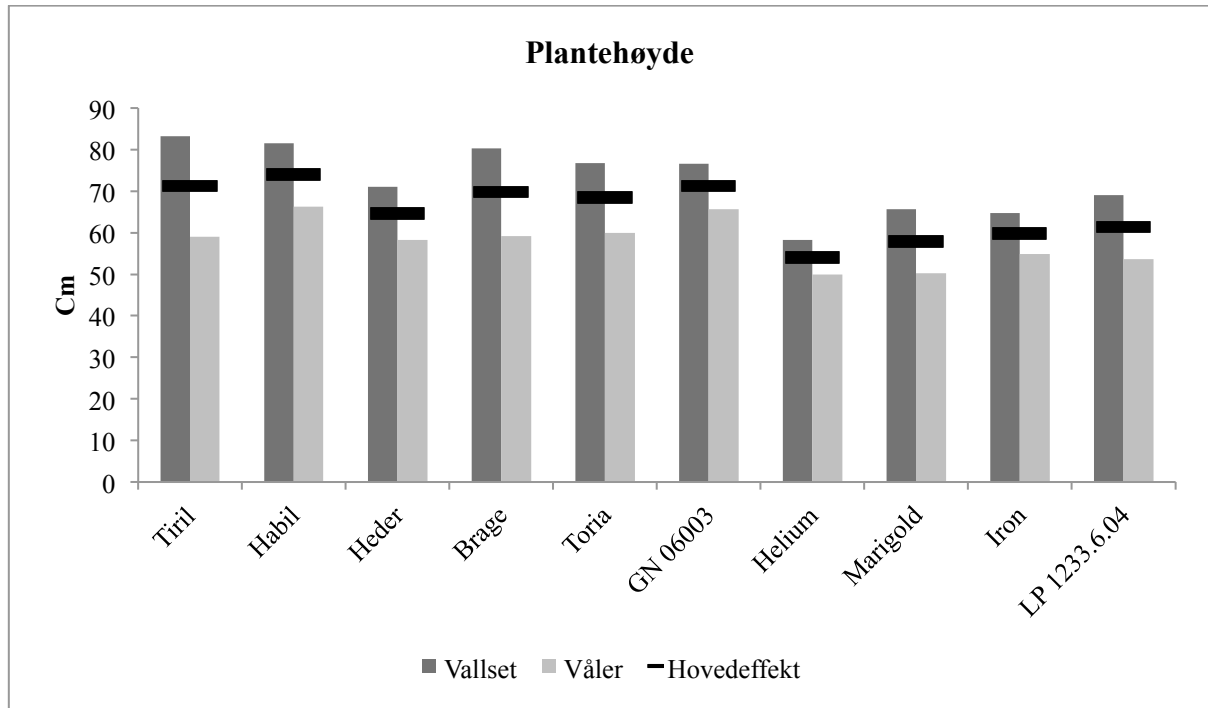
Figur 9: Ugrasmengde (% av plantedekke) for alle sorter i de økologiske feltene. $LSD_{95\%} = 1,9$ (Vallset).

3.2.4 Plantehøyde

Det var forskjell i plantehøyde mellom felt, mellom sorter og for hovedeffekt av sort ($p < 0,001$) (figur 10). Det var også samspill mellom felt og sort ($p = 0,02$). Feltet i Vallset (73 cm) hadde i gjennomsnitt høyere planter enn feltet i Våler (58 cm).

I Vallsetfeltet var variasjonen mellom høyeste og laveste sort på 25 cm, mens variasjonen i Vålerfeltet var på 16 cm. I Vallset var Tiril og Habil de høyeste sortene, og i Våler var Habil

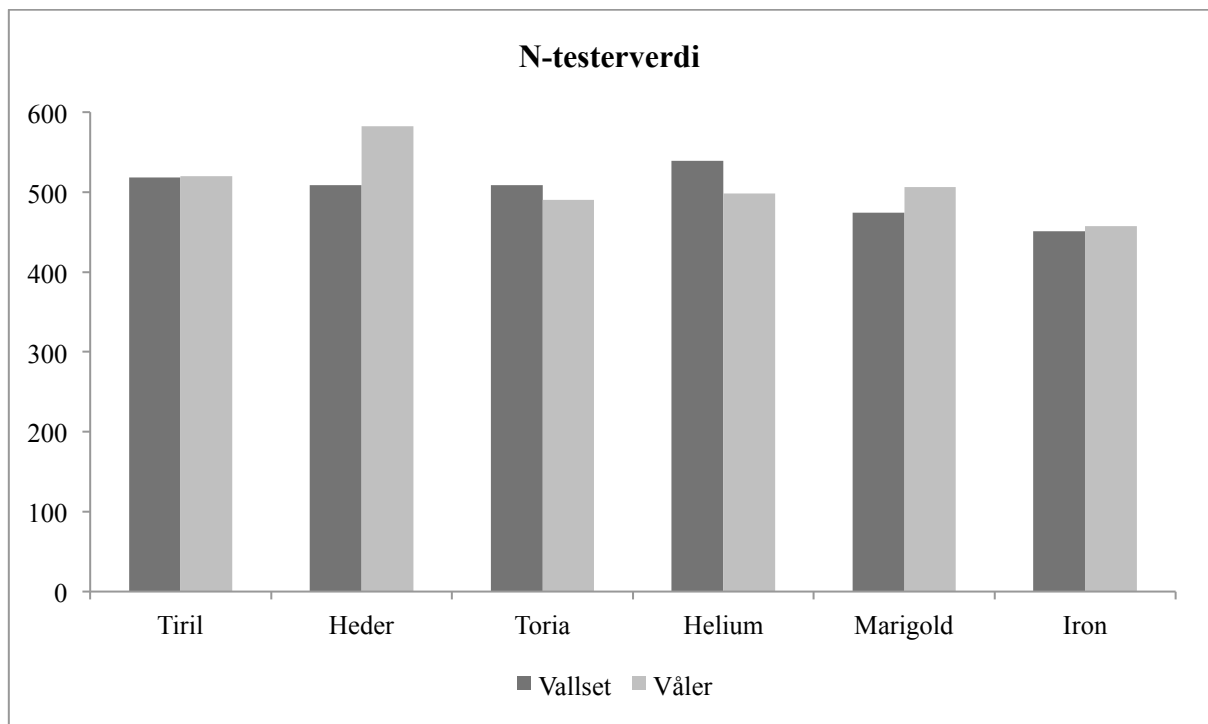
og GN 06003 høyere enn alle de andre sortene. Helium var kortest av alle sortene, og Heder var den korteste 6-radssorten i begge feltene. Det var ingen sikre forskjeller i plantehøyde mellom 2- og 6-radsbygg, selv om 2-radssortene i gjennomsnitt var 12 cm kortere enn 6-radssortene.



Figur 10: Plantehøyde (cm) for alle sorter i Vallset og Våler, og hovedeffekt av sort (over felt). $LSD_{95\%} = 3,9, 3,5$ og $4,3$ henholdsvis.

3.2.5 Nitrogenstatus

Målingene med YARA N-Tester® ble gjort på flaggblad i de utvalgte sortene ved aksskyt. Det var ingen forskjeller mellom feltene i N-testerverdi. Innen felt var det sikre forskjeller mellom sorter, både i Vallset ($p=0,002$) og Våler ($p=0,005$) (figur 11). I Vallsetfeltet var det en variasjon på 88 mellom sorten med høyest (Helium) og lavest (Iron) verdi. I Vålerfeltet hadde Heder og Iron henholdsvis høyest og lavest verdi, og variasjonen i feltet var på 125. Det var også sikkert at 6-radsbygget i gjennomsnitt hadde høyere verdi enn 2-radsbygget ($p=0,006$).



Figur 11: N-testerverdi ved aksskyt i de utvalgte sortene i de økologiske feltene, målt på flaggblad. $LSD_{95\%} = 18,8$ (Vallset) og $39,2$ (Våler).

3.2.6 Sykdommer og skadedyr

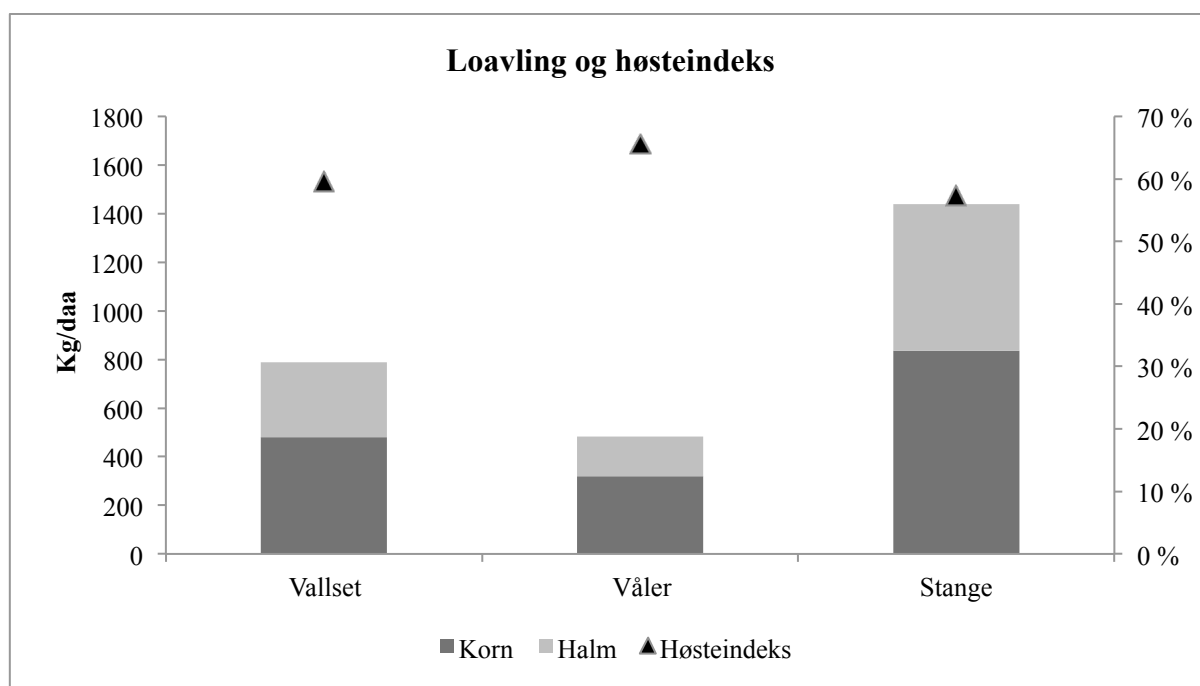
Da sykdommer ble registrert i midten av juli, var det kun byggbrunflekk som var til stede i de økologiske feltene. Forskjellen mellom feltene var signifikant ($p < 0,001$). Det var Vålerfeltet som hadde mest sykdom (9 % angrepet bladverk). I Vallset var i gjennomsnitt 2,5 % av bladverket angrepet. Det var ingen sikre forskjeller mellom sorter i noen av feltene. Ved uttak av småruter i Våler 17. august ble det også observert aksfusariose. Det ble imidlertid ikke foretatt systematiske registreringer av dette. Av skadedyr ble det observert havrebladminérflue i begge felt, uten at det ble foretatt systematiske registreringer. Næringsstikkene kom da kornet var på 3-4 bladstadiet, mens minene kom til syne i tiden rundt begynnende strekking, og det var til dels store bladarealer som var berørte. Det var også mye nyttedyr til stedet i begge de økologiske feltene, spesielt mariehøner og løpebiller.

3.3 Avling

Avlingsregistreringer ble foretatt i et konvensjonelt felt på Stange i tillegg til de to økologiske feltene. Uttak av småruter ble gjort i de utvalgte sortene.

3.3.1 Loavling og høsteindeks

Både loavling ($p < 0,001$) og høsteindeks ($p = 0,002$) viste tydelig variasjon mellom feltene (figur 12). Feltet i Våler hadde lavest biomasseproduksjon og høyest høsteindeks (66 %). Stangefeltet hadde høyest biomasse og lavest høsteindeks (57 %). Høsteindeksen i Vallset var på 60 %. Det var ingen signifikante forskjeller mellom 2- og 6-radsbygg, verken for loavling eller høsteindeks.

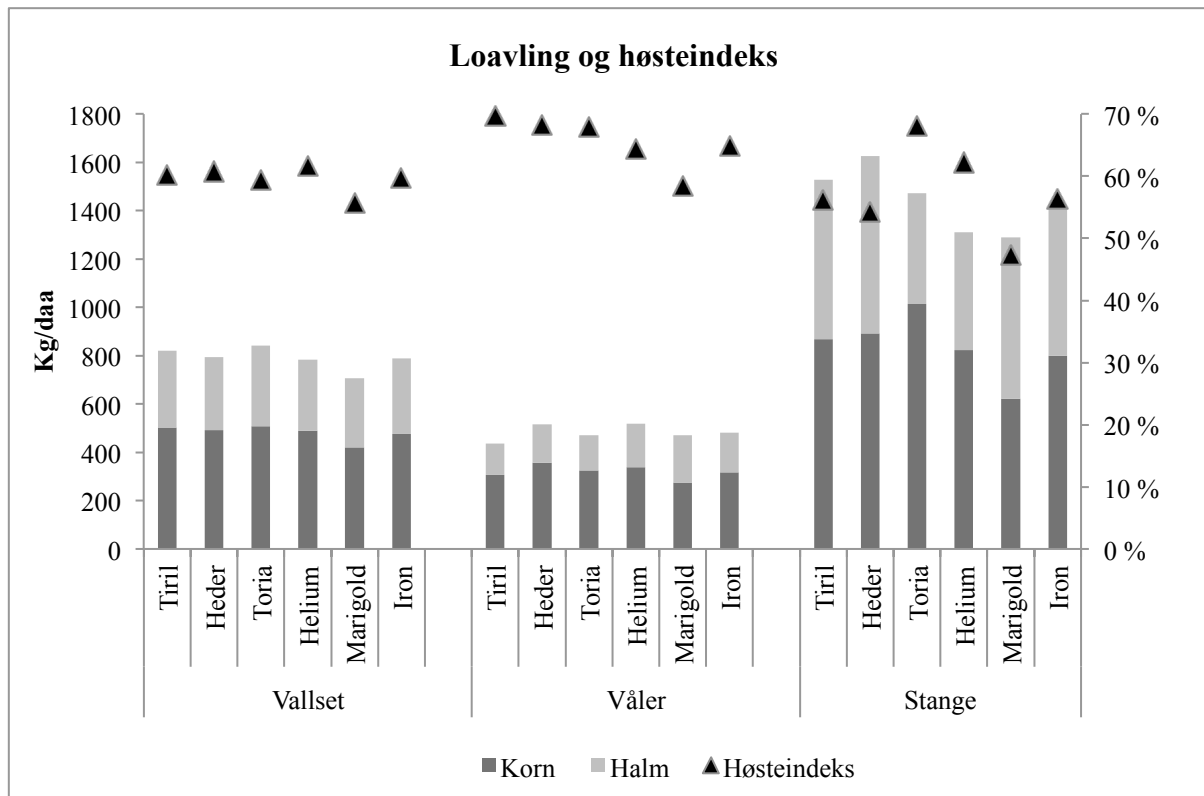


Figur 12: Loavling (kg/daa) og høsteindeks (%) i de tre feltene. For loavling vises det hvor stor andel som utgjøres av korn og halm. $LSD_{95\%} = 133$ (loavling) og 6,1 (høsteindeks).

Det var signifikante forskjeller i høsteindeks mellom sorter i alle feltene (Vallset ($p < 0,001$), Våler ($p = 0,04$) og Stange ($p = 0,04$)), men ikke for loavling (figur 13). Det var også samspill mellom felt og sort for høsteindeks ($p = 0,008$).

Det var størst variasjon i høsteindeks mellom sortene i Stange, og Toria (68 %) hadde høyest høsteindeks. Heder hadde høy høsteindeks i begge de to økologiske feltene, men ikke i det

konvensjonelle feltet. Marigold hadde lavest høsteindeks i alle feltene. Utover dette var rangeringen av sortene mellom feltene svært ulik.



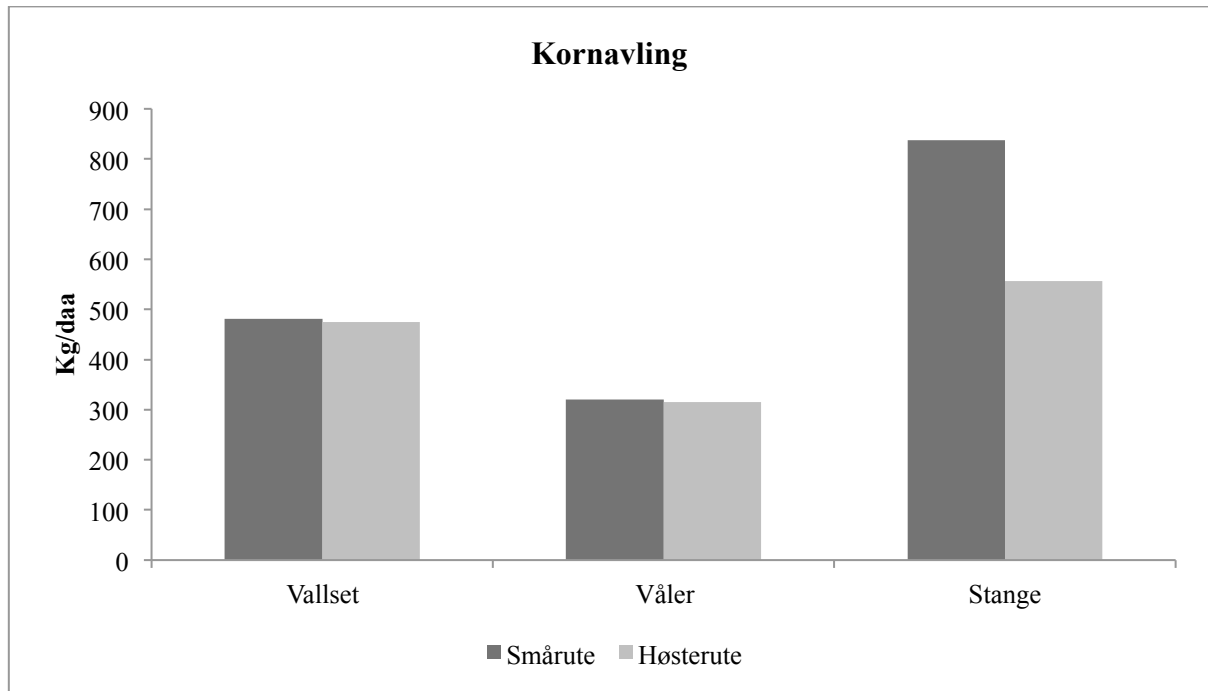
Figur 13: Loavling (kg/daa) og høsteindeks (%) for de utvalgte sortene i de tre feltene. For loavling vises det hvor stor andel som utgjøres av korn og halm. $LSD_{95\%} = 0,9$ (Vallset), $0,6$ (Våler) og $0,1$ (Stange) for høsteindeks.

3.3.2 Kornavling

Det var klare forskjeller i kornavling mellom feltene ($p < 0,001$), både basert på uttak av småruter og høsteruter (figur 14). For de to økologiske feltene samsvarte avlinga fra smårute og høsterute godt, dette var ikke tilfellet for det konvensjonelle feltet på Stange. Det var størst variasjon mellom feltene i kornavling basert på uttak av smårute. Avlinga i det konvensjonelle feltet på Stange var 356 kg/daa høyere enn i Vallset, og 517 kg/daa høyere enn feltet i Våler. Den økologiske kornavlinga utgjorde i gjennomsnitt 48% av den konvensjonelle.

For kornavling basert på tresking av høsterute var ikke variasjonen mellom feltene like stor, og 242 kg/daa skilte feltet med høyest (Stange) og lavest (Våler) avling. Det var større forskjell mellom de to økologiske feltene (160 kg/daa) enn det var mellom det beste

økologiske feltet og feltet på Stange (80 kg/daa). Den økologiske avlinga utgjorde her i gjennomsnitt 71 % av den konvensjonelle. Det var ingen avlingsforskjeller mellom 2- og 6-radsbygg.



Figur 14: Kornavling (kg/daa) ved 15 % vanninnhold for alle felt, basert på både uttak av smårute og tresking av høsterute. $LSD_{95\%} = 109$ (avling, smårute) og 49 (avling, høsterute).

Det var sikre forskjeller i kornavling basert på høsteruter mellom de utvalgte sortene i alle feltene (tabell 11). Feltet i Stange hadde også sikre forskjeller mellom sorter for kornavling basert på småruter. Kornavlingene basert på høsterute i de utvalgte sortene hadde en variasjon på 66 kg/daa i Vallset og 103 kg/daa i Våler. I Vallset utmerket Helium, Marigold og Heder seg med høyere avling enn de andre sortene, mens Marigold hadde lavere avling enn alle de andre sortene i Våler. I det konvensjonelle feltet var avlingsforskjellen mellom sorten med høyest (Toria) og lavest avling (Tiril) på 88 kg/daa. Tiril hadde lavere avling enn alle sortene unntatt Marigold. Variasjonen i avling basert på smårute var på 392 kg/daa, og Toria hadde høyest avling også her.

Tabell 11: Kornavling (kg/daa) ved 15 % vanninnhold, basert på smårute for de utvalgte sortene i alle tre feltene og kornavling (kg/daa) basert på høsterute for alle sorter i feltene i Vallset og Våler, samt for utvalgte sorter i feltet på Stange. P -verdi₁ gjelder for alle ti sortene i Vallset og Våler.

	Vallset		Våler		Stange	
	Smårute	Høsterute	Smårute	Høsterute	Smårute	Høsterute
Tiril	503	457	307	322	869	502
Heder	492	493	356	327	893	556
Toria	507	448	324	345	1014	589
Helium	489	510	339	311	824	567
Marigold	419	500	275	243	621	549
Iron	477	444	316	346	801	580
p -verdi	0,37	0,001	0,68	0,008	0,04	0,03
$LSD_{95\%}$		17		39	193	45
Habil		439		356		
Brage		525		370		
GN 06003		478		405		
LP 1233.6.04		483		338		
p -verdi ₁		0,11		<0,001		
$LSD_{95\%}$				29		

Det var samspill mellom felt og sort for kornavling basert på høsterute i de utvalgte sortene. I Vallsetfeltet gav Helium og Marigold høyest avlinger. I Våler var det Iron og Toria som gav høye avlinger. Rangeringen av sortene i det konvensjonelle feltet hadde få fellestrekk med de to andre feltene. Her var det de seneste 2- og 6-radssortene som gav høyest avling.

3.3.3 Avlingskomponenter

Det var klare forskjeller i avlingskomponentene aks/m² og kornvekt mellom feltene, men ikke for antall korn/aks (tabell 12). Feltet på Stange hadde flest aks/m² og tyngst korn. De økologiske feltene hadde tilnærmet like mange aks/m², men cirka 300 færre enn det konvensjonelle feltet. For kornvekt var det større variasjon mellom de to økologiske feltene (5,4 mg), enn mellom Vallsetfeltet og feltet på Stange (1,5 mg). Mellom 2- og 6-radsbygg var det signifikante forskjeller for alle avlingskomponentene. 2-radsbygget hadde flere aks/m² og tyngre korn enn 6-radsbygget. I gjengjeld hadde 6-radsbygget 15 korn mer per aks.

Tabell 12: Avlingskomponentene aks/m², korn/aks og kornvekt (mg) for alle feltene, samt for 2- og 6-radsbygg (over felt).

	Aks/m²	Korn/aks	Kornvekt
Vallset	492	24,4	43,8
Våler	487	18,3	38,4
Stange	795	25,0	45,3
<i>p-verdi</i>	<0,001	0,17	0,003
<i>LSD_{95%}</i>	199		5,62
2-rad	698	15,9	45,4
6-rad	484	29,2	39,7
<i>p-verdi</i>	0,05	<0,001	0,03

Det var signifikante forskjeller mellom sorter for antall aks/m² i feltet i Vallset og på Stange (tabell 13). I Vallset var det 306 aks/m² som skilte sorten med høyest (Helium/Iron) og lavest (Tiril) aksantall. For feltet på Stange var det tydelig at 2-radssortene hadde flere aks/m² enn 6-radssortene, og 552 aks skilte sorten med flest (Helium) og færrest (Torja) aks/m².

Det var en tendens ($p=0,06$) til samspill mellom felt og sort for antall aks/m². Rangeringen av sortene i Våler og Stange lignet hverandre, og 2-radssortene hadde flest aks/m² i begge feltene. Feltet i Vallset skilte seg ut ved at Torja hadde flere aks enn Marigold. Helium hadde mange aks/m² i alle felt, mens Tiril hadde få aks/m² i begge de økologiske feltene.

For korn/aks var forskjellene mellom sorter signifikante i Vallset og Stange, men ikke i Våler. Det var Tiril og Heder som utmerket seg med mange korn i akset i Vallset. I feltet på Stange hadde Torja hadde flest korn/aks (37 korn).

Det var samspill mellom felt og sort for korn/aks ($p=0,03$). I alle feltene hadde 6-radssortene mange korn/aks, og Tiril hadde flest i begge de økologiske feltene. Helium hadde færrest korn/aks i Vallset og Stange.

Kornvekta varierte mellom sorter i Vallset- og Vålerfeltet, men ikke på Stange. I Vallsetfeltet var det Helium og Marigold som hadde tunge korn. Helium hadde høy kornvekt også i Våler.

Tabell 13: Avlingskomponentene aks/m², korn/aks og kornvekt (mg) for de utvalgte sortene i alle feltene.

		Vallset	Våler	Stange
Aks/m²	Tiril	312	366	610
	Heder	409	480	606
	Toria	545	434	592
	Helium	618	588	1144
	Marigold	447	568	862
	Iron	618	484	954
	<i>p-verdi</i>	<i>0,009</i>	<i>0,20</i>	<i>0,01</i>
	<i>LSD_{95%}</i>	<i>133</i>		<i>252</i>
Korn/aks	Tiril	40	29	35
	Heder	33	20	30
	Toria	22	22	37
	Helium	15	16	14
	Marigold	20	12	15
	Iron	16	16	19
	<i>p-verdi</i>	<i>0,006</i>	<i>0,10</i>	<i>0,002</i>
	<i>LSD_{95%}</i>	<i>9,9</i>		<i>7,9</i>
Kornvekt	Tiril	39,1	34,2	40,4
	Heder	40,1	36,2	48,0
	Toria	41,4	33,4	44,4
	Helium	50,5	47,2	49,0
	Marigold	48,1	40,4	46,3
	Iron	43,3	39,4	44,0
	<i>p-verdi</i>	<i>0,04</i>	<i>0,02</i>	<i>0,47</i>
	<i>LSD_{95%}</i>	<i>6,40</i>	<i>6,71</i>	

3.4 Råvarekvalitet

Det var signifikante forskjeller i proteininnhold og hl-vekt mellom feltene (tabell 14). Det var høyest proteininnhold i feltet på Stange, mens Vallsetfeltet hadde lavest innhold. Hl-vekta var lav i Vålerfeltet.

Tabell 14: Protein (% av ts) og hl-vekt (kg) i alle feltene.

	Protein	Hl-vekt
Vallset	9,5	65,0
Våler	11,1	63,2
Stange	11,9	66,0
<i>p-verdi</i>	<i><0,001</i>	<i>0,04</i>
<i>LSD_{95%}</i>	<i>0,7</i>	<i>2,1</i>

Grunnet manglende rådata var det kun mulig å undersøke forskjeller i proteininnhold og hl-vekt for hovedeffekt av sort. Det var sikre forskjeller mellom sorter i proteininnhold, og en tendens til forskjeller i hl-vekt (tabell 15). Marigold utmerket seg med et høyt innhold av protein, mens Toria hadde et lavt innhold. Helium og Marigold utmerket seg med høy hl-vekt

Tabell 15.: Protein (% av ts) og hl-vekt (kg) for de utvalgte sortene i alle felt, samt hovedeffekt av sort (over felt).

		Vallset	Våler	Stange	Hovedeffekt av sort
Protein	Tiril	9,2	11,2	12,5	11,0
	Heder	9,9	10,7	12,3	11,0
	Toria	9,0	10,3	10,4	9,9
	Helium	10,0	11,3	11,9	11,1
	Marigold	9,4	12,7	12,7	11,6
	Iron	9,5	10,4	11,3	10,4
	<i>p-verdi</i>	-	-	-	0,05
	<i>LSD_{95%}</i>	-	-	-	0,7
Hl-vekt	Tiril	64,4	62,3	64,9	63,9
	Heder	63,7	62,1	67,1	64,3
	Toria	64,7	61,5	67,7	64,6
	Helium	67,8	65,5	66,7	66,7
	Marigold	65,8	64,9	68,9	66,5
	Iron	63,7	62,8	60,8	62,4
	<i>p-verdi</i>	-	-	-	0,07
	<i>LSD_{95%}</i>	-	-	-	2,1

3.4.1 Nitrogeninnhold i plantedeler i kornfyllingsfasen

Det ble tatt ut planteprøver fra kantruter i alle tre feltene i ulike faser av kornutviklinga for analyse av total-N. Malte korn- og halmprøver fra smårutene ble også analysert.

Planteprøvene fra hele planter hadde en tendens til forskjell mellom feltene i innhold av total-N ved aksskyt, og det var sikre forskjeller for innholdet av total-N i korn og halm (tabell 16). Feltet på Stange hadde høyt innhold av total-N ved aksskyt, og også høyest innhold i korn. Vallsetfeltet hadde lavest innhold av total-N ved aksskyt, og lavest innhold av total-N i korn og halm. Alle feltene økte innholdet av total-N i perioden fra aksskyt til tidlig kornfyllingsfase.

Tabell 16: Total-N (% av ts) i hele planter i alle felt ved tre anledninger fra aksskyt og utover i kornfyllingsfasen, samt total-N i korn og halm fra småruter.

	Aksskyt	Tidlig kornfylling	Gulmodning	Korn	Total-N Halm
Vallset	1,20	0,84	0,76	1,33	0,47
Våler	1,33	1,02	1,11	1,69	0,73
Stange	1,63	0,86	0,85	1,82	0,60
<i>p-verdi</i>	0,08	0,21	0,16	<0,001	<0,001
<i>LSD_{95%}</i>	0,17			0,12	0,06

Mellom sorter var det sikre forskjeller i total-N i korn i alle feltene, og en tendens til forskjell for total-N i halm i feltet på Stange (tabell 17). I Vallset hadde Heder høyest innhold av total-N i korn, mens Toria utpekte seg med lavt innhold. I Våler utmerket Marigold seg med høyt innhold. På Stange var det liten variasjon mellom sortene, med unntak av Toria som hadde lavt innhold av total-N i korn.

Det var samspill mellom felt og sort for total-N i korn ($p=0,004$). Iron og Toria hadde lavt innhold, og Marigold hadde høyt innhold, i alle felt. Ut over dette var rangeringen av sortene lite entydig.

Tabell 17: Total-N (% av ts) i korn og halm i de utvalgte sortene i alle feltene.

		Vallset	Våler	Stange
Total-N, korn	Tiril	1,34	1,75	1,98
	Heder	1,48	1,59	1,86
	Toria	1,17	1,54	1,55
	Helium	1,37	1,77	1,84
	Marigold	1,38	1,96	2,00
	Iron	1,26	1,50	1,72
	<i>p-verdi</i>	0,004	0,001	0,004
	<i>LSD_{95%}</i>	0,10	0,21	0,15
Total-N, halm	Tiril	0,42	0,71	0,50
	Heder	0,44	0,65	0,53
	Toria	0,49	0,69	0,55
	Helium	0,48	0,77	0,65
	Marigold	0,50	0,77	0,78
	Iron	0,51	0,79	0,62
	<i>p-verdi</i>	0,13	0,68	0,08
	<i>LSD_{95%}</i>			0,18

4 Diskusjon

4.1 Jordforhold og næringsforsyning

Det var en pH på 6,3 i alle feltene. Dette er tilstrekkelig høyt for byggdyrking, da det er ønskelig med pH over 6, og minimum 5,8 til bygg (Agropub 2011). Feltene ble tilført ulike typer og mengder gjødsel. Vålerfeltet fikk tilført kun 4 kg total-N/daa som pelletert hønsegjødsel. Selv om hønsegjødsel har høy nitrogenkonsentrasjon, er dette langt mindre enn det som er nødvendig for å dekke næringsbehovet til korn, da en kornavling på 400 kg fjerner 8 kg nitrogen (Frøseth et al. 2011). Vallsetfeltet fikk tilført 11 kg total-N/daa fra konvensjonell svinegjødsel. Dette er en større mengde konvensjonell nitrogen enn tillatt i det økologiske regelverket, som har satt en grense på 8 kg total-N/daa fra ikke-økologiske gjødselkilder (Mattilsynet 2005). Det er imidlertid mulig å søke om å tilføre nitrogenmengder utover det regelverket tillater, hvis man kan dokumentere at det gir økt avlingsutbytte (Lier 2012, pers.med.). Det konvensjonelle feltet på Stange ble gjødsel med mineralgjødsel. Nitrogenet finnes der som lettløselig nitrat og ammonium, og næringen er tilgjengelig for plantene tidlig i sesongen.

Det er kun en liten andel av næringsstoffene i organisk gjødsel som er direkte tilgjengelig for plantene. Resten av næringsstoffene må mineraliseres før plantene kan ta dem opp. Dette avhenger av en rekke forhold i jorda, blant annet temperatur og fuktighet. Temperaturer ned mot 5 °C og mer enn 60 % vannfylt porevolum reduserer mineraliseringen betydelig (Brady & Weil 1999), og slike forhold finnes ofte i jorda tidlig om våren. En periode med liten mineralisering tidlig i vekstsesongen er observert av Hauggaard-Nielsen et al. (1998), og nitrogenet ble ikke plantetilgjengelig før i strekkingsfasen. Siden bygg har næringsopptaket i buskingsfasen, vil forsinket mineralisering om våren føre til at næringsstoffene ikke er tilgjengelig for planta i perioden for næringsopptak.

I tillegg til husdyrgjødsel, vil høyt innhold av organisk materiale i jord gi et større potensiale for frigjøring av næringsstoffer enn jord med lite organisk materiale. Vallsetfeltet hadde således bedre forutsetninger for plantevekst, siden både tilført gjødselmengde og innhold av organisk materiale i jorda var høyere enn i Vålerfeltet.

4.1 Plantevekst og utvikling

Det var ingen forskjeller mellom de to økologiske feltene i N-testerverdi målt på flaggblad ved aksskyt, til tross for ulik gjødsling av feltene. Dette viser at nitrogenkonsentrasjonen i plantene i de to feltene var lik på dette stadiet i planteutviklingen. Biomasseproduksjonen var imidlertid lavere i Vålerfeltet, og viser at nitrogenopptaket var ulikt mellom feltene. Lik N-testerverdi skyldes derfor antagelig at nitrogenet i Våler skulle fordeles på en mindre biomasse.

Sortene viste signifikante forskjeller i N-testerverdi, og 6-radsbygget hadde høyere verdi enn 2-radsbygget. De målte verdiene varierte fra 451 til 582, med et gjennomsnitt på 504. Bergjord (2005, unpubl.materiale) gjorde målinger i perioden 2000-2004 med YARA N-tester® i 18 tidlige og sene byggsorter i strekkingsfasen. Resultatene viste at N-testerverdien varierte med sort, og det ble målt verdier mellom 453 og 517, med et gjennomsnitt på 489. Sene byggsorter hadde i gjennomsnitt høyere verdier enn tidlige byggsorter. Tiril var eneste felles sort mellom forsøkene, og hadde en verdi på 492 i perioden 2000-2004, mot 519 i dette forsøket. Målingene i 2011 ble gjort senere i vekstsesongen, og kan være årsaken til at de målte verdiene var høyere enn i perioden 2000-2004. Det er likevel noe overraskende at N-testerverdiene i de økologiske feltene var høyere enn målingene gjort i konvensjonelle felt over en fireårsperiode. Siden YARA N-tester® bruker grønnfargen på bladet som et indirekte mål på nitrogeninnholdet, er det mulig at de målte verdiene ble påvirket av naturlige sortsforskjeller i bladfarge. Dette er tilfellet i hvete (Hoel 2002). I følge Hoel (2012, pers.med.) er det mulig at det også er slik i bygg, men at fargeforskjellene mellom sorter er mindre enn i hvete.

Varmesummen i de økologiske feltene var høy nok til å oppnå modning av de seneste 2-radssortene, da disse krever i underkant av 1500 d° (Åssveen & Abrahamsen 1999). Nedbør i vekstsesongen påvirker kravet til varmesum, og ved 100 mm nedbør er det anslått at kravet til varmesum øker med 50-60 d° i bygg (Åssveen & Abrahamsen 1999). Fra såing til høsting kom det 327 mm nedbør i Vallset og 430 mm i Våler, noe som økte kravet til varmesum med cirka 150 d° i Vallset og 200 d° i Våler. Det var likevel vanskelig å se noen effekt av at nedbør økte kravet til varmesum i dette forsøket, da Vålerfeltet modnet tidligere enn feltet i Vallset. Modningen påvirkes imidlertid også av andre faktorer, for eksempel kan sterkere nitrogengjødsling gi utsatt modning (Tveitnes & Repstad 1998). En annen årsak kan være at

målestasjonene det ble hentet klimadata fra ikke lå i umiddelbar nærhet til feltene. Antagelig har den faktiske varmesummen som ble oppnådd i feltene derfor avvek noe fra de målte verdiene.

Oppspiringen var jevn og tilfredsstillende i begge felt. I Vallsetfeltet var oppkomstprosenten på 95 %, mens den i Våler var på 88 %. Noen av sortene viste ved den første tellingen etter spiring flere planter/m² enn antall spiredyktige korn som ble sådd. Dette kan skyldes at noen av plantene hadde begynt å buske seg, slik at også noen buskingsskudd ble telt. Det er også mulig at telleradene som ble valgt ikke var representative for ruta, da sätettheten varierte i såraden.

Skuddutviklingen var dårligere i Våler enn i Vallset. Ved busking var det en tendens til at det var færre skudd/m² i Våler, og ved aksskyt var denne forskjellen statistisk sikker. Plantehøyden var også lavere i Våler. Dette tyder på at nitrogentilgangen i Vålerfeltet i busking- og strekkingsfasen var dårligere enn i Vallset, siden både plantevekst (Aasen 1997), og dannelse og overlevelse av buskingsskudd fremmes av god nitrogentilgang (Baethgen et al. 1995).

I strekkingsfasen ble skuddantallet redusert med 25 % i begge feltene. En reduksjon av antall skudd/m² i denne perioden er også observert av andre (Arisnabarreta & Miralles 2008a; Gallagher et al. 1976; Kristensen 2003), og frafallet skyldes i følge Arisnabarreta & Miralles (2008a) tap av buskingsskudd framfor tap av hovedskudd. Like stor skuddnedgang i begge felt tyder på at selv om Vallsetfeltet fikk tilført betydelig mer gjødsel enn Vålerfeltet, var det likevel ikke nok til å fremme overlevelse av alle buskingsskuddene som ble dannet. Forskjellen i skuddantall mellom de økologiske feltene utgjøres dermed av antall skudd som dannes, framfor buskingsskudd som ikke overlever.

Det var ikke mulig å påvise forskjeller i dekkeevne mellom sorter, verken ved visuell registrering gjennom vekstsesongen eller med lysmålinger ved begynnende aksskyt. Likevel varierte ugrasforekomsten mellom sortene i Vallset. Dette kan skyldes naturlige variasjoner i ugrastetthet i feltet. Siden det ikke var forskjeller mellom sortene, var det heller ikke mulig å påvise forskjeller i dekkeevne mellom 2- og 6-radsbygg, som rapportert av (Strand 1984). Lanning et al. (1997) observerte også sortsforskjeller i dekkeevne, etter å ha målt transmittert lys i byggsorter ved aksskyt. Registreringer av dekkeevne blir ofte gjort under gode dyrkingsforhold. Antagelig vil sortsforskjellene være mindre under ekstensive forhold, som

følge av en tynn plantebestand og lav plantehøyde. Dette kan være årsaken til at dokumenterte sortsforskjeller ikke kom fram i dette forsøket.

4.2 Ugras, sykdommer og skadedyr

Vålerfeltet hadde større forekomst av ugras og sykdommer enn feltet i Vallset, og avlinga har trolig blitt noe redusert av dette. Registreringen av ugras viste at det i all hovedsak var ettårige frøugras som var tilstede. Da det ikke ble ugrasharvet i feltene, var det heller ingen mulighet til ugrasregulering. Det var lite rotugras i begge feltene, selv om det er rapportert at rotugras er den største ugrasutfordringen ved økologisk kornproduksjon (Salonen et al. 2001). Det var også lite sykdom i begge de økologiske feltene til en nedbørsrik vekstsesong å være, da både byggbrunflekk og grå øyeflekk trives i fuktige omgivelser (Brodal et al. 2009). Det var angrep av havrebladminérflue i begge feltene. Flua reduserer plantenes bladareal og dermed også fotosyntesen. Det er grunn til å tro at dette har redusert avlinga noe i begge feltene.

4.3 Avling og avlingskomponentanalyse

Avlingsregistreringer ble gjort i et konvensjonelt felt for å sammenligne sortenes prestasjoner ved økologisk dyrking opp mot sortenes potensiale. Avlingsnivået til feltene varierte i samsvar med tilført gjødselmengde. Som forventet hadde det konvensjonelle feltet høyest avlinger, og Vallsetfeltet hadde høyest avling av de to økologiske feltene. Selv om de økologiske avlingene var betydelig lavere enn de konvensjonelle, var de likevel høyere enn det som er rapportert av andre (Abrahamsen 2006; Eltun et al. 2002). Dette gjaldt spesielt Vallsetfeltet.

Kornavling basert på uttak av småruter var høy i det konvensjonelle feltet på Stange (837 kg/daa), og viser at feltet hadde optimale forhold for plantevekst. For avlingene basert på høsteruter var forskjellen mellom de økologiske og det konvensjonelle feltet mindre. Dette skyldes at avlinga som ble høstet i feltet på Stange var blitt redusert med 33 % i forhold til avlinga fra smårutene. Det er flere mulige årsaker til at avlingene fra smårutene avvek fra høsteruteavlingene. For det første ble smårutene høstet tidligere enn høsterutene. I Stangefeltet gikk det en hel måned mellom uttak av smårute og tresking av feltet. Korn kan da

ha blitt tapt på grunn av dryssing, aksknekk og legde. Det ble registrert sein legde i Tiril (18 %), Toria (13 %), Helium (5 %) og Marigold (20 %) i dette feltet. For det andre kan variasjonen skyldes korntap under tresking, eller at småruta ikke var representativ for høsteruta. Feltet på Stange var svært jevnt, og uttak av småruter her antas å være representative. Dette kommer også fram av de statistiske beregningene, siden det var signifikante forskjeller i avling mellom sorter både ved uttak av smårute og høsterute i feltet på Stange. I de økologiske feltene var det kun signifikans for avlinga fra høsterutene. Mangel på signifikante forskjeller mellom sortene for småruteavling tyder på at smårutene i de økologiske feltene ikke var representative.

Avlingskomponentanalysen gir innsikt i hvordan vekstforholdene var i de avlingsdannende fasene av vekstsesongen. Antall aks/m² var betydelig lavere i de økologiske feltene i forhold til det konvensjonelle feltet. Dette belyser en stor utfordring ved bruk av organisk gjødsel. I motsetning til mineralgjødsel, der næringen er direkte tilgjengelig for plantene, er mineraliseringen av organisk gjødsel forsinket i forhold til perioden for næringsopptak i planta. Dette resulterer i at nitrogentilgangen i busking- og strekkingsfasen normalt er for lav til å fremme et optimalt antall aks/m². Det er derfor sannsynlig at forskjellen i avlingspotensiale mellom en økologisk og konvensjonell byggåker oppstår tidlig i vekstsesongen.

Antall aks/m² i de økologiske feltene ble registrert både under skuddtellingen ved aksskyt, og under uttak av smårute. Skuddantallet ved de to tellingene samsvarte godt i Vallsetfeltet. I Våler var skuddantallet lavere ved tellingen ved aksskyt. Årsaken til forskjellen er trolig at det ikke ble telt på samme sted i rutene ved de to anledningene. Tellingene ved aksskyt ble gjort på 2x1 m såråd, mens smårutene ble tatt ut fra en 0,25 m² stor høsterute.

Det var ingen signifikante forskjeller i antall aks/m² mellom de to økologiske feltene ved noen av tellingene, til tross for svært ulik gjødsling og en avlingsforskjell på 34 %. Siden Vallsetfeltet ble gjødslet sterkere, var det forventet at det skulle vært flere aks/m² der, på grunn av bedre nitrogentilgang. Dette var ikke tilfellet, noe som tyder på at mineraliseringen ikke var kommet skikkelig i gang da plantene var i buskings- og strekkingsfasen. I det konvensjonelle feltet var det tydelig at 2-radssortene hadde flere aks/m² enn 6-radssortene. Dette samsvarer med forsøk utført i Finland (Peltonen-Sainio et al. 2009b). I de økologiske feltene var forskjellen mellom 2- og 6-radsbygg mindre tydelig.

Det var ingen signifikante forskjeller i antall korn/aks mellom feltene, selv om gjennomsnittstallene for feltene viste at det var færre korn/aks i Vålerfeltet. Antall korn/aks avgjøres i en fase av vekstsesongen med rask plantevekst og stor konkurranse om assimilater. Mangelen på sikre forskjeller antyder at tilgangen på plantenæring (hovedsakelig nitrogen) og assimilatproduksjon har vært i balanse i de tre feltene. Antagelig har mineraliseringen av den organiske gjødselen nå kommet godt i gang. I feltet i Vallset og på Stange var det tydelig at 6-radssortene hadde flest korn/aks. Dette samsvarer med observasjoner av Le Gouis et al. (1999).

Det ble oppnådd tilnærmet lik kornvekt i det økologiske feltet i Vallset (43,8 mg) og det konvensjonelle feltet på Stange (45,3 mg), mens kornvekta i Våler (38,4 mg) var lavere enn i de to andre feltene. I motsetning til dette observerte Kristensen (2003) at kornvekta var høyere ved økologisk dyrking, og dette kunne forklares med at det var færre korn å fordele assimilatene på. Peltonen-Sainio et al. (2007) fant at gjennomsnittlig kornvekt i vårbygg varierte fra 35,2 til 43,6 mg over en 30-års periode i Finland. Sammenlignet med dette ble det funnet relativt høye kornvekter i alle feltene i dette forsøket, noe som tyder på at forholdene for kornfylling har vært gode. Lavere kornvekt, sammen med noen færre korn/aks i Våler enn Vallset, forklarer mye av avlingsforskjellen mellom de to økologiske feltene. Siden kornvekta påvirkes av mengden assimilater som blir produsert og lagret i perioden fram blomstring, så vel som vekstforholdene i kornfyllingsfasen (Mengel & Kirkby 1982), har trolig næringsforsyning og biomasseproduksjon begrenset kornfyllinga i Vålerfeltet.

Høsteindeksen varierte mellom feltene. I det konvensjonelle feltet på Stange (57 %) var den nær det som forventes ved gode vekstbetingelser, som i følge Hay & Porter (2006) er på rundt 50 % i høytytende sorter. Dette indikerer at høy høsteindeks gir høy kornavling under intensive dyrkingsforhold. Feltet viste imidlertid ingen tydelige forskjeller i høsteindeks mellom 2- og 6-radsbygg. Dette er i motsetning til observasjoner av Peltonen-Sainio et al. (2008), som fant at 6-radsbygg hadde høyere høsteindeks enn 2-radsbygg. Høsteindeksen var høyest i det økologiske feltet i Våler (66 %), men også feltet i Vallset (60 %) hadde høyere høsteindeks enn det konvensjonelle feltet. Feltet i Våler hadde dermed høyest høsteindeks og lavest kornavling. Forklaringen kan være at tidlig næringsmangel i dette feltet gav lavere planter og dårligere biomasseproduksjon, som resulterte i få aks/m² samt noen færre korn/aks. Gode forhold i kornfyllingsfasen gav god kornutvikling, og dermed normal kornvekt. Dette resulterer i at det blir mye korn i forhold til produsert plantemasse, og høsteindeksen

samsvarer derfor ikke med avlingsnivået. Dårlige forhold tidlig i vekstsesongen, og bedre forhold i kornfyllingsfasen kan sies å være typisk for en økologisk byggåker, der næringsforsyningen er avhengig av gode forhold for mineralisering. Peltonen-Sainio et al. (2008) observerte også at høy høsteindeks under ulike dyrkingsforhold kunne indikere utfordringer med avlingsdannelse, og at kornvekta hadde positiv sammenheng med høsteindeksen.

4.4 Råvarekvalitet

Kravet til hl-vekt i bygg er 64 kg/hl ved 15 % vanninnhold (Strand Unikorn 2011). Vålerfeltet hadde i gjennomsnitt lavere hl-vekt enn kravet til basiskvalitet. Det var sorter i Vålerfeltet (Tiril, Heder, Toria, Iron), men også i Stange (Iron) som ikke oppfylte kravet til hl-vekt. Hl-vekt er et volummål på kornets fyllingsgrad. På grunn av dette kan formen på kornet påvirke hl-vekta, og forskjeller mellom sortene kan derfor skyldes ulikheter i kornfasong framfor ulik kornfylling.

Proteininnholdet var høyest i feltet på Stange (11,9 %), og dette feltet oppnådde også høy kornavling. Dette antyder at det har vært nok nitrogen tilgjengelig til å fremme både avlingsdannelse og høyt proteininnhold. I de økologiske feltene var det negativ sammenheng mellom avling og proteininnhold, og Vallsetfeltet hadde høyere avling men lavere proteininnhold enn feltet i Våler. Å oppnå både tilfredsstillende avling og et akseptabelt proteininnhold er således en av utfordringene ved økologisk byggproduksjon. Proteininnholdet i Vallset var noe lavere enn ønskelig, men tyder på at nitrogenet som har vært til stedet har blitt brukt effektivt. Dette understøttes av resultatene for total-N i korn og halm, som viser en effektiv translokasjon av nitrogen fra halmen til kornet. Det er vanskelig å finne forklaringen på dette ut i fra egne data, men mulige årsaker til god translokasjon kan være temperaturen i modningstiden eller tvangsmodning. Dette kan det være aktuelt å belyse i videre forsøk. Årsaken til at Vålerfeltet hadde høyere proteininnhold enn Vallsetfeltet, er at det var færre aks og korn å fordele nitrogenet på. Det har også vært en dårligere omfordeling av nitrogen fra halm til korn i dette feltet.

4.5 Økologisk kontra konvensjonell byggdyrking

Det er et faktum at økologiske kornavlinger ofte er lavere enn konvensjonelle avlinger (Bergström et al. 2008a; Eltun et al. 2002). Fordelene ved å produsere mat med liten bruk av ikke-fornybare innsatsfaktorer, kan synes å bli oppveid av at det produseres mindre mat per arealenhet til en stadig økende befolkning. Regjeringen har ytret et behov for 20 % økt matproduksjon de neste 20 årene, samtidig som 15 % av dette skal være av økologisk opphav (St. meld. nr 9 (2011-2012)). For å kunne innfri begge målene, må økologiske avlinger økes. Til dette behøves kunnskap, forskning og dyktige bønder.

Hovedårsaken til avlingsforskjellen mellom de økologiske og det konvensjonelle feltet i dette forsøket, var et lavere antall aks/m² i de økologiske feltene. Som nevnt tidligere i diskusjonen, skyldtes et lavt antall aks/m² at færre buskingsskudd ble utviklet, noe som i dette tilfellet hadde sammenheng med liten næringstilgang i busking- og strekkingsfasen. Forskjellene mellom de økologiske og det konvensjonelle feltet oppsto dermed tidlig i sesongen. At næringsforsyningen er årsaken til avlingsforskjellene mellom økologisk og konvensjonell produksjon, er også påpekt av andre (Berry et al. 2002). Avlingsforskjellen mellom de økologiske feltene skyldtes i hovedsak ulik kornvekt. Vallsetfeltet fikk tilført mest gjødsel av de økologiske feltene, og tangerte det konvensjonelle feltet både for korn/aks og kornvekt. Dette viser at det er muligheter for å oppnå gode økologiske byggavlinger. Utfordringen i økologisk byggproduksjon blir dermed å få nitrogenet plantetilgjengelig tidlig nok i vekstsesongen, slik at det dannes flere aks/m².

Spørsmålet er om sortene som er tilgjengelige på markedet er godt nok egnet til økologisk dyrking, eller om det er behov for egne økologiske sorter, da det hevdes at tilgang på egnet sortsmateriale er en viktig forutsetning for å lykkes med økologisk produksjon (Askegaard et al. 2011b). Det hevdes også at det med fordel kan foredles egne sorter til økologisk dyrking (Wolfe et al. 2008), gjerne med genmateriale fra gamle sorter inkludert i foredlingen (Newton et al. 2011a). Dette forsøket har imidlertid ikke kunnet påvise at valg av sort er en avgjørende faktor for å oppnå gode avlinger, og det kom fram at dyrkingsforhold og dyrkingsteknikk var vel så vesentlige faktorer for å lykkes med økologisk byggproduksjon. Det er dermed grunn til å anta at sortene som er tilgjengelige på markedet i dag, også vil kunne yte godt under økologiske forhold, såfremt næringstilførselen i vekstsesongen er god.

Det er imidlertid mulig at det i framtiden vil bli behov for egne sorter tilpasset ikke-optimale dyrkingsforhold. Dette gjelder også innen konvensjonell dyrking, siden mineralgjødsel blir stadig dyrere og miljøkravene strengere. Et økende behov for global matproduksjon vil også føre til at mindre optimale dyrkingsområder må tas i bruk. Da vil ikke nødvendigvis intensive sorter med stort krav til næringstilgang og plantevern være mest gunstig.

5 Konklusjon

Det var forskjeller i dyrkingsegenskaper mellom byggsorter, men det var ingen av sortene som utpekte seg entydig positivt eller negativt ved økologisk dyrking. Sortsprestasjonene varierte også mellom feltene, og viser at dyrkingsmiljø er en vel så vesentlig faktor for å oppnå tilfredsstillende økologiske byggavlinger som valg av sort. På bakgrunn av disse resultatene er det derfor ikke mulig å anbefale noen av sortene fremfor andre til økologisk dyrking, da sortsprestasjonene vil variere med dyrkings- og miljøforhold på den enkelte gård.

Forskjellene i planteutvikling og avling mellom feltene kunne i stor grad forklares ut fra forskjeller i type og mengde tilført gjødsel. De økologiske byggavlingene ble begrenset av antall aks/m² i forhold til konvensjonelle avlinger. Antall aks/m² påvirkes av nitrogentilgangen i busking- og strekkingsfasen. Dette er med på å understreke viktigheten av å ha god tilgang på organisk gjødsel som mineraliseres tidlig i sesongen, for å kunne høste akseptable økologiske byggavlinger.

Siden dyrkingsmiljøet har stor innvirkning på sortenes prestasjoner ved økologisk dyrking, er ett år med forsøk ikke nok til å kunne si noe sikkert om sortenes dyrkingsegenskaper. Testing av sortene bør foregå over flere år, slik som i veiledningsforsøkene fra Bioforsk. Det bør imidlertid vurderes om sorter til økologisk dyrking også bør testes for egenskaper som gjelder næringsopptak, da dette er av stor betydning for å lykkes med økologisk byggproduksjon.

6 Litteraturliste

- Aasen, I. (1997). *Mangelsjukdomar og andre ernæringsforstyringar hos kulturplanter*. 2. utg. Oslo: Landbruksforlaget. 95 s.
- Abrahamsen, S. (2006). Erfaringer fra praktisk økologisk byggdyrking. I: Kristoffersen, A. Ø. (red.) Bioforsk FOKUS, b. 1 *Plantemøtet Østlandet 2006*, s. 66-67. Ås: Bioforsk.
- Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology*. 5. utg. Amsterdam: Elsevier Academic Press. 922 s.
- Agropub. (2011). Krav til pH. Tilgjengelig fra: <http://agropub.no/id/10491.0> (lest 17.2.2012).
- Anbessa, Y., Juskiw, P., Good, A., Nyachiro, J. & Helm, J. (2009). Genetic Variability in Nitrogen Use Efficiency of Spring Barley. *Crop Science*, 49 (4): 1259-1269.
- Andersen, A. & Fugleberg, O. (1997). Developmental rates for *Chromatomyia fuscata* (Zett) (Dipt, Agromyzidae) at five constant temperatures. *Journal of Applied Entomology* 121 (6): 311-314.
- Andersen, A. (1999). Plant protection in spring cereal production with reduced tillage. II. Pests and beneficial insects. *Crop Protection*, 18 (10): 651-657.
- Andersen, A. & Meadow, R. (2009). Skadedyr i korn, oljevekster og kjernebelgvekster. I: Brandsæter, L. O., Mangerud, K., Birkenes, S. M., Brodal, G. & Andersen, A. (red.) Bioforsk FOKUS, b. 4 *Plantevern og plantehelse i økologisk landbruk: Bind 3- Korn, oljevekster og kjernebelgvekster*, s. 151-180. Ås: Bioforsk
- Andersson, A. & Holm, L. (2011). Effects of Mild Temperature Stress on Grain Quality and Root and Straw Nitrogen Concentration in Malting Barley Cultivars. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 197 (6): 466-476.
- Appleyard, M., Kirby, E. J. M. & Fellowes, G. (1982). Relationships between the Duration of Phases in the Pre-Anthesis Life-Cycle of Spring Barley. *Australian Journal of Agricultural Research*, 33 (6): 917-925.
- Arisnabarreta, S. & Miralles, D. J. (2004). The influence of fertiliser nitrogen application on development and number of reproductive primordia in field-grown two- and six-rowed barleys. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55 (3): 357-366.
- Arisnabarreta, S. & Miralles, D. J. (2006a). Floret development and grain setting in near isogenic two- and six-rowed barley lines (*Hordeum vulgare* L.). *Field Crops Research*, 96 (2-3): 466-476.
- Arisnabarreta, S. & Miralles, D. J. (2006b). Yield responsiveness in two- and six-rowed barley grown in contrasting nitrogen environments. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 192 (3): 178-185.
- Arisnabarreta, S. & Miralles, D. J. (2008a). Critical period for grain number establishment of near isogenic lines of two- and six-rowed barley. *Field Crops Research*, 107 (3): 196-202.

- Arisnabarreta, S. & Miralles, D. J. (2008b). Radiation effects on potential number of grains per spike and biomass partitioning in two- and six-rowed near isogenic barley lines. *Field Crops Research*, 107 (3): 203-210.
- Arvidsson, J. (1999). Nutrient uptake and growth of barley as affected by soil compaction. *Plant and Soil*, 208 (1): 9-19.
- Askegaard, M., Olesen, J. E. & Kristensen, K. (2005). Nitrate leaching from organic arable crop rotations: effects of location, manure and catch crop. *Soil Use and Management*, 21 (2): 181-188.
- Askegaard, M., Olesen, J. E., Rasmussen, I. A. & Kristensen, K. (2011a). Nitrate leaching from organic arable crop rotations is mostly determined by autumn field management. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 142 (3-4): 149-160.
- Askegaard, M., Thomsen, I. K., Berntsen, J., Hovmøller, M. S. & Kristensen, K. (2011b). Performance of spring barley varieties and variety mixtures as affected by manure application and their order in an organic crop rotation. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 61 (5): 421-430.
- Baethgen, W. E., Christianson, C. B. & Lamothe, A. G. (1995). Nitrogen-Fertilizer Effects on Growth, Grain-Yield, and Yield Components of Malting Barley. *Field Crops Research*, 43 (2-3): 87-99.
- Baghestani, A., Lemieux, C., Leroux, G. D., Baziramakenga, R. & Simard, R. R. (1999). Determination of allelochemicals in spring cereal cultivars of different competitiveness. *Weed Science*, 47 (5): 498-504.
- Baik, B. K. & Ullrich, S. E. (2008). Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest. *Journal of Cereal Science*, 48 (2): 233-242.
- Bakken, A. K., Breland, T. A., Haraldsen, T. K., Aamlid, T. S. & Sveistrup, T. E. (2006). Soil fertility in three cropping systems after conversion from conventional to organic farming. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 56 (2): 81-90.
- Barberi, P. (2002). Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues? *Weed Research*, 42 (3): 177-193.
- Barstad, G. (red.). (2006). *Plantevern og plantehelse i økologisk landbruk: Bind 1 Bakgrunn, biologi og tiltak*. Oslo: GAN Forlag AS. 304 s.
- Belz, R. G. (2007). Allelopathy in crop/weed interactions - an update. *Pest Management Science*, 63 (4): 308-326.
- Ben-Hammouda, M., Ghorbal, H., Kremer, R. J. & Oueslatt, O. (2002). Autotoxicity of barley. *Journal of Plant Nutrition*, 25 (6): 1155-1161.
- Bergjord, A. K. (2005). *Utdrag av intern rapport angående N-testermålinger i bygg*. Upublisert manuskript.

- Bergkvist, G., Stenberg, M., Wetterlind, J., Bath, B. & Elfstrand, S. (2011). Clover cover crops under-sown in winter wheat increase yield of subsequent spring barley-Effect of N dose and companion grass. *Field Crops Research*, 120 (2): 292-298.
- Bergström, L., Kirchmann, H., Aronsson, H., Torstensson, G. & Mattsson, L. (2008a). Use Efficiency and Leaching of Nutrients in Organic and Conventional Cropping Systems in Sweden. I: Kirchmann, H. & Bergström, L. (red.) *Organic Crop Production: Ambitions and Limitations*. s.l: Springer. 244 s.
- Bergström, L., Kirchmann, H. & Thorvaldsson, G. (2008b). Widespread Opinions About Organic Agriculture: Are They Supported by Scientific Evidence? I: Kirchmann, H. & Bergström, L. (red.) *Organic Crop Production: Ambitions and Limitations*. s.l: Springer. 244 s.
- Berry, P. M., Sylvester-Bradley, R., Philipps, L., Hatch, D. J., Cuttle, S. P., Rayns, F. W. & Gosling, P. (2002). Is the productivity of organic farms restricted by the supply of available nitrogen? *Soil Use and Management*, 18: 248-255.
- Bertholdsson, N. O. (2004). Variation in allelopathic activity over 100 years of barley selection and breeding. *Weed Research*, 44 (2): 78-86.
- Bertholdsson, N. O. (2005). Early vigour and allelopathy - two useful traits for enhanced barley and wheat competitiveness against weeds. *Weed Research*, 45 (2): 94-102.
- Bertholdsson, N. O. & Brantestam, A. K. (2009). A century of Nordic barley breeding-Effects on early vigour root and shoot growth, straw length, harvest index and grain weight. *European Journal of Agronomy*, 30 (4): 266-274.
- Bhatty, R. S. (1993). Nonmalting Uses of Barley. I: MacGregor, A. W. & Bhatty, R. S. (red.) *Barley: Chemistry and Technology*, s. 355-417. St.Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
- Binder, E. M. (2007). Managing the risk of mycotoxins in modern feed production. *Animal Feed Science and Technology*, 133 (1-2): 149-166.
- Bingham, I. J., Blake, J., Foulkes, M. J. & Spink, J. (2007). Is barley yield in the UK sink limited? II. Factors affecting potential grain size. *Field Crops Research*, 101 (2): 212-220.
- Bingham, I. J., Bengough, A. G. & Rees, R. M. (2010). Soil compaction-N interactions in barley: Root growth and tissue composition. *Soil & Tillage Research*, 106 (2): 241-246.
- Bioforsk Plantehelse. (2011). *AgroMetBase*. I: Rafoss, T. (red.). Landbruksmeteorologisk tjeneste. Ås: Bioforsk Plantehelse. Tilgjengelig fra: <http://lmt.bioforsk.no/agrometbase/getweatherdata.php> (lest 30.11.2011).
- Brady, N. C. & Weil, R. R. (1999). *The Nature and Properties of Soils*. 12. utg. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall. 881 s.

- 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 of perennial weeds in organically farmed cereals. *European Journal of Agronomy*, 34 (4): 239-246.
- Breirem, K. (1979). Korn som mat. I: *Korn er liv: Statens kornforretning 50 år*, s. 137-229. Oslo: Statens Kornforretning.
- Bremmer, J. M. & Mulvaney, C. S. (1982). Nitrogen-total. I: Page, A. L., Miller, R. H. & Keeney, D. R. (red.) *Methods of Soil Analysis Part 2 Agronomy* 9 s. 595-624. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy Inc.
- Brodal, G. & Henriksen, B. (2009). Smitteterskler og behandlingsmetoder for sjukdommer i såkorn til økologisk dyrking. I: Fløistad, E. & Munthe, K. (red.) Bioforsk FOKUS, b. 4 *Bioforsk-konferansen 2009*, s. 194-195. Ås: Bioforsk.
- Brodal, G., Henriksen, B. & Sundheim, L. (2009). Sjukdommer i korn, oljevekster og kjernebelgvekster. I: Brandsæter, L. O., Mangerud, K., Birkenes, S. M., Brodal, G. & Andersen, A. (red.) Bioforsk FOKUS, b. 4 *Plantevern og plantehelse i økologisk landbruk: Bind 3- Korn, oljevekster og kjernebelgvekster*, s. 107-147. Ås: Bioforsk
- Børresen, T. (red.). (2004). *Jordarbeiding: Kompendium for JORD 220*. Ås: Landbruksbokhandelen. 134 s.
- Canbolat, M. Y., Bilen, S., Cakmakci, R., Sahin, F. & Aydin, A. (2006). Effect of plant growth-promoting bacteria and soil compaction on barley seedling growth, nutrient uptake, soil properties and rhizosphere microflora. *Biology and Fertility of Soils*, 42 (4): 350-357.
- Christensen, S. (1995). Weed Suppression Ability of Spring Barley Varieties. *Weed Research*, 35 (4): 241-247.
- Dawson, J. C., Huggins, D. R. & Jones, S. S. (2008). Characterizing nitrogen use efficiency in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of cereal crops in low-input and organic agricultural systems. *Field Crops Research*, 107 (2): 89-101.
- Debio. (2012). 2011 statistikk. Tilgjengelig fra: http://debio.no/_upl/statistikkhefte_2011.pdf (lest 20.4.2012).
- Delcour, J. A. & Hosney, R. C. (2010). *Principles of Cereal Science and Technology*. 3. utg. St.Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists. 288 s.
- Didon, U. M. E. (2002). Variation between barley cultivars in early response to weed competition. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 188 (3): 176-184.
- Didon, U. M. E. & Bostrøm, U. (2003). Growth and development of six barley (*Hordeum vulgare* ssp *vulgare* L.) cultivars in response to a model weed (*Sinapis alba* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 189 (6): 409-417.
- Dieseth, J. A. & Uhlen, A. K. (1998). *Korn, Del 1: Forelesningsnotat i PK210, Jordbruksvekster til frømodning*. Ås: Landbruksbokhandelen. 107 s.

- Dolferus, R., Ji, X. M. & Richards, R. A. (2011). Abiotic stress and control of grain number in cereals. *Plant Science*, 181 (4): 331-341.
- Doll, H., Holm, U. & Søgaaard, B. (1995). Effect of Crop Density on Competition by Wheat and Barley with *Agrostemma-Githago* and Other Weeds. *Weed Research*, 35 (5): 391-396.
- Doll, H. (1997). The ability of barley to compete with weeds. *Biological Agriculture & Horticulture*, 14 (1): 43-51.
- Doltra, J., Lægdsmand, M. & Olesen, J. E. (2011). Cereal yield and quality as affected by nitrogen availability in organic and conventional arable crop rotations: A combined modeling and experimental approach. *European Journal of Agronomy*, 34 (2): 83-95.
- Duffus, C. M. & Cochrane, M. P. (1993). Formation of the barley grain- morphology, physiology and biochemistry. I: MacGregor, A. W. & Bhatta, R. S. (red.) *Barley: Chemistry and Technology*, s. 31-72. St.Paul, Minnesota: American Assosiation of Cereal Chemists
- Easson, D. L. (1984). The Timing of Nitrogen Application for Spring Barley. *Journal of Agricultural Science*, 102 (Jun): 673-678.
- Edvardsen, D. H. & Ormstad, I. (2000). Karbohydratförmidler. I: Skrede, A. (red.) *Kraftfôr. Institutt for husdyrfag, Norges Landbrukshøgskole*. Ås: Landbruksbokhandelen. 141 s.
- Elen, O. (2003). Long-term experiments with reduced tillage in spring cereals. III. Development of leaf diseases. *Crop Protection*, 22 (1): 65-71.
- Ellis, R. P. & Marshall, B. (1998). Growth, yield and grain quality of barley (*Hordeum vulgare* L) in response to nitrogen uptake - II. Plant development and rate of germination. *Journal of Experimental Botany*, 49 (323): 1021-1029.
- Eltun, R., Korsæth, A. & Nordheim, O. (2002). A comparison of environmental, soil fertility, yield, and economical effects in six cropping systems based on an 8-year experiment in Norway. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 90 (2): 155-168.
- Eriksen, G. S. & Pettersson, H. (2004). Toxicological evaluation of trichothecenes in animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 114 (1-4): 205-239.
- Eyre, M. D., Critchley, C. N. R., Leifert, C. & Wilcockson, S. J. (2011). Crop sequence, crop protection and fertility management effects on weed cover in an organic/conventional farm management trial. *European Journal of Agronomy*, 34 (3): 153-162.
- Fess, T. L., Kotcon, J. B. & Benedito, V. A. (2011). Crop Breeding for Low Input Agriculture: A Sustainable Response to Feed a Growing World Population. *Sustainability*, 3 (10): 1742-1772.
- Forskrift om såvarer. (1999). *Forskrift om såvarer av 13.september nr 1052*. Tilgjengelig fra: <http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-19990913-1052.html> (lest 18.04.2012).

- Forskrift om økologiske landbruksprodukter mv. (2005). *Forskrift om økologisk produksjon og merking av økologiske landbruksprodukter og næringsmidler av 04. oktober 2005 nr 1103*. Tilgjengelig fra: <http://www.lovdatabank.no/cgi-wif/ldles?doc=/sf/sf/sf-20051004-1103.html> (lest 18.04.2012).
- Frøseth, R. B. (2006). Økologisk kornproduksjon: Arts- og sortsvalg. Tilgjengelig fra: http://www.agropub.no/asset/2958/1/2958_1.pdf (lest 20.4.2012).
- Frøseth, R. B., Hansen, S. & Bakken, A. K. (2008). Contribution of N from frequently chopped green manure to a succeeding crop of barley. Tilgjengelig fra: <http://orprints.org/view/projects/conference.html> (lest 8.5.2012).
- Frøseth, R. B., Kristoffersen, A. Ø. & Sturite, I. (2011). Næringsmengde og tidspunkt for opptak. Tilgjengelig fra: <http://agropub.no/id/10460.0> (lest 17.2.2012).
- Frøseth, R. B., Bakken, A. K., Bleken, M. A., Riley, H., Kristensen, K. T. & Hansen, S. (2012). Nitrogenutnytting ved ulike grønngjødselhåndtering. I: Fløistad, E. & Günther, M. (red.) *Bioforsk FOKUS, b. 7 Bioforsk-konferansen 2012*, s. 90-91. Ås: Bioforsk.
- Fykse, H. (1991). Skadeterskler for ugras i vårkorn. *Faginfo*, 2: 165-173.
- Gahoonia, T. S. & Nielsen, N. E. (2004). Barley genotypes with long root hairs sustain high grain yields in low-P field. *Plant and Soil*, 262 (1-2): 55-62.
- Gales, K. (1983). Yield Variation of Wheat and Barley in Britain in Relation to Crop Growth and Soil-Conditions - a Review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34 (10): 1085-1104.
- Gallagher, J. N., Biscoe, P. V. & Scott, R. K. (1975). Barley and its Environment. V. Stability of Grain Weight. *Journal of Applied Ecology*, 12 (1): 319-336.
- Gallagher, J. N., Biscoe, P. V. & Scott, R. K. (1976). Barley and Its Environment. VI. Growth and Development in Relation to Yield. *Journal of Applied Ecology*, 13 (2): 563-583.
- Goulding, K., Stockdale, E. & Watson, C. (2008). Plant Nutrients in Organic Farming. I: Kirchmann, H. & Bergström, L. (red.) *Organic Crop Production: Ambitions and Limitations*. s.l: Springer. 244 s.
- Halberg, N. & Kristensen, I. S. (1997). Expected crop yield loss when converting to organic dairy farming in Denmark. *Biological Agriculture & Horticulture*, 14 (1): 25-41.
- Hansen, P. K., Rasmussen, I. A., Holst, N. & Andreasen, C. (2007a). Tolerance of four spring barley (*Hordeum vulgare*) varieties to weed harrowing. *Weed Research*, 47 (3): 241-251.
- Hansen, P. K., Kristensen, K. & Willas, J. (2008). A weed suppressive index for spring barley (*Hordeum vulgare*) varieties. *Weed Research*, 48 (3): 225-236.

- Hansen, S., Bleken, M. A., Løes, A. K., Govasmark, E., Øgaard, A. F. & Breland, T. A. (2007b). Sustainable nutrient supply of organic farming challenged by specialisation. I: Lund, M., Larsen, T. U., Thøgersen, J. O., Christensen, S., Børsting, C., Plauborg, F., Munkholm, L. J., Olesen, J. E., Callesen, O., Askegaard, M., et al. (red.) *NJF Rapport b. 3 NJF 23rd Congress 2007: Trends and Perspectives in Agriculture: Copenhagen, June 26-29, 2007*, s. 193-194: Nordic Association of Agricultural Scientists.
- Hauggaard-Nielsen, H., de Neergaard, A., Jensen, L. S., Høgh-Jensen, H. & Magid, J. (1998). A field study of nitrogen dynamics and spring barley growth as affected by the quality of incorporated residues from white clover and ryegrass. *Plant and Soil*, 203 (1): 91-101.
- Hauggaard-Nielsen, H., Gooding, M., Ambus, P., Corre-Hellou, G., Crozat, Y., Dahlmann, C., Dibet, A., von Fragstein, P., Pristeri, A., Monti, M., et al. (2009). Pea-barley intercropping for efficient symbiotic N(2)-fixation, soil N acquisition and use of other nutrients in European organic cropping systems. *Field Crops Research*, 113 (1): 64-71.
- Hay, R. K. M. & Porter, J. R. (2006). *The Physiology of Crop Yield*. 2. utg. Oxford: Blackwell Publishing. 314 s.
- Heap, I. (2012). The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Tilgjengelig fra: <http://www.weedscience.org> (lest 23.3.2012).
- Henriksen, B., Drægni, K., Skjelvåg, A. O. & Brodal, G. (2008). Høyt innhold av organisk materiale i jord kan hemme angrep av byggbrunflekk. I: Strand, E. (red.) Bioforsk FOKUS b. 3 *Plantemøtet 2008.*, s. 74-75. Ås: Bioforsk.
- Hoel, B. O. (2002). Chlorophyll Meter Readings in Winter Wheat: Cultivar Differences and Prediction of Grain Protein Content. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 52 (4): 147-157.
- Hoel, B. O. (2012). *Yara N-måling i bygg* (E-post til Bernt O. Hoel 20.03.2012).
- Hofgaard, I. S., Brodal, G., Elen, O., Strand, E. & Sveen, O. (2011). Hvordan redusere risiko for mykotoksiner i korn? *Bioforsk TEMA*, 6 (4). Tilgjengelig fra: [http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/85764/TEMA_6\(4\)Dyrk-veil_Fus.pdf](http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/85764/TEMA_6(4)Dyrk-veil_Fus.pdf) (lest 15.1.2012).
- Hofgaard, I. S., Elen, O. & Brodal, G. (2012). Effekt av dyrkingspraksis på utvikling av *Fusarium* og mykotoksiner i korn. I: Fløistad, E. & Günther, M. (red.) Bioforsk FOKUS, b. 7 *Bioforsk-konferansen 2012*, s. 60-61. Ås: Bioforsk.
- Hofsvang, T. & Sundheim, L. (1990). *Sjukdommer og skadedyr på jordbruksvekster*. Oslo: Landbruksforlaget. 112 s.
- Hopkins, W. G. & Hüner, N. P. A. (2009). *Introduction to Plant Physiology*. 4. utg. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons. 528 s.

- Hågvar, E. B., Trandem, N. & Hofsvang, T. (2000). Phenology and sex ratio of the parasitoids of a cereal leaf miner *Chromatomyia fuscata* (Diptera : Agromyzidae). *European Journal of Entomology*, 97 (3): 339-346.
- IFOAM. (s.a). Principles of Organic Agriculture. Tilgjengelig fra: http://www.ifoam.org/organic_facts/principles/pdfs/IFOAM_FS_Principles_forWebsite.pdf (lest 12.4.2012).
- Kayser, M., Muller, J. & Isselstein, J. (2010). Nitrogen management in organic farming: comparison of crop rotation residual effects on yields, N leaching and soil conditions. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 87 (1): 21-31.
- Kirby, E. J. M. & Riggs, T. J. (1978). Developmental Consequences of 2-Row and 6-Row Ear Type in Spring Barley. 2. Shoot Apex, Leaf and Tiller Development. *Journal of Agricultural Science*, 91 (Aug): 207-216.
- Kirchmann, H., Kätterer, T. & Bergström, L. (2008a). Nutrient Supply in Organic Agriculture: Plant Availability, Sources and Recycling. I: Kirchmann, H. & Bergström, L. (red.) *Organic Crop Production: Ambitions and Limitations*. s.l: Springer. 244 s.
- Kirchmann, H., Thorvaldsson, G., Bergström, L., Gerzabek, M., Andrén, O., Eriksson, L.-O. & Winnige, M. (2008b). Fundamentals of Organic Agriculture: Past and Present. I: Kirchmann, H. & Bergström, L. (red.) *Organic Crop Production: Ambitions and Limitations*. s.l: Springer. 244 s.
- Kiær, L. P., Skovgaard, I. M. & Østergård, H. (2009). Grain yield increase in cereal variety mixtures: A meta-analysis of field trials. *Field Crops Research*, 114 (3): 361-373.
- Kolb, L. N., Gallandt, E. R. & Molloy, T. (2010). Improving weed management in organic spring barley: physical weed control vs. interspecific competition. *Weed Research*, 50 (6): 597-605.
- Korsæth, A. & Eltun, R. (2000). Nitrogen mass balances in conventional, integrated and ecological cropping systems and the relationship between balance calculations and nitrogen runoff in an 8-year field experiment in Norway. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 79 (2-3): 199-214.
- Korsæth, A., Henriksen, T. M. & Bakken, L. R. (2002). Temporal changes in mineralization and immobilization of N during degradation of plant material: implications for the plant N supply and nitrogen losses. *Soil Biology & Biochemistry*, 34 (6): 789-799.
- Kristensen, L. (2003). Maternal effects due to organic and conventional growing conditions in spring barley (*Hordeum vulgare*). *Biological Agriculture & Horticulture*, 21 (2): 195-208.
- Kristoffersen, A. Ø. & Riley, H. (2005). Effects of soil compaction and moisture regime on the root and shoot growth and phosphorus uptake of barley plants growing on soils with varying phosphorus status. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 72 (2): 135-146.

- Lafarge, M. (2000). Phenotypes and the onset of competition in spring barley stands of one genotype: daylength and density effects on tillering. *European Journal of Agronomy*, 12 (3-4): 211-223.
- Lampkin, N. (1990). *Organic farming*. Ipswich: Farming Press. 701 s.
- Lanning, S. P., Talbert, L. E., Martin, J. M., Blake, T. K. & Bruckner, P. L. (1997). Genotype of wheat and barley affects light penetration and wild oat growth. *Agronomy Journal*, 89 (1): 100-103.
- Larsson, H. (2006). Old cultural cereal varieties are broadening the genetic base for organic farming and will increase the quality for consumers. I: Desclaux, D. & Hédont, M. (red.) *Proceedings of the ECO-PB Workshop : "Participatory Plant Breeding : Relevance for Organic Agriculture ?"*, 11 - 13 June 2006 La Besse, France, s. 52-56. Paris: European Consortium for Organic Plant Breeding
- Le Gouis, J., Delebarre, O., Beghin, D., Heumez, E. & Pluchard, P. (1999). Nitrogen uptake and utilisation efficiency of two-row and six-row winter barley cultivars grown at two N levels. *European Journal of Agronomy*, 10 (2): 73-79.
- Lier, S. (2012). *Personlig kommunikasjon med rådgiver Steinar Lier ved Hedmark Landbruksrådgiving*. Blæstad (April 2012).
- Lillemo, M., Reitan, L. & Bjørnstad, A. (2010). Increasing impact of plant breeding on barley yields in central Norway from 1946 to 2008. *Plant Breeding*, 129 (5): 484-490.
- Linden, B., Lyngstad, I., Sippola, J., Søgaaard, K. & Kjellerup, V. (1992). Nitrogen Mineralization during the Growing-Season. 2. Influence of Soil Organic-Matter Content, and Effect on Optimum Nitrogen-Fertilization of Spring Barley. *Swedish Journal of Agricultural Research*, 22 (2): 49-60.
- Lipiec, J. & Stepniewski, W. (1995). Effects of Soil Compaction and Tillage Systems on Uptake and Losses of Nutrients. *Soil & Tillage Research*, 35 (1-2): 37-52.
- Liu, Z. H., Ellwood, S. R., Oliver, R. P. & Friesen, T. L. (2011). Pyrenophora teres: profile of an increasingly damaging barley pathogen. *Molecular Plant Pathology*, 12 (1): 1-19.
- Løes, A. K. & Øgaard, A. F. (1997). Changes in the nutrient content of agricultural soil on conversion to organic farming in relation to farm-level nutrient balances and soil contents of clay and organic matter. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 47 (4): 201-214.
- Løes, A. K. & Gahoonia, T. S. (2004). Genetic variation in specific root length in Scandinavian wheat and barley accessions. *Euphytica*, 137 (2): 243-249.
- Løes, A. K., Henriksen, T. M. & Eltun, R. (2007). N supply in stockless organic cereal production under northern temperate conditions. Undersown legumes, or whole-season green manure? Tilgjengelig fra: <http://orgprints.org/9823/> (lest 2.4.2012).
- Løes, A. K., Henriksen, T. M., Eltun, R. & Sjørnsen, H. (2011). Repeated use of green-manure catch crops in organic cereal production - grain yields and nitrogen supply. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 61 (2): 164-175.

- MacGregor, A. W. & Fincher, G. B. (1993). Carbohydrates of the barley grain. I: MacGregor, A. W. & Bhatti, R. S. (red.) *Barley: Chemistry and Technology*, s. 73-130. St.Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
- Mangerud, K. (2005). Ugrasharving i korn. *Grønn kunnskap*, 9 (2): 375-382.
- Mangerud, K. & Brandsæter, L. O. (2009). Ugras i korn, oljevekster og kjernebelgvekster. I: Brandsæter, L. O., Mangerud, K., Birkenes, S. M., Brodal, G. & Andersen, A. (red.) Bioforsk FOKUS, b. 4 *Plantevern og plantehelse i økologisk landbruk. Bind 3: Korn, oljevekster og kjernebelgvekster*, s. 8-106. Ås: Bioforsk
- Mary, B., Recous, S., Darwis, D. & Robin, D. (1996). Interactions between decomposition of plant residues and nitrogen cycling in soil. *Plant and Soil*, 181 (1): 71-82.
- Mathre, D. E. (1992). *Compendium of Barley Diseases*. 4 utg. St.Paul, Minnesota: The American Phytopathological Society 78 s.
- Mattilsynet. (2005). Veileder til forskrift om økologisk produksjon og merking av økologiske landbruksprodukter og næringsmidler, av 4. oktober 2005 nr. 1103: Veileder B Utfyllende informasjon om økologisk landbruksproduksjon. Sist endret: 28.5.2009. Tilgjengelig fra: http://debio.no/_upl/veileder_b.pdf (lest 9.1.2012).
- McLean, M. S., Howlett, B. J. & Hollaway, G. J. (2009). Epidemiology and control of spot form of net blotch (*Pyrenophora teres f. maculata*) of barley: a review. *Crop & Pasture Science*, 60 (4): 303-315.
- Mengel, K. & Kirkby, E. A. (1982). *Principles of Plant Nutrition*. 3. utg. Bern: International Potash Institute. 655 s.
- Meteorologisk Institutt. (2011a). *eKlima*. Oslo: Meteorologisk Institutt. Tilgjengelig fra: http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39049&_dad=portal&_schema=PORTAL (lest 30.11.2011).
- Meteorologisk Institutt. (2011b). *Våt, våt sommer*. I: Lippestad, H. (red.). Oslo: Meteorologisk Institutt. Tilgjengelig fra: http://met.no/V%C3%A5t,+v%C3%A5t+sommer.b7C_w7DGYL.ips (lest 30.11.2011).
- Mikkelsen, E. (1979). Kornets eldste historie i Norge. I: *Korn er liv: Statens kornforretning 50 år*, s. 31-72. Oslo: Statens Kornforretning
- Molina-Cano, J. L., Moralejo, M., Igartua, E. & Romagosa, I. (1999). Further evidence supporting Morocco as a centre of origin of barley. *Theoretical and Applied Genetics*, 98 (6-7): 913-918.
- Murphy, K. M., Campbell, K. G., Lyon, S. R. & Jones, S. S. (2007). Evidence of varietal adaptation to organic farming systems. *Field Crops Research*, 102 (3): 172-177.
- Muurinen, S. & Peltonen-Sainio, P. (2006). Radiation-use efficiency of modern and old spring cereal cultivars and its response to nitrogen in northern growing conditions. *Field Crops Research*, 96 (2-3): 363-373.

- Muurinen, S., Slafer, G. A. & Peltonen-Sainio, P. (2006). Breeding Effects of Nitrogen Use Efficiency of Spring Cereals under Northern Conditions. *Crop Science*, 46 (2): 561-568.
- Muurinen, S., Kleemola, J. & Peltonen-Sainio, P. (2007). Accumulation and translocation of nitrogen in spring cereal cultivars differing in nitrogen use efficiency. *Agronomy Journal*, 99 (2): 441-449.
- Mäkelä, P., Muurinen, S. & Peltonen-Sainio, P. (2008). Spring Cereals: From Dynamic Ideotypes to Cultivars in Northern Latitudes. *Agricultural and Food Science*, 17 (3): 289-306.
- Nesheim, L. (1993). Gjødselverknad av husdyrgjødsel. I: Tveitnes, S. (red.) *Husdyrgjødsel*, s. 61-68. Ås: Statens fagteneste for landbruket
- Newman, C. W. & Newman, R. K. (2006). A brief history of barley foods. *Cereal Foods World*, 51 (1): 4-7.
- Newton, A. C., Akar, T., Baresel, J. P., Bebeli, P. J., Bettencourt, E., Bladenopoulos, K. V., Czembor, J. H., Fasoula, D. A., Katsiotis, A., Koutis, K., et al. (2011a). *Cereal landraces for sustainable agriculture. A review*. Lichtfouse, E., Hamelin, M., Navarrete, M. & Debaeke, P. (red.). Sustainable Agriculture Volume 2. s.l: Springer. 987 s.
- Newton, A. C., Flavell, A. J., George, T. S., Leat, P., Mullholland, B., Ramsay, L., Revoredo-Giha, C., Russell, J., Steffenson, B. J., Swanston, J. S., et al. (2011b). Crops that feed the world 4. Barley: a resilient crop? Strengths and weaknesses in the context of food security. *Food Security*, 3 (2): 141-178.
- O'donovan, J. T., Harker, K. N., Clayton, G. W. & Hall, L. M. (2000). Wild oat (*Avena fatua*) interference in barley (*Hordeum vulgare*) is influenced by barley variety and seeding rate. *Weed Technology*, 14 (3): 624-629.
- Ofosu-Anim, J. & Leitch, M. (2009). Relative efficacy of organic manures in spring barley (*Hordeum vulgare* L.) production. *Australian Journal of Crop Science*, 3 (1): 13-19.
- Olesen, J. E., Hansen, E. M., Askegaard, M. & Rasmussen, I. A. (2007). The value of catch crops and organic manures for spring barley in organic arable farming. *Field Crops Research*, 100 (2-3): 168-178.
- Olofsdotter, M., Jensen, L. B. & Courtois, B. (2002). Improving crop competitive ability using allelopathy - an example from rice. *Plant Breeding*, 121 (1): 1-9.
- Osborne, L. E. & Stein, J. M. (2007). Epidemiology of Fusarium head blight on small-grain cereals. *International Journal of Food Microbiology*, 119 (1-2): 103-108.
- Peltonen, J. & Peltonen-Sainio, P. (1997). Breaking uniculm growth habit of spring cereals at high latitudes by crop management .2. Tillering, grain yield and yield components. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 178 (2): 87-95.

- Peltonen-Sainio, P., Kangas, A., Salo, Y. & Jauhiainen, L. (2007). Grain number dominates grain weight in temperate cereal yield determination: Evidence based on 30 years of multi-location trials. *Field Crops Research*, 100 (2-3): 179-188.
- Peltonen-Sainio, P., Muurinen, S., Rajala, A. & Jauhiainen, L. (2008). Variation in harvest index of modern spring barley, oat and wheat cultivars adapted to northern growing conditions. *Journal of Agricultural Science*, 146: 35-47.
- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L. & Laurila, I. P. (2009a). Cereal yield trends in northern European conditions: Changes in yield potential and its realisation. *Field Crops Research*, 110 (1): 85-90.
- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Rajala, A. & Muurinen, S. (2009b). Tiller traits of spring cereals under tiller-depressing long day conditions. *Field Crops Research*, 113 (1): 82-89.
- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L. & Hakala, K. (2011a). Crop responses to temperature and precipitation according to long-term multi-location trials at high-latitude conditions. *Journal of Agricultural Science*, 149 (1): 49-62.
- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L. & Sadras, V. O. (2011b). Phenotypic plasticity of yield and agronomic traits in cereals and rapeseed at high latitudes. *Field Crops Research*, 124 (2): 261-269.
- Pilipavicius, V., Romaneckiene, R. & Romaneckas, K. (2011). Crop stand density enhances competitive ability of spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 61 (7): 648-660.
- Plantesortforskriften. (1999). *Forskrift om prøving og godkjenning av plantesorter av 01.oktober 1999 nr 1069*. Tilgjengelig fra: <http://www.lovddata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-19991001-1069.html> (lest 18.04.2012).
- Pommeresche, R., Hansen, S., Løes, A. K. & Sveistrup, T. (2007). *Meitemark og jordforbedring*. Økologisk småskrift, b. 1. Tingvoll: Bioforsk Økologisk 24 s.
- Porceddu, E. & Rabbinge, R. (1997). Role of research and education in the development of agriculture in Europe. *European Journal of Agronomy*, 7 (1-3): 1-13.
- Pourkheirandish, M. & Komatsuda, T. (2007). The importance of barley genetics and domestication in a global perspective. *Annals of Botany*, 100 (5): 999-1008.
- Prystupa, P., Savin, R. & Slafer, G. A. (2004). Grain number and its relationship with dry matter, N and P in the spikes at heading in response to N x P fertilization in barley. *Field Crops Research*, 90 (2-3): 245-254.
- Przystalski, M., Osman, A., Thiemt, E. M., Rolland, B., Ericson, L., Østergård, H., Levy, L., Wolfe, M., Buchse, A., Piepho, H. P., et al. (2008). Comparing the performance of cereal varieties in organic and non-organic cropping systems in different European countries. *Euphytica*, 163 (3): 417-433.

- Rajala, A., Peltonen-Sainio, P., Kauppila, R., Wilhelmson, A., Reinikainen, P. & Kleemola, J. (2007). Within-field variation in grain yield, yield components and quality traits of two-row barley. *Journal of Agricultural Science*, 145 (5): 445-454.
- Rajala, A., Hakala, K., Mäkelä, P. & Peltonen-Sainio, P. (2011). Drought Effect on Grain Number and Grain Weight at Spike and Spikelet Level in Six-Row Spring Barley. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 197 (2): 103-112.
- Rasmussen, J., Kurtzmann, J. I. & Jensen, A. (2004). Tolerance of competitive spring barley cultivars to weed harrowing. *Weed Research*, 44 (6): 446-452.
- Rasmussen, J., Nielsen, H. H. & Gundersen, H. (2009). Tolerance and Selectivity of Cereal Species and Cultivars to Postemergence Weed Harrowing. *Weed Science*, 57 (3): 338-345.
- Rasmussen, M. (2012). *Debiostatistikk 1991-2010* (E-post til Magne Rasmussen 10.01.2012).
- Reintam, E., Trukmann, K., Kuht, J., Nugis, E., Edesi, L., Astover, A., Noormets, M., Kauer, K., Krestein, K. & Rannik, K. (2009). Soil compaction effects on soil bulk density and penetration resistance and growth of spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 59 (3): 265-272.
- Reitan, L. (1997). Er det behov for og realistisk mulig å foredle fram sorter tilpasset økologisk drift? I: Land, A. (red.). *Referat fra: Seminar om korndyrking i økologisk landbruk*. Tingvoll: Norsøk. 74 s.
- Repstad, J. A. (2008). Såvarebransjens bidrag til mangfold i norsk landbruksproduksjon. I: Strand, E. (red.) *Bioforsk FOKUS*, b. 3 *Plantemøtet 2008*, s. 36-37. Ås: Bioforsk.
- Reynolds, M. P., Pellegrineschi, A. & Skovmand, B. (2005). Sink-limitation to yield and biomass: a summary of some investigations in spring wheat. *Annals of Applied Biology*, 146 (1): 39-49.
- Richardson, A. E., Barea, J. M., McNeill, A. M. & Prigent-Combaret, C. (2009). Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms. *Plant and Soil*, 321 (1-2): 305-339.
- Salonen, J., Hyvonen, T. & Jalli, H. (2001). Weed flora in organically grown spring cereals in Finland. *Agricultural and Food Science in Finland*, 10 (3): 231-242.
- Savin, R. & Nicolas, M. E. (1999). Effects of timing of heat stress and drought on growth and quality of barley grains. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50 (3): 357-364.
- Scursoni, J. A. & Satorre, E. H. (2005). Barley (*Hordeum vulgare*) and wild oat (*Avena fatua*) competition is affected by crop and weed density. *Weed Technology*, 19 (4): 790-795.
- Seavers, G. P. & Wright, K. J. (1995). Potential for weed control by suppressive cereal cultivars. *Brighton Crop Protection Conference, Weeds - 1995, Vols 1-3*: 737-742.
- Seavers, G. P. & Wright, K. J. (1999). Crop canopy development and structure influence weed suppression. *Weed Research*, 39 (4): 319-328.

- Shewry, P. R. (1993). Barley Seed Proteins. I: MacGregor, A. W. & Bhatta, R. S. (red.) *Barley: Chemistry and Technology*, s. 131-197. St.Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
- Sjursen, H., Brandsæter, L. O. & Netland, J. (2012). Effects of repeated clover undersowing, green manure ley and weed harrowing on weeds and yields in organic cereals. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 62 (2): 138-150.
- Slafer, G. A. & Peltonen-Sainio, P. (2001). Yield trends of temperate cereals in high latitude countries from 1940 to 1998. *Agricultural and Food Science in Finland*, 10 (2): 121-131.
- SLF. (2012). *Produksjon og omsetning av økologiske landbruksvarer: Rapport for 2011*, b. 13. Oslo: Statens Landbruksforvaltning. Tilgjengelig fra: <https://http://www.slf.dep.no/no/dokumenter/publikasjoner> (lest 25.4.2012).
- Sreenivasulu, N. & Schnurbusch, T. (2012). A genetic playground for enhancing grain number in cereals. *Trends in Plant Science*, 17 (2): 91-101.
- SSB. (2011). Jordbruksbedrifter med areal av korn- og oljevekster. Areal av de ulike kornslaga. 1989, 1999-2011. Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no> (lest 9.2.2012).
- St. meld. nr 9 (2011-2012). *Landbruks- og matpolitikken: Velkommen til bords*. Oslo: Det kongelige landbruks- og matdepartement. 302 s.
- Strand, E. (1979). Norsk kornforedling og korndyrking. I: *Korn er liv: Statens kornforretning 50 år*, s. 57-137. Oslo: Statens Kornforretning.
- Strand, E. (1984). *Korn og korndyrking*. Oslo: Landbruksforlaget. 128 s.
- Strand Unikorn. (2011). Korn og oljefrø 2011-2012. Tilgjengelig fra: <http://www.norgesfor.no/Global/Faginformatjon/Brosjyrer/Korn/KornOlefro20112012.pdf> (lest 2.5.2012).
- Tekauz, A., McCallum, B. & Gilbert, J. (2000). Review: Fusarium head blight of barley in western Canada. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 22 (1): 9-16.
- Tveitnes, S. & Repstad, J. A. (1998). *Planteernæring, gjødsling og jordarbeiding: Kompendium i emnet JF 241*. Ås: Institutt for jord- og vannfag, Norges Landbrukshøgskole. 138 s.
- Ugarte, C., Calderini, D. F. & Slafer, G. A. (2007). Grain weight and grain number responsiveness to pre-anthesis temperature in wheat, barley and triticale. *Field Crops Research*, 100 (2-3): 240-248.
- Uhlen, A. K. & Skinnes, H. (1997). *Korn Del 2: Forelesningsnotat i PK21 Jordbruksvekster til frømodning*. Ås: Landbruksbokhandelen. 113 s.
- van Bueren, E. T. L., Jones, S. S., Tamm, L., Murphy, K. M., Myers, J. R., Leifert, C. & Messmer, M. M. (2011). The need to breed crop varieties suitable for organic farming, using wheat, tomato and broccoli as examples: A review. *NJAS Wageningen journal of life sciences* 58 (3-4): 193-205.

- Wolfe, M. S., Baresel, J. P., Desclaux, D., Goldringer, I., Hoad, S., Kovacs, G., Loschenberger, F., Miedaner, T., Østergård, H. & van Bueren, E. T. L. (2008). Developments in breeding cereals for organic agriculture. *Euphytica*, 163 (3): 323-346.
- Wortman, S. E., Lindquist, J. L., Haar, M. J. & Francis, C. A. (2010). Increased weed diversity, density and above-ground biomass in long-term organic crop rotations. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 25 (4): 281-295.
- Zadoks, J. C., Chang, T. T. & Konzak, C. F. (1974). Decimal Code for Growth Stages of Cereals. *Weed Research*, 14 (6): 415-421.
- Zhan, J., Fitt, B. D. L., Pinnschmidt, H. O., Oxley, S. J. P. & Newton, A. C. (2008). Resistance, epidemiology and sustainable management of *Rhynchosporium secalis* populations on barley. *Plant Pathology*, 57 (1): 1-14.
- Østergård, H., Kristensen, K., Pinnschmidt, H. O., Hansen, P. K. & Hovmøller, M. S. (2008). Predicting spring barley yield from variety-specific yield potential, disease resistance and straw length, and from environment-specific disease loads and weed pressure. *Euphytica*, 163 (3): 391-408.
- Åssveen, M. (1997). Arts- og sortvalg i forhold til ulike bruksområder og klimaforhold. I: Land, A. (red.). *Referat fra: Seminar om korndyrking i økologisk landbruk*. Tingvoll: Norsøk. 74 s.
- Åssveen, M. & Abrahamsen, U. (1999). Varmesum for sorter og arter av korn. *Plantemøtet 99, Grønn forskning* (2): 55-59.
- Åssveen, M., Bjerke, O. & Weiseth, L. (2011a). Forsøk med kornsorter for økologisk dyrking. I: Strand, E. (red.) Bioforsk FOKUS, b. 6 *Jord- og plantekultur 2011*, s. 49-53. Ås: Bioforsk.
- Åssveen, M., Tangsveen, J., Bergjord, A. K. & Weiseth, L. (2011b). Sorter og sortsprøving 2010. I: Strand, E. (red.) Bioforsk FOKUS, b. 6 *Jord- og plantekultur 2011*, s. 26-48. Ås: Bioforsk.
- Åssveen, M. (2012). *Såmengde i forsøkene* (E-post til Mauritz Åssveen 19.3.2012).
- Åssveen, M., Bjerke, O. & Weiseth, L. (2012a). Forsøk med kornsorter for økologisk dyrking. I: Strand, E. (red.) Bioforsk FOKUS, b. 7 *Jord- og plantekultur 2012*, s. 73-77. Ås: Bioforsk.
- Åssveen, M., Tangsveen, J., Bergjord, A. K. & Weiseth, L. (2012b). Sorter og sortsprøving 2011. I: Strand, E. (red.) Bioforsk FOKUS, b. 7 *Jord- og plantekultur 2012*, s. 34-63. Ås: Bioforsk.

Vedlegg 1

Vedlegg 1: Rådata for alle sorter i feltene i Vallset og Våler. Verdier for sorter merket med (*) er estimerte verdier.

Felt	Rep	Sort	Plante- høyde (cm)	Antall skudd/m ²			Aks- bærende skudd	Skudd uten aks	Dekkeevne (% av plantedekke)			Ugras (% av plantedekke)	Bygg- br.flekk (% av bladareal)
				Spiring	Busking	Aksskyt			Z20	Z30	Z50		
Vallset	1	Tiril	83,8	568	880	456	448	8	20	70	72	4	2
Vallset	2	Tiril	82,6	400	756	624	312	0	15	70	74	5	4
Vallset	1	Habil	81,4	276	692	472	464	8	20	80	76	2	3
Vallset	2	Habil	81,8	360	748	632	316	0	25	75	76	3	1
Vallset	1	Heder*	69,2	452	623	474	533	5	22	63	70	5	5
Vallset	2	Heder	72,8	496	624	484	484	0	25	63	72	4	3
Vallset	1	Brage	78,4	452	532	576	568	8	20	65	74	2	5
Vallset	2	Brage	82,2	504	564	696	688	8	25	75	80	1	3
Vallset	1	Toria*	74,8	370	465	359	410	21	22	72	78	2	3
Vallset	2	Toria	78,6	408	472	376	360	16	25	73	80	1	1
Vallset	1	Helium	57,0	252	708	480	464	16	13	78	80	5	10
Vallset	2	Helium	59,4	544	472	484	520	12	20	60	73	5	1
Vallset	1	Marigold*	63,8	430	866	488	480	8	20	70	75	5	0
Vallset	2	Marigold*	67,6	468	873	505	430	3	23	71	77	4	0
Vallset	1	Iron	64,4	352	416	544	544	0	15	65	74	4	1
Vallset	2	Iron	65,2	468	1004	616	600	16	20	80	78	3	1
Vallset	1	GN 06003	72,8	692	872	548	536	12	25	75	70	5	5
Vallset	2	GN 06003	80,4	460	908	304	304	0	15	70	78	2	2
Vallset	1	LP 1233.6.04	68,0	224	400	712	680	32	15	65	78	3	1
Vallset	2	LP 1233.6.04	70,0	404	500	684	680	4	25	73	80	3	1

Felt	Rep	Sort	Plante- høyde (cm)	Antall skudd/m ²			Aks- bærende skudd	Skudd uten aks	Dekkeevne (% av plantedekke)			Ugras (% av plantedekke)	Bygg- br.flekk (% av bladareal)
				Spiring	Busking	Aksskyt			Z20	Z30	Z50		
Våler	1	Tiril	60,4	432	584	472	460	12	37	70	82	6	8
Våler	2	Tiril	57,8	364	460	412	404	8	40	50	77	5	7
Våler	1	Habil	68,2	444	604	240	240	0	40	60	80	10	10
Våler	2	Habil	64,2	352	440	364	352	12	35	55	83	4	5
Våler	1	Heder	58,4	340	472	392	384	8	30	50	80	10	8
Våler	2	Heder	58,2	424	456	424	404	20	35	50	80	7	7
Våler	1	Brage	63,2	352	544	212	208	4	35	60	73	8	12
Våler	2	Brage	55,2	384	536	472	460	12	37	45	75	4	5
Våler	1	Toria	62,6	412	528	416	404	12	35	55	77	4	9
Våler	2	Toria	57,4	428	596	472	448	24	40	52	80	5	7
Våler	1	Helium	52,6	412	652	292	284	8	35	50	73	15	10
Våler	2	Helium	47,4	408	592	512	504	8	35	55	75	3	15
Våler	1	Marigold	52	320	752	328	312	16	30	55	75	16	10
Våler	2	Marigold	48,6	356	696	524	508	16	30	55	76	8	8
Våler	1	Iron	56	392	692	496	492	4	30	55	85	10	17
Våler	2	Iron	53,8	500	712	576	552	24	30	57	77	5	9
Våler	1	GN 06003	68,8	304	440	360	360	0	40	60	75	10	15
Våler	2	GN 06003	62,6	380	492	432	416	16	40	60	79	4	5
Våler	1	LP 1233.6.04	55,6	512	896	824	796	28	35	65	80	12	10
Våler	2	LP 1233.6.04	51,8	412	676	668	620	48	35	62	78	6	10

Vedlegg 2

Vedlegg 2: Rådata for utvalgte sorter i feltene i Vallset, Våler og Stange. Verdier for sorter merket med (*) er estimerte verdier.

Felt	Rep	Sort	Halm- avling (kg/daa)	Avling, smårute (kg/daa)	Avling, høsterute (kg/daa)	Høste- indeks (%)	Aks/m ²	Korn/ aks	Korn- vekt (g)	Total-N, korn (% av ts)	Total-N, halm (% av ts)	Lys- måling (%)	N- tester verdi
Vallset	1	Tiril	293	441	426	0,592	312	33	0,0415	1,30	0,42	9,27	511
Vallset	2	Tiril	344	565	488	0,614	312	8	0,0367	1,38	0,42	7,62	525
Vallset	1	Heder*	303	461	472	0,591	471	29	0,0414	1,48	0,46	13,31	493
Vallset	2	Heder	303	524	515	0,625	348	38	0,0387	1,48	0,42	14,89	525
Vallset	1	Toria*	335	475	426	0,576	607	17	0,0427	1,17	0,51	7,56	493
Vallset	2	Toria	335	539	470	0,610	484	27	0,0400	1,17	0,46	9,14	525
Vallset	1	Helium	320	504	489	0,603	692	14	0,0492	1,30	0,47	8,89	534
Vallset	2	Helium	269	474	530	0,629	544	16	0,0518	1,44	0,48	9,35	543
Vallset	1	Marigold*	287	388	479	0,560	508	16	0,0500	1,38	0,52	11,98	458
Vallset	2	Marigold*	288	451	522	0,594	385	25	0,0473	1,38	0,47	13,56	490
Vallset	1	Iron	332	477	414	0,581	732	16	0,0407	1,24	0,57	8,59	436
Vallset	2	Iron	292	476	474	0,612	504	16	0,0459	1,29	0,46	15,32	465
Våler	1	Tiril	115	270	347	0,695	392	22	0,0309	1,83	0,77	14,88	544
Våler	2	Tiril	143	344	296	0,699	340	26	0,0374	1,67	0,64	26,51	496
Våler	1	Heder	159	332	321	0,668	500	18	0,0361	1,53	0,61	22,08	574
Våler	2	Heder	160	381	333	0,697	460	22	0,0363	1,65	0,69	23,25	589
Våler	1	Toria	163	373	351	0,688	520	20	0,0356	1,54	0,69	17,82	490
Våler	2	Toria	131	276	338	0,671	348	25	0,0312	1,54	0,70	24,51	490
Våler	1	Helium	175	333	316	0,648	592	20	0,0471	1,79	0,66	22,31	502
Våler	2	Helium	187	344	305	0,640	584	12	0,0473	1,75	0,89	26,58	493
Våler	1	Marigold	254	315	242	0,545	720	11	0,0386	1,87	0,72	19,32	510
Våler	2	Marigold	138	236	244	0,622	416	13	0,0421	2,04	0,82	24,40	501
Våler	1	Iron	165	304	349	0,640	520	15	0,0380	1,48	0,85	17,03	469
Våler	2	Iron	165	329	342	0,658	448	17	0,0407	1,52	0,73	25,97	445

Felt	Rep	Sort	Halm- avling (kg/daa)	Avling, smårute (kg/daa)	Avling, høsterute (kg/daa)	Høste- indeks (%)	Aks/m ²	Korn/ aks	Korn- vekt (g)	Total-N, korn (% av ts)	Total-N, halm (% av ts)	Lys- måling (%)	N- tester verdi
Stange	1	Tiril	603	909	536	0,593	652	39	0,0347	1,97	0,48	-	-
Stange	2	Tiril	713	830	467	0,529	568	31	0,0461	1,99	0,52	-	-
Stange	1	Heder	801	908	559	0,523	668	27	0,0480	1,92	0,58	-	-
Stange	2	Heder	664	878	552	0,561	544	33	0,0480	1,81	0,48	-	-
Stange	1	Toria	429	906	617	0,671	568	37	0,0417	1,64	0,57	-	-
Stange	2	Toria	488	1122	561	0,690	616	37	0,0470	1,47	0,53	-	-
Stange	1	Helium	413	794	573	0,650	1136	14	0,0468	1,86	0,72	-	-
Stange	2	Helium	564	853	561	0,594	1152	14	0,0512	1,82	0,57	-	-
Stange	1	Marigold	583	560	571	0,481	732	16	0,0475	1,98	0,74	-	-
Stange	2	Marigold	752	683	526	0,467	992	15	0,0450	2,02	0,81	-	-
Stange	1	Iron	698	784	602	0,520	900	18	0,0466	1,71	0,57	-	-
Stange	2	Iron	514	817	558	0,606	1008	19	0,0414	1,72	0,68	-	-