

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP



Forord

Denne masteroppgava er skrevet ved Institutt for plante- og miljøvitenskap ved Universitet for miljø- og biovitenskap, Ås. Emnet for oppgava ble valgt etter mitt ønske om å gjøre noe som kan komme bonden direkte til nytte, og gjennom diskusjoner med professor Anne Kjersti Uhlen ved Institutt for plante- og miljøvitenskap og hennes kontakter. Jeg håper denne oppgava er starten på en videre forsøksserie innen såmengder i vårraps.

Det er helt utrolig og endelig kunne innse at målet er nådd, og at masteroppgava er ferdig. Prosessen har vært svært lærerik og utfordrende, og mye arbeid ligger bak. Masteroppgava er basert på et selvstendig prosjekt som ble starta opp vekstsesongen 2010. Dette lot seg gjøre takket være min suverene veileder Anne Kjersti Uhlen! Tusen takk for god hjelp, veiledning, og lærerike diskusjoner som har vært uunnværlige for oppgava. En takk rettes også til mine delveiledere og deres institusjoner, Unni Abrahamsen ved Bioforsk Øst Apelsvoll, Jan Stabbetorp ved Romerike landbruksrådgiving, Per Ove Lindemark ved SørØst Landbruksrådgiving og Gjermund Vogt ved Nofima Mat for god hjelp med forsøk og analyser, samt gode innspill og veiledning. Finansieringen av oppgava løste seg når jeg var så heldig å få tildelt Yara-stipendet 2010. Det har vært en god motivasjon på veien, takk!

I tillegg vil jeg takke gode venner for grundig korrekturlesing, og konstruktive tilbakemeldinger. Og til slutt, men ikke minst vil jeg takke for god støtte fra hele familien gjennom studietida! Det er med stolthet jeg setter punktum, og takker for meg ved UMB!

Universitet for miljø- og biovitenskap

Ås, 13.mai 2011

Ingvild Evju

Utdrag

Denne oppgava skal undersøke ulike såmengder sin påvirkning på planteutviklinga av vårraps fra spiring til høsting, sjukdomsutvikling, fettinnhold og fettkvalitet, samt hvilke utslag ulike såmengder har på avlinga. I tillegg blir det gjennomført et litteraturstudie, der hensikten er å studere planteutviklinga og avlingsoppbygging hos raps, samt årsaker til at avlingspotensialet ikke blir nådd. Oppgava er basert på to forsøk, Ramdal, Årnes i Akershus og Øsaker, Sarpsborg i Østfold. Såmengdene som ble brukt var 0,8, 1,0, 1,2, 1,4 og 1,6 kg/daa, og jordtypene var henholdsvis moldholdig silt og moldholdig mellomleire. Gjødsele ble tilført som på resten av jordet. Undersøkelsene ble gjort ca. én gang i uka, men noe sjeldnere i begynnelsen og slutten av sesongen. Tellingar ble gjort på det som var aktuelt for utviklingsfasen på 1x2 m og/eller fem utplukka planter som representerte ruta. De resultatene som kom fram gjennom dette forsøket viste at høyere såmengde syntes å gi høyere planteantall, men lavere overlevelsesprosent. Høyere såmengde ga færre skulper per plante, mens antall frø per skulpe og frøvekta ikke ble påverka. Avlingstrenden viste at de største såmengdene ga høyest avling, men at det også var disse såmengdene som syntes å være sterkest angrepet av storknolla råtesopp (*Sclerotinia sclerotiorum*). Legde syntes å øke med økt såmengde. Fettprosenten tydet på en liten økning ved høyere såmengde, mens fettsyresammensetninga ikke var påverka. Disse forsøkene er ikke grunnlag nok til å konkludere med hva som kan anses som optimal såmengde, men er forhåpentlig vis en start på en vidare forsøksserie.

Nøkkelord: vårraps, såmengder, avlingsoppbyggende faktorer, avlingsreducerende faktorer, varmesum, fettinnhold og fettsyresammensetning

Abstract

This master thesis will examine influences of different seeding rates in spring oilseed rape, under Norwegian conditions from germination to harvest, diseases, fat content and quality, and what influences different seeding rates will have on the yield. In addition there will be a literature study, looking for the plant development and yield formation that could explain the poor yield potential. This exercise is based on two field experiments, Ramdal, Årnes in Akershus and Øsaker, Sarpsborg in Østfold. The seed rates that has been used are 0,8, 1,0, 1,2, 1,4 and 1,6 kg/daa, and the soil type was respectively moldy silt and moldy clay. Fertilization was done like rest of the field. The recordings were done once a week during the growth season, but in the start and end of the period not that often. The counting of plants and the yield component analyses was done on two subplots per plot, each of one m row. Phenological observations were done on five selected plants of each plot. The results from these experiments showed that higher seeding rates increased the plant density, but the percent surviving plants decreased. Higher seeding rates gave fewer pods per plant, while the amount of seeds per pod and the seed weight was more or less stable. Yield trend showed an increase with higher seeding rate, but also an increase of plants attacked by *Sclerotinia stem rot* (*Sclerotinia sclerotiorum*). Increased lodging with an increase of seed rate was registered. The fat percent indicate a little increase at the higher seed rates, while the fatty acid not was influenced. These experiments alone can't conclude what is the optimal seeding rate in spring oilseed rape, but hopefully it is a beginning of a longer series of experiments.

Keyword: Spring oilseed rape, seeding rate, yield components, heat sum, fat content and fatty acids

Innhold

Forord	I
Utdrag	II
Abstract	III
1. Innledning.....	1
2. Litteraturløst	3
2.1 Dyrking av raps i Norge	3
2.2 Plantemorfologi og dyrkingsegenskaper	4
2.3 Avlingsoppbygging og klimautvikling.....	8
2.3.1 Såmengde	11
2.4 Avlingsreduserende faktorer	13
2.4.1 Konkurransen fra ugras	13
2.4.2 Sjukdommer	15
2.4.3 Skadedyr.....	18
2.5 Kvalitetsegenskaper	20
2.5.1 Fettinnhold og fettsyresammensetning.....	20
2.5.2 Kjemisk sammensetning	22
3. Materiale og metoder	24
3.1 Feltforsøka.....	24
3.2 Været gjennom vekstsesongen	25
3.3 Registreringer gjennom vekstsesongen	26
3.4 Høsting av småprøver fra hver rute	27
3.5 Høsting av ruteavling med forsøktresker.....	28
3.6 Bestemmelse av vanninnhold.....	28
3.7 1000-frø vekt.....	28
3.8 Pressing av rapsolje	29
3.9 Bestemmelse av lettoppløselig NMR	29

3.10 Bestemmelse av fettsyresammensetninga	30
3.11 Dataprogrammer.....	31
4. Resultater.....	32
4.1 Planteutvikling	32
4.2 Avlingsoppbygging	36
4.3 Avling.....	38
4.4 Legde og storknolla råtesopp	41
4.5 Planteutvikling og varmesum.....	42
4.6 Kvalitet og innhold.....	43
5. Diskusjon.....	46
5.1 Sort	46
5.2 Såmengde, spiring og plantetetthet	46
5.3 Dekkingsgrad og ugrasproblematikk	49
5.4 Antall knopper, blomster, skulper og frø	50
5.5 Avlingsnivå og høsteindeks	52
5.6 Planteutvikling og varmesum.....	53
5.7 Legde.....	53
5.8 Sjukdommer	54
5.8.1 Storknolla råtesopp.....	54
5.9 Olje og kvalitet	54
5.10 Gjennomføring av forsøket og feilkilder.....	56
6. Konklusjon	58
7. Litteraturliste	59
Vedlegg	i-iv

1. Innledning

Det er i dag et sterkt ønske om mer oljevekstproduksjon her i landet, på grunn av økt etterspørsel til både mat og fôr. I 2010 ble det dyrka 59 200 daa med oljevekster i Norge (Statistisk Sentralbyrå 2011), og de siste åra har 5000-6000 daa blitt dyrka til matraproduksjon (Hoff 2011). Felleskjøpet Agri (2011c) har et ønske om å øke dyrkningsomfanget med nærmere 40 000 daa fra der vi er i dag, slik at det dyrka arealet kommer opp i omkring 100 000 daa. Raps dyrkes på grunn av frøenes oljeinnhold, som har en svært gunstig ernæringsmessig sammensetning. I tillegg er det en kilde til fett og protein i kraftfôr som vi ellers må importere. Tross økende etterspørsel og en relativt gunstig pris (Felleskjøpet Agri 2010) har ikke dyrkingsarealet økt. Store avlingsvariasjoner, samt at dyrking av oljevekster er en mer krevende produksjon enn for eksempel korn, er muligens grunner til at arealene ikke har økt. Den korte vekstsesongen er en stor utfordring ved dyrking av vårraps, og sånn sett er det bare i de beste klimatiske områdene i Norge raps kan dyrkes. Dette kan muligens forandre seg med tanke på klimaendringene. Det er gunstig å få oljevekster inn i vekstskiftet der det ellers er ensidige kornomløp, og kan med sin djuptgående pålerot ha positiv virkning på jordstrukturen. Dette er en viktig fordel ved å ta inn raps som vekselvekst i dag hvor maskinene i landbruket blir større og større, og faren for jordpakking er økende.

Det er mange årsaker til at oljevekstavlingene blir lavere enn forventa. Soppsjukdommen storknolla råtesopp er per i dag den sjukdommen som muligens fryktes mest, og kan føre til store avlingsreduksjoner. Det kan se ut som den gjør større skade enn hva man tidligere har trodd. Noen forsøk har blitt gjennomført på området, men generelt er det gjort lite forsøk innafor oljevekster her i landet. Andre avlingsreducerende forhold kan være skadedyr som nepejordloppe og rapsglansbille, pollineringsforhold og frøsetting. Det har blitt reist noen hypoteser om at det brukes for store såmengder til raps i Norge. En tettere plantebestand er mer utsatt for sjukdommer, og kan være negativt for avlingsoppbygninga. Forsøk på såmengder i Norge er manglende, men i Sverige har de gjennomført *Prosjekt 20/20* (Lyhagen 2008). Målet med dette prosjektet var å redusere kostnadene med 20 %, og samtidig øke oljevekstproduksjonen med 20 %, for å møte den økende etterspørselen etter rapsfrø. Forsøkene skulle blant annet optimalisere dyrkningsteknikken, og såmengder var da også

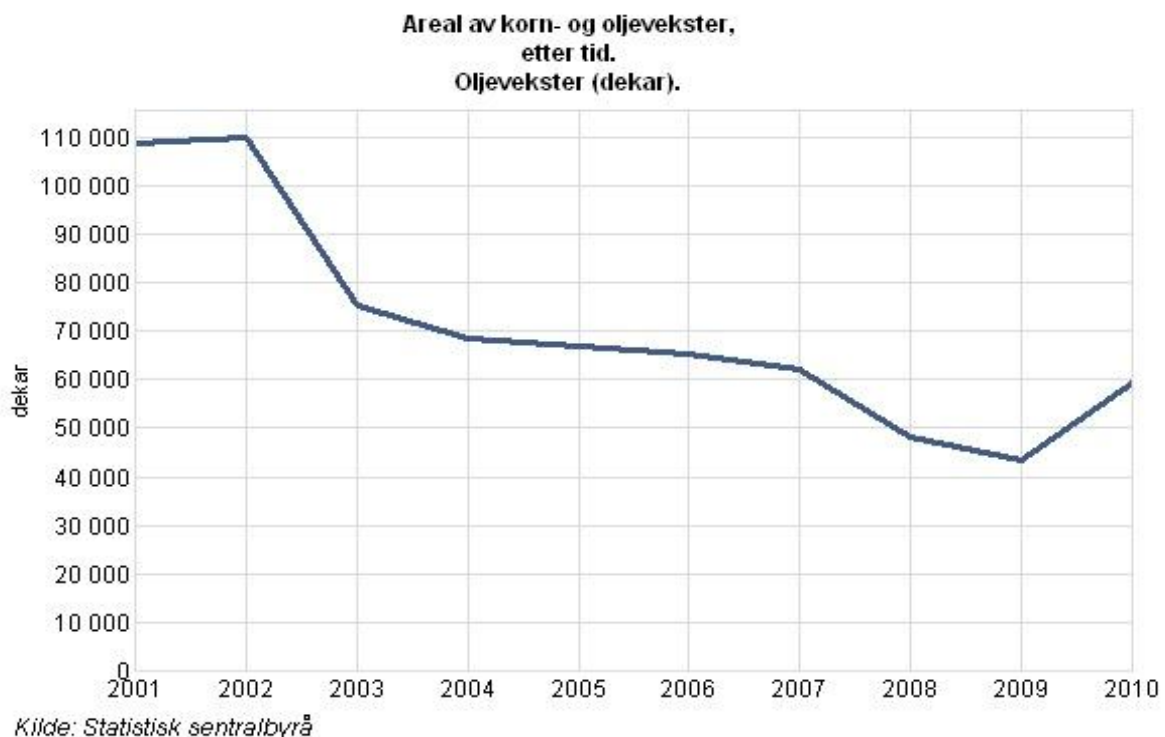
aktuelt. Vekstsesongen i Norge er kortere enn i Sverige, temperaturen er lavere, og daglengden noe ulik. Dette påvirker hvilke sorter som kan dyrkes, planteutviklinga og samspillet med skadegjørerne. Et lignende prosjekt som de gjennomførte i Sverige vil av den grunn muligens være nyttig ved dyrking under norske forhold også. Det kan bidra til å avdekke årsakene til de store avlingsforskjellene, samt optimalisere dyrkingsteknikken.

Denne oppgava skal undersøke ulike såmengder sin påvirkning på planteutviklinga av vårraps fra spiring til høsting, sjukdomsutvikling, fettinnhold og fettkvalitet, og hvilke utslag ulike såmengder har på avlinga. I tillegg blir det gjennomført et litteraturstudie, der hensikten er å studere planteutviklinga og avlingsoppbygging hos raps, samt årsaker til at avlingspotensialet ikke blir nådd.

2. Litteraturredel

2.1 Dyrking av raps i Norge

Oljevekster dyrkes på grunn av frøas oljeinnhold. Ifølge Uhlen (2001) starta dyrkinga av oljevekster her i landet på 1950-tallet etter tre år med prøvedyrking. Grunnen til denne prøvedyrkinga var ønsket om å få inn en vekselvekst i et ensidig kornomløp, samtidig som kraftfôrindustrien hadde et ønske om mer fett og protein (Uhlen 2001). Arealet som ble dyrka med oljevekster i 2001/2002 var det høyeste noensinne, med bakgrunn i en stor omlegging av kornordninga og frafall av kjøpeplikt på korn og frø. I tillegg gikk industrien sterkt ut med et nytt ønske om økt oljevekstproduksjon (Uhlen 2011). Fra rekordåra 2001/2002 og fram til 2009 ble det registrerte arealet som søkte produksjonstilskudd for dyrking av oljevekster mer enn halvert, og produksjonen sank under nivået før dyrkningstoppen (Statistisk Sentralbyrå 2011). Men fra 2009 til 2010 var det en økning i produksjonen, og arealet nærmer seg der det var før 2001 (*figur 1*). Det er Østfold, Akershus og Oslo som har det høyeste dyrkingsarealet. I følge Felleskjøpet (2011c) er det et mål om å dyrke oljevekster på over 100 000 daa.



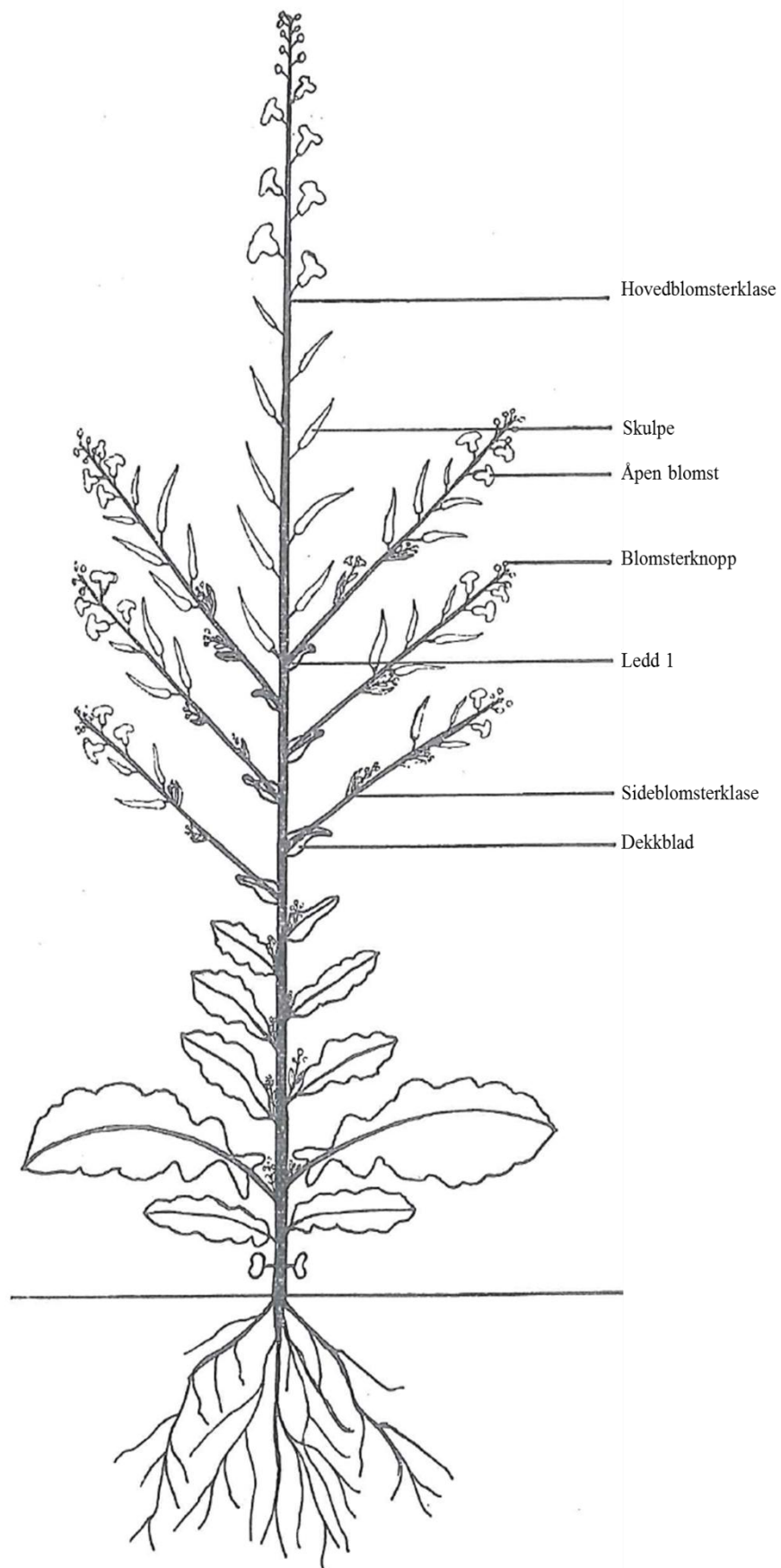
Figur 1: Utviklinga av oljevekst dyrkinga de siste 10 åra (Statistisk Sentralbyrå 2011).

Det er først og fremst områdene rundt Oslofjorden som har de mest gunstige forholda for dyrking av oljevekster. I Midt-Norge er dyrkingsforholda mer usikre, da oljevekstene trenger en lang veksttid til modning, og dette fører til en sein innhøsting i disse områdene. I Midt-Norge er det da stor fare for hyppig regn som gjør modningen og innhøstingsforholda problematiske. Det er i hovedsak vårrybs som har dominert i Norge, siden den har en vekstperiode som likner mange 2-radsbyggsorter, med en veksttid varierende rundt 110 dager (Felleskjøpet Agri 2011c). I følge Åssveen & Heir (2001) behøver raps 120-130 vekstdøgn, altså 10-20 dager mer enn 2-radsbygg og vårrybs. Meravlinga ved å dyrke raps er anslått til 20-30 kg her i landet (Abrahamsen et al. 2006), og av den grunn kan det være mer lønnsomt å dyrke raps. De vinterrettårige sortene modner tidligere enn vårtypene, og gir generelt større avling (Åssveen & Heir 2001). Men høstsortene trenger å bli sådd tidlig om høsten, for å utvikle store nok planter før vinteren. Dette kan komme i konflikt med årets vekst, dersom den ikke kan høstes tidlig nok i forhold til såing av høstoljeveksten. Overvintringa av høstoljevekster kan i tillegg være usikkert i Norge. Arealet som dyrkes med oljevekster varierer generelt mye fra år til år (Statistisk Sentralbyrå 2011), noe som muligens kan skyldes at det bør være et opphold på helst seks år mellom hver gang det dyrkes oljevekster på samme skifte for å unngå vekstfølgesjukdommer (Abrahamsen et al. 2006).

2.2 Plantemorfologi og dyrkingsegenskaper

Oljeraps (*Brassica napus oleifera*) finnes både som vinterrettårige- og sommerrettårige typer, høstraps og vårraps, og tilhører kålslekta (*Brassica*) i likhet med oljerybs (*Brassica rapa oleifera*). Kålslekta er en del av korsblomstfamilien (*Brassicaceae*). Raps er samme art som kålrot, som er en toårig form, mens rybs er samme art som den toårige nepa. De toårige formene danner blad og rot første året, og har strekningsveksten, blomstring og frøsetting andre året (Uhlen 2001; Åssveen & Heir 2001).

Rapsplanta er høy og kraftig, og stengelen er tilnærma glatt. Rybs har en mye spinklere stengel. Bladene hos raps er blågrønne på farge og nærmest glatte, i motsetning til bladene hos rybs som er grønne og med tydelig behåring (Berrie 1977; Uhlen 2001; Åssveen & Heir 2001). Planta kan danne forgreininger med knopper, blomster og skulper ved de rette vekstforholda (Leach et al. 1999). På neste side følger en illustrasjon av rapsplantas oppbygging (*figur 2*).



Figur 2: Ei rapsplante med illustrerende generell morfologi, forgreiningsmønster og blomsterutvikling. Modifisert etter Tayo & Morgan (1975)

Rotas viktigste oppgaver er å feste planta til vekstmediet, samt ta opp og transportere vann og næring til overjordiske organer. Raps har ei pålerot som er kraftig og djuptgående (*figur 3*).



Figur 3: Raps har ei typisk pålerot. Foto: I. Evju

Dette gjør planta svært sterk mot tørke når den først er etablert (Uhlen 2001; Åssveen & Heir 2001). En sterk og djuptgående rot er positiv for jordstrukturen (Hamza & Anderson 2005). Pålerota kan bryte opp eventuelle pakkingskader, slik at jorda blir mer løs og luftig (Chan & Heenan 1996). På den måten kan rota motvirke anaerobe forhold, samtidig som den kan utnytte næringsstoffer i djupere jordlag.

Blomsten har en klar gul farge, og det er de nederste knoppene som blomstrer først (Uhlen 2001) (*figur 2* og *figur 4*). Blomsterstanden er en forgreina blomsterklase med blomster i en halvskjerm, der den ytterste delen av blomsterhode er symmetrisk i ett plan (Berrie 1977). Raps regnes for å ha en høy grad av selvbestøvning, men i tillegg spiller både vind og insekter en viktig rolle (Bommarco & Rundlöf 2009).



Figur 4: Biene gjør en viktig jobb med pollinering. Foto: I. Evju

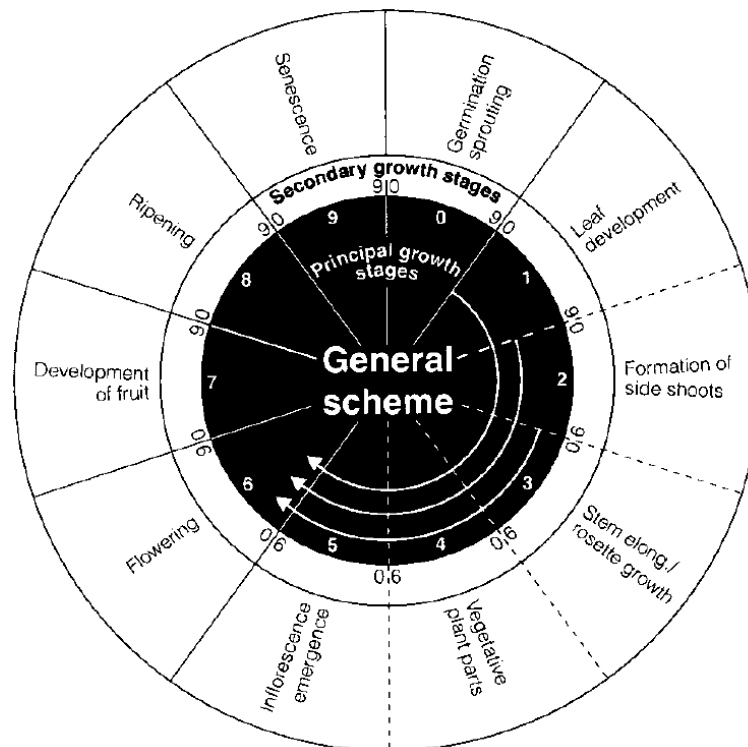
Forsøk gjort i Sverige som ble presentert på "Pollineringskonferens, Alnarp" viste at selvpollinering sto for 40 % av innhøsta frøavling. Vindpollinering sto for samme andel, mens insektpollinering bidro til omlag 20 % (Bommarco & Rundlöf 2009). For å sikre en god bestøvning vil det derfor være en fordel med bikuber i nærheten av rapsåkeren, siden bier er svært gunstig for pollineringa (Uhlen 2001; Åssveen & Heir 2001). I følge Åssveen & Heir (2001) kan avlinga øke med 10-15 % dersom bikuber plasseres i nærheten av oljevekståkeren. En jevn pollinering vil føre til en jevnere modning av plantene, noe som er svært gunstig for avlingsoppbygginga (Åssveen & Heir 2001). En ujevn modna åker, tyder på at plantene har blomstra til varierende tidspunkt, og at skulpene og frøa ikke har kommet like langt i

utviklinga. Dersom ujevn modning inntreffer kan det føre til at en del skulper blir overmodne og drysser, slik at avling går tapt. Samtidig vil det være større fare for å få umodne frø med i avlinga. Umodne frø kan føre til et høyere innhold av klorofyll, enn en jevnt moden avling (Leach et al. 1999; Åssveen & Heir 2001). Modne frø har en brun til svart farge (Uhlen 2001), mens umodne frø er grønngrule til lys brune. Jevn modning av åkeren vil gjøre treskinga til en enklere arbeidsprosess, da størstedelen av bestanden er moden. Altså er det uheldig dersom innhøstinga skjer både for tidlig og for seint (Åssveen & Heir 2001).

Planteutviklinga starter når frøa har kommet i jorda. De vil da etter en periode, avhengig av temperatur og fuktighet, spire og utvikle frøblader. I ungdomsfasen, den juvenile fasen, dannes blader, som etter hvert blir en rosett (Berrie 1977). Det er mens planta er i rosett at rotstokken (Berrie 1977), sideskudd og knoppene dannes (Meier 2001). Når planta har utvikla rot, knopper og sideskudd, går den inn i reproduksjonsfasen og danner stengel (Berrie 1977). Mot slutten av strekkinga begynner knoppene å blomstre. Det er de nederste knoppene som blomstrer først, og den øverste knoppen som blomstrer sist (Uhlen 2001). Blomstringstida kan derfor strekkes ut over en lengre periode, og de ulike stadiene vil kunne gå over i hverandre. Etter hvert som blomstringa avsluttes utvikles skulpene, og frøutviklinga starter (*figur 5*).

Knoppdanning og blomstring i raps styres av daglengde (King & Kondra 1986). Myers et al. (1982) fant at vernalisering også har en påvirkning på blomstring hos enkelte genotyper, slik at blomstringa framskyndes. I rybs, som også er en langdagsplante, er det funnet at det kan være nok med bare en lang dag for at planta skal blomstre (Friend 1969). Planter som dyrkes på nordlige breddegrader, som i Norge, har veldig kort vekstperiode, og er sånn sett svært avhengige av å utnytte lang dag og sterkt lys (Löf 1972). De kvantitative langdagsplantene vi dyrker på nordlige breddegrader har tilpassa seg kort vekstsesong. Daglengden fører til at plantene raskt går over til å produsere blomster, og den juvenile fasen blir da veldig kort (Uhlen 2011). Ettersom daglengden øker, vil antall dager til blomstring synke (King & Kondra 1986; Major 1980). Biomassen må av den grunn utvikles rask, og plantebestanden kan på grunn av den raske veksten bli spinkel. Dette kan gå utover avlingsnivået, noe som muligens gjenspeiler seg i de norske avlingene i forhold til andre land med lengre vekstsesong og kortere dager. Planteutviklinga i land ved sørligere breddegrad, vil ha lengre tid til den vegetative fasen, og slik får planta et bedre grunnlag for et mer frodig plantebestand. Den

juvenile fasen er plantenes ungdomsfase, og er et stadie hvor ikke plantene evner å danne blomster. Alle planter må igjennom den juvenile fasen, men varigheten av den kan variere mellom arter og sorter (Godal et al. 2011). Det vil altså si at på nordlige breddegrader bør raps sås så tidlig som mulig, slik at plantene har best mulig tid til å utvikle bladmasse, før de går over i strekking og begynner å blomstre.



Figur 5: Den generelle planteutviklinga delt opp i hoved- og sekundær utviklingsfase. Talla i hovedfasen (indre sirkelen) sier hvor i utviklinga planta er, mens den sekundære fasen beskriver hvor langt i hovedfasen planta er kommet. Et modifisert utkast etter A. Witzemberger presentert hos Meier(2001).

2.3 Avlingsoppbygging og klimautvikling

Hovedmålet med plantedyrking er å hente ut størst mulig avling. Planteforedlerne jobber hele tida med å utvikle sorter som kan innfri dette målet, samtidig som planteprodusentene optimaliserer dyrkingsteknikken. Frøavlinga er bestemt av ulike avlingskomponenter som antall planter, antall knopper, blomster og skulper, samt antall frø per skulpe og frøvekt (Dieseth & Uhlen 1998; Lamb 1989).

Frøavling kan uttrykkes som:

$$Avling = \text{planter/arealenhet} * \text{skulper/plante} * \text{frø/skulpe} * \text{middel frøvekt}$$

(Dieseth & Uhlen 1998)

De ulike komponentene styres av plantas utvikling gjennom sesongen. Antall skulper per areal styres av hvor mange planter det er på arealet, som igjen påvirkes av såmengde og hvor mange forgreininger plantene danner. Antall skulper per plante påvirkes også av god knoppsetting og blomstring, med en god pollinering (Dieseth & Uhlen 1998). I tillegg til dette, vil de generelle behovene som tilstrekkelig fuktighet og næringstilgang være av betydning for frøsetting og frøutvikling.

Norge har andre klimautfordringer enn lenger sør i Europa. Ved våre breddegrader er det en kort vekstsesong (Mela 1996), noe som fører til at artene og sortene som dyrkes hos oss må kunne gjennomføre sin livssyklus i løpet av en forholdsvis kort vekstsesong, og under lang dag. Raps er en langdagsplante (LD) (King & Kondra 1986). Det kreves en viss kritisk daglengde for at planta skal blomstre (Hopkins & Hüner 2009). Det motsatte av LD plante er kortdagsplanter (KD). Disse plantene vil først blomstre når dagene er kortere enn nettene. Det er egentlig lengden på natta, og ikke dagen, som er påvirkende på blomstringa. Noen planter er avhengig av en fast daglengde, obligate, mens andre er fakultative, det vil si at lengden på dagen ikke er avgjørende bare den er kortere/lengre enn natta. Det finnes også planter som er daglengdenøytrale, de er altså ikke avhengig av dag- /nattlengde for å blomstre. I følge Uhlen (2011) er det funnet genotyper innenfor raps og andre kjente kulturarter som er daglengdenøytrale, samtidig som det er utvikla sorter som ikke reagerer på daglengde. LD om våren vil som tidligere nevnt føre til at faseskiftet for apex kommer veldig raskt, slik at den juvenile fasen blir veldig kort. Plantene starter raskt stengelstrekkinga og utviklinga av blomsteranlegg, særlig dersom temperaturen er høy på våren og forsommeren. Dette kan føre til at plantebestanden blir tynn, og tida til å utvikle tilstrekkelig bladareal kan bli knapp. Det kan da også være fare for at plantene ikke utnytter vokseplassen sin tilstrekkelig, og på den måten konkurrerer dårlig mot ugras (Uhlen 2011).

I tillegg, vil en kort vekstsesong kunne føre til lave avlinger (Mela 1996). Et eksempel henta fra Mela (1996) gir et godt bilde på at det er forskjell på å dyrke planter i Tyskland, hvor vekstsesongen er én til tre måneder lenger enn i Sør-Finland. Den årlige solenergien som

treffer jordoverflata i det sirkumpolare området er begrensa av en liten innstrålingsvinkel. Dette er i følge Mela (1996) hovedårsaken til de klimatiske begrensningene som er representert i dette området. Dette kan være begrensninger som kort vekstsesong, lave temperaturer, frost i vekstsesongen, lange og kalde vintre, og tjukt snødekke. I Tyskland vil det være en større innstrålingsvinkel enn i Finland, og vil på grunn av dette ha en lengre vekstsesong (Mela 1996). Norge kan tenkes å ha mange av de samme utfordringene som i Finland. Disse begrensningene fører til et redusert utvalg av arter og sorter som kan benyttes ved nordligere breddegrader. Dette skyldes at plantene må ha en daglengdereaksjon som hjelper til med å fullføre livssyklusen under LD og kort vekstsesong. En gitt sort (som har langdagsreaksjon) vil ha et mindre krav til varmesum i Finland i forhold til Tyskland, men en rask utvikling vil vanligvis gi en lavere produksjon av frø (Uhlen 2011).

I følge Hanssen-Bauer et al. (2009) har klimaendringene i Norge fra 1979 til 2008, sammenlikna med den internasjonale vedtatte referanseperioden, 1961 til 1990, vist en økende årsmiddeltemperatur med 0,6 °C. Nedbørsutviklinga har en lik tendens for de to periodene. Alle regioner over hele landet har hatt en økende årsnedbør, som utgjør 10 % økt nedbør om våren, og hele 17 % økning i vinternedbøren. Nedbøren om høsten er derimot redusert med 3 %. For vekstsesongen har klimaendringene ført til en økning på én til to uker fra 1979 til 2008 i forhold til referanseperioden for stort sett hele landet. Dette er forhold som påvirker plantedyrkinga i stor grad, og som fører til at planteforedlerne må utvikle plantene slik at de blir tilpassa et endra klima.

Olesen & Bindi (2002) har evaluert klimaendringens konsekvenser på landbruksproduksjonen i Europa. De konkluderte med at økt CO₂-konsentrasjon vil føre til mer effektiv planteproduksjon på grunn av økt fotosyntese. Videre kom de fram til at økt temperatur vil gjøre dyrkningsforholda mer gunstige i Nord-Europa, noe som kan føre til en økt intensitet i produksjonen. Klimaendringene kan by på utfordringer med tanke på økt behov for plantevern, og økt omløpshastighet på det organiske materialet. I tillegg til økte CO₂-konsentrasjoner og økt temperatur, forventes det at episoder med ekstremvær vil forekomme mer hyppig. Dette kan føre til at mengden høstbar avling synker, og kvaliteten kan bli mer varierende.

Klimaendringene fram mot 2100 kan føre til en økt årsmiddeltemperatur for Norge med 2,3 til 4,6 °C (Hanssen-Bauer 2009). Vekstsesongen kan forventes å øke med 1-3 måneder, avhengig av landsdel, og årsnedbøren kan komme til å øke med 5-30 %. Det vil altså si at vekstsesongen er på lengde med det Tyskland har i dag (Mela 1996).

Høyere temperatur vil kunne føre til enda raskere planteutvikling om våren, noe som kan medføre at rapsplantene ikke klarer å utvikle et tilstrekkelig bladareal før de går over i strekningsvekst. En stigning i temperaturen kan også bety tidligere våronn, og i så tilfelle vil plantene muligens få en lengre vekstsesong, og slik sett få en langsommere start på grunn av en lengre vår. Dette kan anses som gunstig med tanke på at plantene får bedre tid til å etablere seg og utvikle det nødvendige bladarealet før strekkingsveksten starter. I tillegg til økte temperaturer ventes det også økt nedbør, og da særlig vinternedbør. Dette kan i motsatt fall av temperaturen utsette våronna på grunn av større snømengder. Økt nedbør vil også kunne gi større utfordringer med tanke på jordarbeiding, sjukdomspress og innhøsting. Klimaendringer kan åpne for andre sorter enn de som dyrkes i dag, og vi kan muligens kunne ta i bruk sorter som benyttes lenger sør i Europa og på andre kontinenter, som er tilpassa en lengre vekstsesong. Dette avhenger av om de tilpasser seg daglengden ved våre breddegrader. I tillegg kan det bli muligheter for nye kulturer, som for eksempel mais som per i dag kun kan dyrkes på de varmeste stedene her i landet. Dette er forhold som bør følges opp, slik at planteforedlerne kan holde tritt med klimautviklinga.

2.3.1 Såmengde

Man forventer i utgangspunktet at det er samsvar mellom den såmengden som velges og antall planter som spirer. Velger man en høy såmengde, forventes det at antall planter også skal være høyt, og motsatt. Forsøk i raps har vist at denne sammenhengen muligens ikke stemmer. Harker et al. (2003) gjennomførte et forsøk med såmengdene 100, 150 og 200 planter per m², og det viste seg at bare tilnærma halvparten av frøa spirte. Begge sortene som ble brukt i forsøket viste ei redusert avling med 7 % for såmengden 100 planter per m² i forhold til høyere såmengde. Den laveste såmengden krevde flere dager til modning enn de to andre. Van Deynze et al. (1992) fikk også resultater som viste noe forsinka modning ved lavere såmengde, men utslaga var små (*tabell 1*). Det ble gjort registreringer som viste at modningstida var 0,6 dag kortere for den høyeste såmengden, i forhold til såmengde 0,3

kg/daa. Også blomstringa var noe kortere for den høyeste såmengden. I tillegg ga forsøket signifikante resultater for totalt tørrstoff som økte med såmengden, men ikke signifikans for frøavlinga. Forsøket viste videre en signifikant sammenheng mellom såmengde og legde som økte med økt såmengde, og mellom såmengde og % overlevde planter som sank med økt såmengde.

Tabell 1: Effekten av varierende såmengder (kg/daa) i forsøk gjennomført i Canada fra 1986-1990. Modifisert etter Van Deynze et al. (1992)

Såmengde (kg/daa)	Dager til blomstring	Dager til modning	Legde (1-5)	Overlevelse (%)	Frøavling (kg/daa)	Totalt tørrstoff (kg/daa)
0,3	45,5	93	2,4	73,1	163,2	789,9
0,45	45,2	92,7	2,6	69,3	173,5	870,5
0,6	45,1	92,6	2,8	60,7	170,5	899
0,9	44,7	92,4	3,3	55,1	166,6	875,8

Taylor & Smith (1992) registrerte økende plantetetthet med økt såmengde i sitt forsøk som ble gjennomført over tre år i Sør-Øst Australia. Såmengdene som ble brukt første året var 0,46, 0,7 og 1,4 kg/daa, og de to siste åra 0,7 og 1,4 kg/daa. Til tross for at de fant en sammenheng i plantetetthet, var det ingen signifikans mellom såmengde og avling. Forsøket deres viste en sammenheng mellom såmengde og antall skulper per plante som ble redusert når såmengden økte. De fant ingen sammenheng, men en tendens til sammenheng mellom såmengde og antall frø per skulpe, som sank ved økende såmengde. Ulike såmengder viste ingen sammenheng i avling. Leach et al. (1999) gjennomførte et forsøk med høstraps for å undersøke effekten av høy plantetetthet på planteutvikling og avling. De kom også fram til at en høyere plantetetthet førte til at plantene produserte færre greiner med skulper. I tillegg registrerte de at vekta på skulpene og frøa sank. Avlinga holdt seg stabil for plantetettheter opp til 150 planter per m², og i følge Leach et al. (1999) skyltes dette at økt planteantall ble motvirka av færre skulper, samt lavere tørrstoffvekt per plante for skulper og frø.

Forsøket til Brandt et al. (2007) ble gjennomført med såmengdene 0,28, 0,56 og 0,84 kg/daa. Såmengde påvirket bare avling, ikke biomasse. Avlinga for de tre såmengdene over seks år var henholdsvis 158, 174 og 181 kg/daa. Økt såmengde ga redusert spiring, men plantetettheten økte med økt såmengde. En lav såmengde forsinket blomstringa. Brandt et al (2007) legger fram en teori for å forklare lik biomasse og synkende avling ved synkende såmengde.

Kombinasjonen av lik biomasse og synkende avling etter som såmengden synker kan tyde på at veksten forsøker å kompensere for lav plantetetthet ved å øke plantestørrelsen, men som en konsekvens av dette blir mindre effektiv i frøproduksjonen. Høsteindeksen økte med økt såmengde i seks av åtte år, noe som Brandt et al (2007) tror kan skyldes teorien over. Taylor & Smith (1992) fant heller ingen signifikant effekt for biomasse i to av tre år.

Utenlandske forsøk viser stort sett at en høyere såmengde er mest positivt, eller gir liten forskjell fra en lavere såmengde. En høyere såmengde vil være gunstig for avlinga, og for en jevnere modning. I tillegg er det registrert dårlig spireprosent for alle såmengdene, men lavere overlevelse for de høye såmengdene. Det er vanskelig å dra paralleller mellom norske forhold og det som er funnet i for eksempel Australia og Canada på grunn av ulike dyrkingsforhold. Og da det ikke er gjort forsøk på såmengder i Norge tidligere, er det ikke grunnlag for å vite om de ulike såmengdene vil reagere annerledes i Norge enn ellers rundt i verden.

2.4 Avlingsreducerende faktorer

Avlingspotensialet for raps er bestemt av naturgitte forhold som vekstsesongens lengde, daglengde, temperatur- og nedbørsklima, jord, samt avlingspotensialet i sortene som dyrkes. Avlingsreducerende faktorer kan gjøre at dette avlingspotensialet ikke blir oppnådd, som ugras, sjukdommer, skadedyr. Gjennom hele vekstsesongen jobbes det mot å få en så liten avlingsreduksjon som mulig, av det potensialet plantematerialet gir muligheter for. Det er særlig sjukdommen storknolla råtesopp som har fått et stort fokus, og som kan komme til å forårsake store avlingstap (Rostad & Abrahamsen 2011).

2.4.1 Konkurransen fra ugras

Konkurransen fra ugras kan være en årsak til at avlingene blir lavere enn forventet i raps. Raps etablerer seg langsomt, og vil i etableringsfasen ha en svekka evne til å konkurrere mot ugras. Men når planta har utvikla seg så stor at den dekker marka er den svært effektiv i ugraskampen. Ugras som kveke kan bekjempes med sprøyting i oljevekstproduksjonen. Herbicider i kulturen, eller glyfosat (Uhlen 2001) på gjennspira kveke i åkerstubben om høsten, er aktuelt. I følge Felleskjøpet Agri (2011b) finnes det tre kvekemiddel som kan brukes i oljevekster. Slik det ser ut i dag er det noe rimeligere, økonomisk sett, å sprøyte med

glyfosat framfor herbicider (Dahlen 2011). I så måte er ikke betydningen av kvekebekjempelsen like tilstedeværende i oljevekster slik som den var tidligere (Netland et al. 2001), samtidig som glyfosat har en mye bedre langtidseffekt enn de aktuelle herbicidene som man kun har effekt av samme året det sprøytes (Dahlen 2011). Sprøyting med glyfosat om høsten kan bli vanskelig etter som oljevekster høstes seint, slik at kveka ikke rekker og spire opp igjen. I tillegg til kveke er det en god anledning til å bekjempe andre rotugras, frøugras, og floghavre (Uhlen 2001). I oljevekster kan og bør floghavre bekjempes med såkalte kvekemiddel, siden lusing er svært vanskelig i denne veksten (Landbrukstilsynet 2003). Alle de tre kvekkemidlene som kan brukes i oljevekster tar også floghavre (Felleskjøpet Agri 2011b).

Pløying er effektivt mot ugrasbekjempelse, særlig rotugras (Mangerud & Brandsæter 2009), og er derfor et alternativ til forbyggende tiltak. Det er mulig med mekanisk ugrasbekjempelse i oljevekster. Radrensing kan være aktuelt, dersom man øker radavstanden, og sådan velger å få en lavere avling (Uhlen 2001). I følge Jonsson (2004) kommer det gjennom deres forsøk med vårraps i Sverige tydelig fram at raddyking i kombinasjon med radrensing er et bra alternativ, sammenlikna med kjemisk behandling av ugraset. Ugrasharving er mer eller mindre utelukka i oljevekster, da harva gjør store skader på oljevekstplantene (Netland et al. 2001). Rapsplantene kan på den måten settes tilbake, slik at de kan falle fra og ugraset kan få muligheten til å ta overhånd.

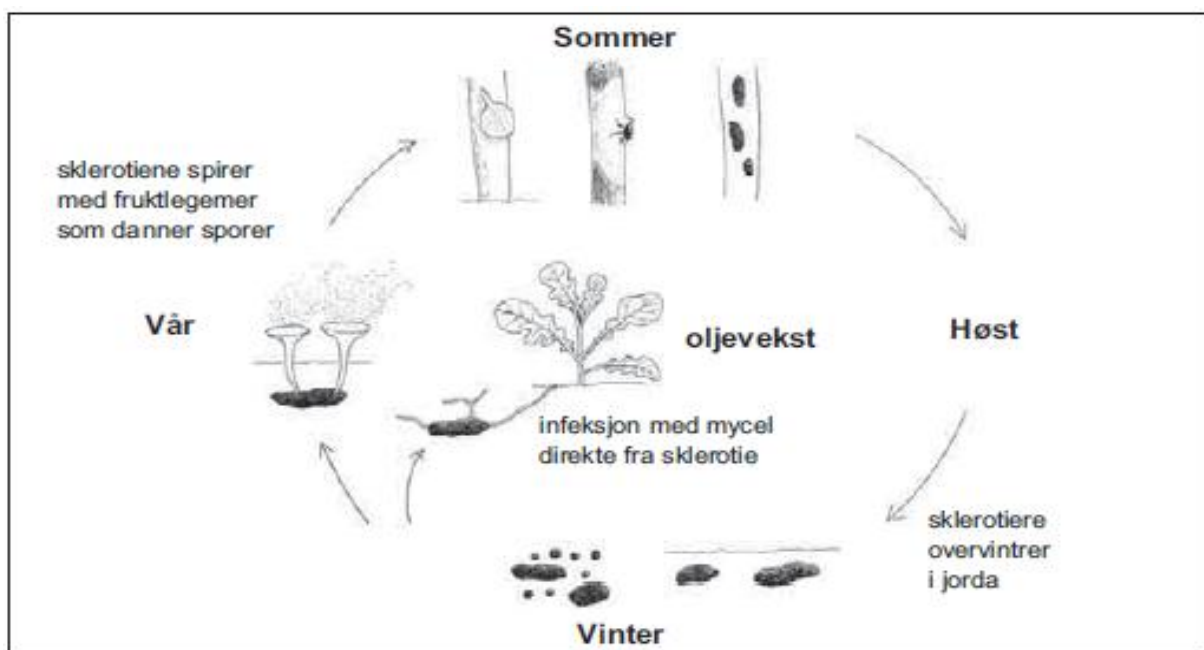
Martin et al. (2001) gjennomførte et eksperiment over to år for å undersøke den kritiske perioden for ugraskontroll i raps. Resultatene tyda på at det er viktig at raps holdes fri for ugras minst fram til firebladstadiet for å forebygge avlingstapet med mer enn 10 %. Dersom man sår tidlig, må man holde jorda ugrasfri fram til seksbladstadiet. Etter dette tidspunktet hevder de at lite ugras vil komme til, og at ugras som spirer så seint vil ha lav biomasseproduksjon. Harker et al. (2003) fant ut at avlinga ble redusert med 4 % dersom fjerning av ugras ble utsatt til seksbladstadiet. Avlingene varierte avhengig av såmengde, kultivar og ved hvilke stadie ugraset ble fjerna. Begge kultivarene som ble brukt i forsøket hadde den største avlinga uavhengig av såmengde ved fjerning av ugraset ved tobladstadiet.

Rapsplantene bør ha en vekststart med så liten konkurranse fra ugras som mulig. Sterk konkurranse fra ugras vil kunne føre til bortfall, og dårligere utvikla planter. Dette kan gi avlingsreduksjon. Ugraset kan håndteres på flere ulike måter, og er nødvendig for å sikre oppspiringa, samt utviklinga av rosett. Hvor stor ugraskonkurransen er, vil kunne variere fra skifte til skifte, da frøbanken i jorda er ulik. Med ganske stor sikkerhet kan det antas at dersom det er gunstige vekstforhold for den sådde kulturen, vil også ugraset trives. Det er da to muligheter, enten at rapsplantene klarer seg så bra at de utkonkurrerer ugraset, eller at ugraset tar overhånd.

2.4.2 Sjukdommer

Storknolla råtesopp

Storknolla råtesopp (*Sclerotinia sclerotiorum*) er en soppsjukdom med mange vertsplanter, og både raps og rybs er svært mottakelige (Brodal et al. 2009). Plantene som er angrepet, vil få halmfarga stive stengler. De vil også modnes tidligere enn resten av feltet, og dette kan medføre et stort avlingstap. Dersom rapsplantene står i tett bestand og det er fuktig værforhold, er faren for rask spredning stor. Forsøk har gitt resultater som er motstridene til dette, hvor tettere plantestand ikke viste et større angrep av storknolla råtesopp (Brandt et al. 2007; Harker et al. 2003). Hele livssyklusen vises i figur 6.



Figur 6: Livssyklusen til storknolla råtesopp. Tegning: Hermod Karlsen. (Brodal et al. 2009)

Sjukdommen kan først ses som et hvitt mycel på stengelen (figur 7), og i dette stadiet dannes sklerotier inne i stengelen (figur 8). Disse frigjøres ved tresking og havner enten i jorda, eller blir med rapsfrøa og fører til falsk frøsmitte. Sklerotiene kan overleve fire år i jorda, og korte omløp er derfor ikke å anbefale. Dersom sklerotiene blir utsatt for tilstrekkelig fuktighet kan de spire, og en liten sopp på jordoverflaten på ca. fem millimeter i diameter vokser opp. Disse soppene danner sporer, som igjen sprer soppen i åkeren. Dersom sporene fester seg til kronblader som har falt av og landa i greinvinklene på planta, vil det være god næringstilgang for sporene, og sjukdommen vil lett vokse inn i planta. I den perioden planta avslutter blomstringa er faren for spredning stor, spesielt hvis det er tilstrekkelig fuktighet rundt spredningsperioden (Brodal et al. 2009).



Figur 7: Hvitt mycel er tegn på storknolla råtesopp (*Sclerotinia sclerotiorum*). Foto: I. Evju

I følge Brodal et al. (2009) er korte vekstomløp av raps lite ideelt, siden det vil øke faren for angrep av sjukdommen. Med tanke på at sklerotiene overlever fire år i jorda, vil det være ideelt å ha planter som er mottakelige for sjukdommen på samme skifte ca. hvert 5.år. Av andre forbyggende tiltak må nevnes djup pløying som fjerner sklerotiene fra det øvre jordsjiktet, og reduserer smittepresset denne vekstsesongen. Flere land i Europa bruker et preparat til biologisk kontroll



Figur 8: Sklerotier dannes inne i stengelen. Foto: I. Evju

som inneholder soppen *Coniothyrium minitans*. Denne soppen bryter ned sklerotiene. Det er viktig at såfrøet som brukes er reint for smitte, for å redusere sjukdomsfaren (Brodal et al.

2009). SørØst Landbruksrådgiving gjennomførte et forsøk i 2010 med soppbekjempelse i oljevekster (Rostad & Abrahamsen 2011). Forsøket ble gjennomført ved å soppsprøyte feltet ved begynnende blomstring med midlene Amistar og Proline. Sistnevnte hadde en noe bedre effekt enn første, og avlingsøkninga lå fra 25-30 % ved soppsprøyting. I tillegg var det en økning i fettinnhold og 1000-frø vekt. Samme forsøket ble gjennomført i 2008 og 2009, med henholdsvis stort og lite utslag for soppsprøyting.

Klumprot

Klumprot er den viktigste sjukdommen på kålvekster i følge Brodal et al. (2009). Raps er i samme slekt som kål, og angrep kan gi store skader på avlinga. Sjukdommen skyldes en encella parasitt, *Plasmodiophora brassicae*. Dersom man har angrepne planter vil blada henge på varme tørre dager. Dette kommer av at rotsystemet er så ødelagt på grunn av parasitten som stimulerer til økt celledeling. Danning av unormalt store celler reduserer vannopptaket, og planta vil til slutt visne og dø. Parasitten danner store mengder hvilesporer i utvekstene på de angrepne røttene, som kan overleve i jorda 6-8 år. Vekstskifte er derfor veldig viktig som forebyggende tiltak. Parasitten trives best ved sur jord, det vil derfor kunne være lønnsomt å kalke jorda for å gjøre forholda ugunstige for parasitten (Brodal et al. 2009).

I Canada har klumprot fått økt oppmerksomhet etter at det har blitt oppdaga at sjukdommen utgjør en økonomisk trussel for produksjonen, og “The Canola Council of Canada” har iverksatt “Clubroot Mitigation Initiative” (Howard et al. 2010). Deres håp er at fokuset på klumprot øker, og at de økonomiske konsekvensene får en minimal effekt. Per i dag er de dyrka arealene med raps og rybs så lave i Norge at kravet om at oljevekster ikke bør dyrkes oftere enn hvert 6-8 år ikke har vært særlig vanskelig å innfri. Klumprot har i følge Hermansen (2011) vært kjent på raps og rybs i en årrekke her i landet, men det er stort sett grønnsaker som brukes i beskrivelser av sjukdommen. Skulle det lykkes med å øke dyrkingsarealet med oljevekster bør fokuset på klumprot øke.

Skulpesopp

I korsblomstra vekster, slik som raps, er det to skulpesopper i *Alternaria*-slekta som er vanlige. Soppen er vanlig på bladene i alle korsblomstra vekster, men gjør mest skade når

soppen mot slutten av sesongen vokser inn i skulpene og angriper frøa. Skulpene får først brune flekker, før soppen går inn i skulpene og infiserer frøa. Frøa blir skrumpne og små, med redusert spireevne. Som for klumprot er vekstskifte med ikke korsblomstra vekster viktig, for å hindre oppbygginga av smitte i jorda (Brodal et al. 2009).

Sjukdommer kan gi avlingstap, og det vil under alle forhold være gunstig å ha kontroll på dem. For de tre nevnte sjukdommene er vekstskifte uten korsblomstra vekster svært viktig, slik at sjukdommene ikke oppformeres i jorda. Storknolla råtesopp er i følge Rostad & Abrahamsen (2011) en viktig sjukdom i oljevekstdyrking som kan gi store avlingsreduksjoner, og det har vist seg at sjukdommen trolig kan gjøre større skade enn først antatt. Av den grunn har den også fått økt interesse.

2.4.3 Skadedyr

Nepejordloppe

Det finnes tre arter nepejordloppe (*Phyllotreta spp.*) i følge Andersen et al. (2011), og den vanligste av dem er bølgestripa nepejordloppe. De kan være tallrike, og gjør skade ved å spise opp spirende frø som enda ikke har kommet opp av jorda. Dette kan da gi et inntrykk av redusert spiring. De voksne billene forekommer stort sett bare tidlig på våren, mens vertsvekstene er på frøbladstadiet. Etter dette lever larvene i jorda. Angrep av jordloppe er årvisse, men vil mest sannsynlig variere i mengde fra år til år. Stort sett er ikke jordloppe noe problem når oppspiringsperioden er lang og kjølig (Lyhagen 2008). Det er i hovedsak med sol og varme i oppspiringsfasen, 15-18 °C, angrep av nepejordloppa blir betydelige (Abrahamsen 2011a). I følge Abrahamsen (2011a) gjør jordloppa større skade i dag enn den gjorde tidligere fordi frøa ikke lenger er beisa. Beising er en svært dyr prosess, men slik det ser ut i dag er beisa frø på vei inn igjen. Det kan føre til at muligheten for å gå ned i såmengde øker, da jordloppa gjør mindre skade.

Rapsglansbille

Rapsglansbillene (*Meligethes spp.*) er de viktigste skadegjørerne i raps og rybs (Andersen et al. 2009). Dette er en veldig stor slekt med mange pollenspisende arter. Billene er små, 2-3 millimeter lange og har en svart glinsende farge. De kan føre til store skader ved at de spiser på knoppene og slik reduserer mengden skulper. Billene legger egg i knoppene, og etter hvert kan man se gulhvite små larver i blomstene. Disse gjør liten eller ingen skade da de spiser og lever av pollen, og seinere slipper seg ned på bakken og forpupper seg der. Den neste generasjonen biller blir klekt i løpet av sommeren, og overvintrer i strøsjiktet under lauv og lignende i skogkanten. Ved neste sesong flyr de inn i åkeren etter luktstoffer som raps og rybs skiller ut, og parringa skjer her. Billene gjør ingen skade i åpen blomst. Av den grunn utgjør de ingen fare når knoppene har sprunget ut. Andersen et al. (2009) henviser til forsøk på forbyggende tiltak gjennomført i Finland, som fant en positiv virkning dersom det legges til rette for nyttedyr, som snylteveps og nyttenematoder. Det er utarbeidet en skadeterskel for angrep av glansbille i vårraps (tabell 2).

Tabell 2: Skadeterskel for rapsglansbille i vårraps. Modifisert etter Andersen et al. (2009)

Plantestadium	Antall glansbiller, i gjennomsnitt per plante
Tidlig knoppstadium	0,5-1,0
Middels tidlig knoppstadium	1-2
Sent knoppstadium	2-3

Skulpesnutebille og skulpegallmygg

Skulpesnutebille (*Ceutorhyncus assimilis*) gjør liten skade i raps og rybs. Den største skaden skulpesnutebilla gjør er å bane vei for skulpegallmyggen (*Dasineura brassicae*) som legger eggene sine i skulpene. Larvene vil etter hvert gnage seg ut av skulpene og forpuppe seg i jorda. Bekjempelse kan skje ved å bekjempe skulpesnutebilla, noe som er svært vanskelig da den har en lang innflygingsperiode. Skulpegallmyggen kan også bekjempes før den legger egg i hullene etter skulpesnutebilla, eller så kan de nyklekka larvene bekjempes akkurat i det blomstringa er avslutta (Andersen et al. 2009).

Gjennom hele vekstsesongen står plantene i fare for å bli angrepet av skadedyr. Ved oppspiring vil det være fare for angrep av nepejordloppe, når knoppene blir danna begynner rapsglansbilla å gjøre skade, og til slutt er det skulpesnutebilla og skulpegallmyggen som kan forårsake avlingstap. Det er derfor viktig å følge med på utviklinga i åkeren, og drive bekjempning av skadedyrene dersom de er tilstedeværende i et slikt antall at det vil gjøre skade. På grunn av faren for resistensoppbygging og miljøskader ved bruk av pesticider, er det viktig å gjøre en nøye vurdering av behovet.

2.5 Kvalitetssegenskaper

Kvalitet handler om produktets egenskaper. Gjennom forskning har det vist seg at raps har mange positive egenskaper for menneskekroppen (Ackman 1990), noe som kan være med på å øke fokuset og salget i markedet. De viktigste ernæringsmessige fordelene er knytta til fett og fettsyresammensetninga i raps.

2.5.1 Fettinnhold og fettsyresammensetning

Raps produseres som tidligere nevnt på grunn av frøas oljeinnhold som er over 40 % (Shahidi 1990; Åssveen & Heir 2001). Norske forsøk har vist at oljeinnholdet i raps og rybs er godt på høyde med det som er funnet i utlandet, med innhold i overkant av 40 % (Abrahamsen et al. 2006; Abrahamsen et al. 2009; Abrahamsen 2011b; Uhlen et al. 2004). En forsøksserie med raps og rybs dyrka på flere lokaliteter på Østlandet og en lokalitet i Trøndelag over to år, 2001 og 2002, ble analysert for fettinnhold, fettsyresammensetning og protein (Uhlen et al. 2004). Variasjonen i fettinnhold mellom sortene er større for raps enn for rybs, men variasjonen mellom raps og rybs er ikke svært stor (*tabell 3*). Det var i følge Uhlen (2011) en overraskende liten variasjon mellom lokalitetene, og at de forskjellene som ble funnet i fettinnhold var knytta til sort. Disse sortene er ikke lenger aktuelle i dag.

Fettsyresammensetninga er genetisk bestemt, og det har blitt lagt ned mye arbeid i å endre denne gjennom planteforedling (Uhlen 2001). Dette har ført til at sortene i dag inneholder mye mer olje- og linolsyre enn hva de opprinnelig gjorde, samtidig som de uønska fettsyrene eruka- og eikosensyre er blitt redusert (Åssveen & Heir 2001). Rapsolje har i tillegg et naturlig lavt innhold av den uønska fettsyra palmitinsyre. Linolensyre er ernæringsmessig

gunstig, men dersom innholdet er for høyt kan det gi problemer med harskning (Uhlen 2011; Åssveen & Heir 2001). *Tabell 3* tar for seg fettsyresammensetninga i fire rybs-sorter og tre raps-sorter. Det er noe variasjon mellom sortene, men fettsyrene som dominerer er oljesyre, linol- og linolensyre. Disse er alle umetta fettsyrer, mens innholdet av metta fettsyrer er veldig lavt. Rybs hadde i dette forsøket et høyere innhold av linolsyre (C18:2 (n-6)) enn raps.

Tabell 3: Fettsyresammensetninga, samt fett- og proteininnhold i % av tørrstoff for både vårraps og vårrybs, verdiene er gjennomsnitt for begge åra. Modifisert etter Uhlen et al. (2004).

Sort	Fett % i ts	Fettsyresammensetning					Protein %
		C16 % Palmitins.	C18 % Stearins.	C18:1 (n-9) % Oljes.	C18:2 (n-6) % Linols.	C18:3 (n-3) % Linilens.	
Vårraps							
Sponsor	44,4	4,98	1,86	58,01	20,33	11,31	25,2
Wildcat	46,0	4,68	1,51	56,64	21,42	12,27	24,8
Hyola	43,0	5,06	2,23	60,88	18,29	10,01	22,4
Vårrybs							
Agena	44,1	4,21	1,44	56,39	22,34	12,32	21,0
Kulta	44,7	3,54	1,54	57,91	22,25	11,77	20,4
Valo	44,2	3,61	1,47	57,69	22,03	12,02	20,7
Tuli	45,8	3,60	1,50	57,40	22,37	11,92	20,4

Triglyserid er et fettstoff, som er bygd opp av glyserol og tre fettsyrer. Triglyseridene fungerer som lager- og transportform av fett. Fettsyresammensetninga av de tre fettsyrene varierer etter opphavet til triglyceridet. I vegetabiliske oljer er det mest flerumetta fett, i motsetning til melkeprodukter som har mest metta fett (Lande & Tonstad 2006-2007). Ved pressing av rapsfrø, er det i hovedsak de flerumetta triglyceridene man får ut, og er også det som er mest interessant i matolje (Vogt 2011).

Fettsyresammensetninga og dens betydning for ernæringa er behandla av Ackman (1990). Kombinasjonen mellom linolsyre og linolensyre som finnes i rapsolje, er gunstig for kostholdet og helsa til menneskene. Allerede i 1985 ble det funnet en tendens til at fettsyresammensetninga i rapsolje har en positiv tendens mot hjerte- og karsjukdommer. Oljesyre (18:1 n-9) er gunstig og den regnes som hovedkomponenten i rapsolje med hele 60 % innhold (Ackman 1990). Vogt et al. (2007) sier innholdet av oljesyre utgjør ca. 55 %. Linol- og linolensyre er essensielle for menneskene, og vi har et daglig behov (Vogt et al.

2007) som kan dekkes med rapsolje som inneholder 20 % linolsyre (Ackman 1990; Vogt et al. 2007) og ~ 10 % linolensyre (Vogt et al. 2007). Begge er langkjeda flerumetta fettsyrer med god effekt mot hjerte- og karsjukdommer. Linolsyre (18:2 n-6) er en omega-6 syre, (Vogt et al. 2007), og linolensyre (18:3 n-3) er en omega-3 fettsyre (Ackman 1990; Vogt et al. 2007), og forholdet mellom dem er viktig for at linolensyre kan konvertere til to andre essensielle fettsyrer, EPA og DHA (Vogt et al. 2007). Innholdet av linolsyre og linolensyre er i dag 2:1 (Vogt et al. 2007). Stearinsyre (18:0) er ei metta fettsyre, men regnes som ufarlig (Ackman 1990). Der i mot er palmitinsyre (16:0) kategorisert som en lite gunstig fettsyre med tanke på å utvikle hjerte- og karsjukdommer. Det er i denne sammenhengen rapsolje er særlig gunstig i forhold til andre vegetabiliske oljer, da innholdet av palmitinsyre er lavt.

2.5.2 Kjemisk sammensetning

Glukosinolater

Tidligere hadde pressresten et høyt innhold av glukosinolater, men i dag har planteforedlerne klart å framstille sorter som har et lavt innhold. Glukosinolater er en samlebetegnelse av mange kjemiske forbindelser som kan hydrolyseres til isothiocyanat. Et av disse spaltingsproduktene er sennepsolje som har vist seg å ha en ugunstig virkning på dyrehelsen, særlig hos enmaga dyr. Glukosinolater er altså ikke skadelige i seg selv. Sennepsolja forstyrrer skjoldbruskkjertelens evne til å ta opp jod og produsere hormonet thyroksin. Dette gjør at kjertelen blir forstørret, og hos dyra vil man merke redusert appetitt og dårlig trivsel. Pressresten etter oljeutvinning kan i dag i større grad brukes til fôring siden innholdet av glukosinolater i dobbeltlåge sorter, sorter med lavt innhold av glukosinolater og erukasyre, er redusert (Uhlen 2001; Åssveen & Heir 2001).

Protein

Proteinet i oljefrø har en veldig god og balansert aminosyresammensetning, og er et godt tilskudd til kraftfôrblandinger for flere ulike dyreslag (Åssveen & Heir 2001). Frøet har et råproteininnhold på 20-25 % av tørrstoffet, mens pressresten som er mest aktuell som fôr har et proteininnhold på 38- 45 % (Shahidi 1990; Åssveen & Heir 2001). Proteininnholdet vil variere mellom sort og dyrkingsmiljø (Uhlen et al. 2004). Raps har generelt høyere proteininnhold enn rybs, og det ser ut til å være variasjon mellom raps- sortene (*tabell 3*).

Klorofyll

Klorofyll er uønska i rapsolja, da olja får en mørk, uappetittlig farge (Ward et al. 1994), og fører til store økonomiske kostnader for å få den fjerna (Green et al. 1998; Åssveen & Heir 2001). Klorofyll er også uønska i olje til teknisk bruk (Åssveen & Heir 2001). Forsøk gjort *in vitro* av Green et al. (1998) viste at problemet med grønne frø er framkalt på grunn av stress, som stopper klorofyllnedbrytinga i frøet. I forsøket utsatte de forsøksplantene for mildt frysestress. Dette førte til at frøet ble svært rask nedtørka, og nedbrytinga av klorofyll stoppa. Ved å tørke frøa sakte, med høy luftfuktighet (86 % RH), oppdaget de at nedbrytinga av klorofyll gikk raskt. Dette var en observasjon Ward et al. (1992) også gjorde, at en sakte nedtørking av frøet var mest gunstig for klorofyllnedbrytinga. Ward et al. (1995) oppdaget at så lenge fuktigheten i frøet var over 35 % var nedbrytinga av klorofyll rask, og hastigheten sank når fuktighetsinnholdet ble lavere. Dette vil altså si at nedbrytinga av klorofyll reduseres, og faren for høyt klorofyllinnhold i frøa øker dersom høsten blir veldig varm, eller ved kuldenetter i modningsperioden. Som tidligere nevnt har raps en lang veksttid, noe som kan føre til at innhøstinga ikke skjer før mot slutten av september. Det er da fare for at plantene kan utsettes for nattefrost, noe som kan øke innholdet av klorofyll i frøa.

I løpet av modningsprosessen av frøet skjer det en endring av klorofyll- pigmentets sammensetning (Ward et al. 1995), slik at de ulike klorofyllpigmentene opptrer i ulik mengde ved ulike stadier i frømodninga. Det er i følge Åssveen & Heir (2001) dyrkingsmessige forhold som ujevn spiring, med påfølgende ujevn blomstring og modning, som er den viktigste årsaken til høyt klorofyllinnhold. En ujevn modning kan føre til at avlinga inneholder mye grønne umodne frø, og slik øker klorofyllinnholdet. En økt såmengde førte til et lavere antall grønne frø i avlinga i følge Brandt et al. (2007), enn hva en lavere såmengde gjorde. Dette kan muligens ses i sammenheng med mer ujevn modning ved lav såmengde. Dersom det blir groskade i åkeren vil også det være med på å øke klorofyllinnholdet (Åssveen & Heir 2001). Klorofyllet kan raffineres ut av olja, men som tidligere nevnt er dette en kostbar prosess. For å øke lønnsomheten i oljevekstproduksjonen er det derfor gunstig å høste inn en mest mulig jevnt modna åker.

3. Materiale og metoder

3.1 Feltforsøka

Våren 2010 ble det lagt ut feltforsøk i vårraps med fem ulike såmengder. Felta ble anlagt på Øsaker ved Sarpsborg i Østfold, og på Ramdal, Årnes i Akershus av henholdsvis Landbruksrådgiving SørØst og Romerike Landbruksrådgiving. Hvert forsøk ble lagt ut som et blokkforsøk med to gjentak der såmengdene ble tilfeldig plassert innen gjentaket. Fem ulike såmengder ble brukt med vårrapssorten “Marie” (tabell 4). Såfrøa hadde 1000-frø vekt på 3,45 gram. Forsøksplanene ble laga av Bioforsk Apelsvoll, og dataprogrammet Nordic Field Trial System ble brukt.

Tabell 4: Fem ulike såmengder.

Antall frø per m ²	Antall kg per daa
200	0,8
250	1
300	1,2
350	1,4
400	1,6

Jordforholda på de to plassene var noe ulike. På Årnes var det moldholdig silt med pH 6,1. P-AL var 11, K-AL 9 og Mg-AL 12. På Øsaker var det moldrik mellomleire med en pH på 6,6, P-AL 8 og K-AL 28. Vårbygg var forgrøde på begge plassene. På Årnes ble det tilført 55 kg/daa fullgjødsel 25-2-6, og på Øsaker 67 kg/daa fullgjødsel 22-3-10. Begge felta ble sprøyta med insektmiddel, noe som reduserte skadeomfanget og sikra avlinga til en viss grad. På Årnes ble rapsen sprøyta 3.juni mot jordloppe og eventuelt glansbille med 20 ml Karate pr daa, og 17.juni mot glansbille med 35 ml Biscaya pr daa. Feltet på Øsaker ble sprøyta mot jordloppe og eventuelt glansbille 4. juni med 25 ml Fastac 50, og 30 ml Biscaya mot glansbille 15.juni. Det ble ikke sprøyta mot ugras på noen av felta (vedlegg 1).

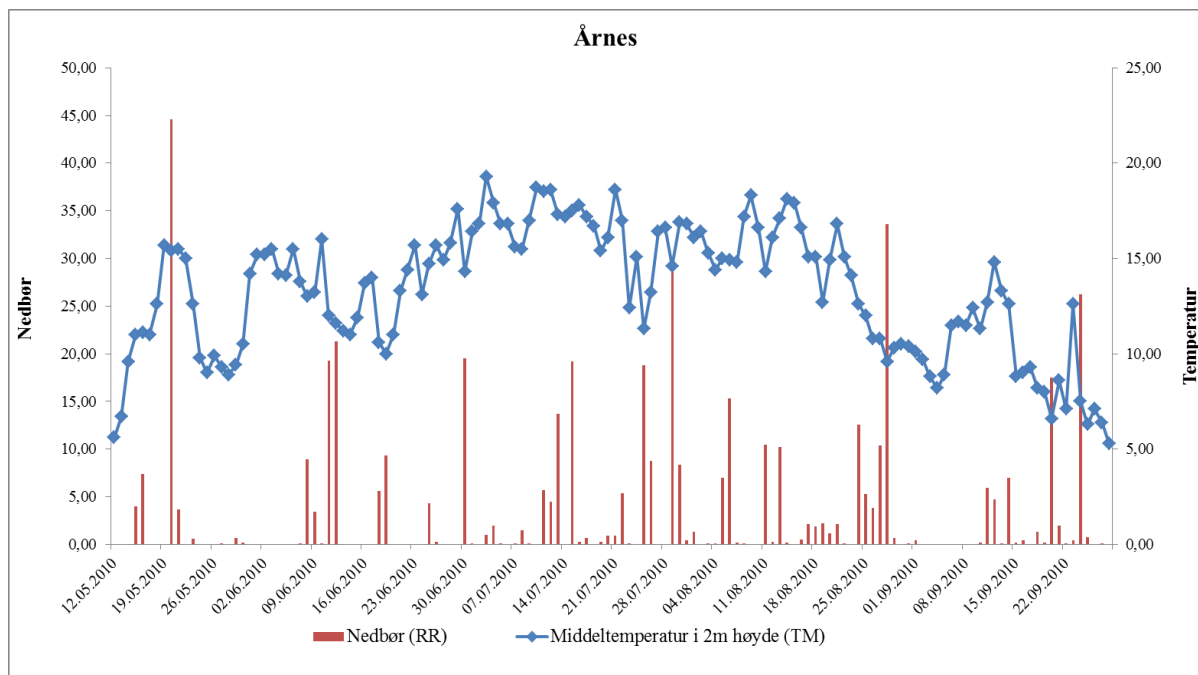
Feltet på Øsaker ble sådd 7.mai, og feltet på Årnes ble sådd 12.mai. Ei sårute var 1,6 x 8 m, mens høsteruta var 1,6 x 6,5 m. Hvert felt gjentok samme såmengde to ganger (gjentak), og i enden av gjentakene var det ei kantrute som fungerte som et vern av forsøket (*figur 9*).

Vem (101)	Vern (201)	16 m
(102)	(202)	
(103)	(203)	
(104)	(204)	
(105)	(205)	
(106)	(206)	
Vem (107)	Vern (207)	
8m	8m	
16m		

Figur 9: Viser hvordan forsøksfeltene var bygd opp, og størrelsen i meter.

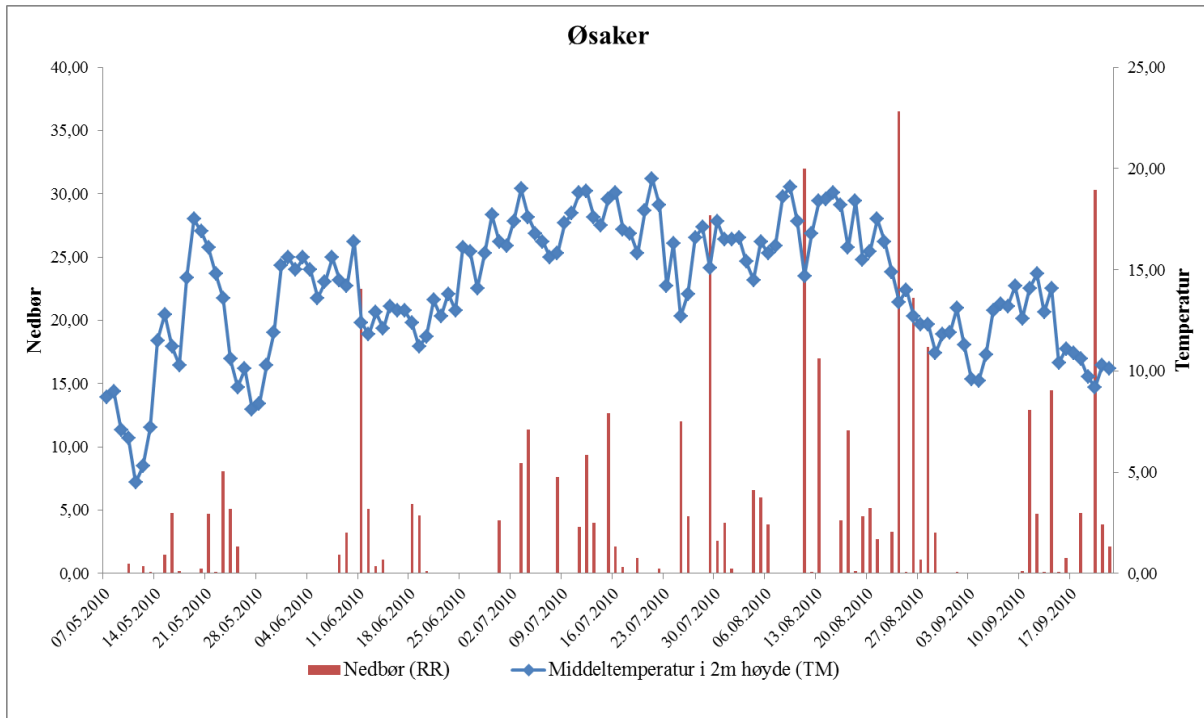
3.2 Været gjennom vekstsesongen

På Årnes var gjennomsnittlig nedbør på 3,3 mm per dag fra såing til høsting, og temperaturen var i snitt 13,3 °C. Den høyeste målte temperaturen var 19,3 °C i månedsskifte juni/juli. Nedbøren kom jevnt fordelt gjennom sesongen (*figur 10*), og temperaturen i begynnelsen av vekstsesongen var høyere enn på Øsaker (*figur 11*).



Figur 10: Nedbør og temperatur på Årnes fra sådato til og med innhøsting. Kilde: Landbruksmeteorologisk tjeneste - <http://lmt.bioforsk.no/lmt/index.php?weatherstation=5&loginterval=1&tid=1296548444> (Bioforsk Plantehelse 2010)

I snitt kom det 3,2 mm nedbør per dag fra såing til høsting på Øsaker, og det meste av nedbøren kom fra midten av juli og utover (figur 11). Sesongen begynte med litt lave temperaturer, og fra såing til høsting lå den gjennomsnittlig på 13,1 °C, med en topp midt i juli på 19,5 °C.



Figur 11: Nedbør og temperatur på Øsaker fra sådato til og med innhøsting. Kilde: Landbruksmeteorologisk tjeneste - <http://lmt.bioforsk.no/lmt/index.php?weatherstation=5&loginterval=1&tid=1296548444> (Bioforsk Plantehelsetilstand 2010)

3.3 Registreringer gjennom vekstsesongen

Gjennom hele vekstsesongen ble feltet på Årnes hyppig besøkt for å registrere planteutvikling, ugrasproblemer, sjukdommer og skadedyr som kan påvirke resultatene og tolkningen av disse. Feltet ble besøkt hver uke gjennom vekstsesongen, bortsett fra i begynnelsen og slutten av sesongen hvor behovet var mindre (vedlegg 2). Feltet på Øsaker ble noe sjeldnere besøkt (vedlegg 3)

Ved alle registreringene på de to ulike felta, ble *Zadoks-skala* (Meier 2001) benyttet til å anslå utviklingsstadiet til plantene. Første registrering gikk ut på å telle hvor mange planter som hadde spirt. Dette ble gjort ved å måle opp 2x1m (smårute) på ulike steder i hver rute, og telle hvor mange planter som hadde spirt innenfor hver av meterne. Ved skjønnsmessig

bedømming ble prosent spirte planter i hele ruta registrert. Disse registreringene ble gjort to ganger, med cirka 14 dagers mellomrom på Årnes, og tre ganger på Øsaker. Eventuelle skader av jordloppe ble også registrert.

Planteutviklinga ble registrert gjennom vekstsesongen. Det ble valgt ut fem representative planter jevnt fordelt i hver rute, for å få best mulig registrering av utviklinga. Det ble registrert antall fullt utvokste blader etter omtrent en måneds vekst, der et blad regnes som fullt utvikla dersom bladplata er retta ut. I tillegg ble antall blad hjørner med vegetative knopper, og antall knopper i toppskuddet registrert, for å se eventuelle forskjeller i planteutviklinga. Sistnevnte ble gjort uten lupe. Ved seinere utviklingsstadier ble også antall forgreininger per plante talt. Hovedskuddet ble talt som en egen forgreining, og er sannsynligvis den forgreininga som har kommet lengst i utviklingsløpet. Ved avslutta strekningsvekst, ble høyden registrert.

Prosent legde ble registrert ved visuell vurdering av plantenes hellingsgrad, og hvor stor andel av ruta dette utgjorde på en skala fra 0-100 % i alle smårutene på Årnes. Dette ble gjort mot slutten av august.

3.4 Høsting av småprøver fra hver rute

Smårutene på Årnes ble klipt forsiktig ut 9.september, tre uker før resten av feltet ble treska, 28.september. De oppmålte meterne som ble brukt for tidligere registreringer ble brukt. Plantene fra hver rute ble lagt i store papirposer, og lagt til tørk ved 25 °C i ca. to døgn. Det ble talt antall planter per smårute, antall planter med storknolla råtesopp, og antall skulper. Skulpene og biomassen ble lagt i hver sine nylonposer, og skilt mellom rutene. En skulpe ble talt så lenge den hadde begynt å svulle, uansett om den var ujevn, stor eller liten. Posene ble lagt til videre tørking i to døgn. stenglene ved 60 °C, og skulpene ved 30 °C. Alle skulpene for ei rute ble helt i ei balje, og 15 skulper ble plukka ut. Dersom utvalget var dårlig i forhold til fordelinga i balja, slik at det for eksempel bare ble plukka ut store kraftige skulper, ble dette korrigert noe. Resten av skulpene ble treska, og frøa sikta ut og helt i pose. De utvalgte skulpene ble brukt til å telle antall frø per skulpe. Restene av skulpene etter treskinga, ble blanda med biomassen. Biomassen og avlinga fra smårutene ble veid for beregning av høsteindeks.

Alle data fra telling og analyser for rute 206 på Årnes, såmengde 1 kg/daa, ble tatt ut av datasettet fra og med 9.september. Denne ruta var så sterkt angrepet av gråskimmel, som kunne påvirke resultatene negativt. Det vil altså si at tellinger og analyse for såmengde 1 kg/daa kun er basert på ei rute og ett gjentak.

3.5 Høsting av ruteavling med forsøktresker

Ruteavlinga på Øsaker ble treska av Landbruksrådgiving SørØst 22.september, og på Årnes av Romerike Landbruksrådgiving 28.september. Via Bioforsk Apelsvoll ble informasjon om ruteavlingene og råprøvene tilsendt.

3.6 Bestemmelse av vanninnhold

Vanninnhold ble bestemt ved å veie inn en digel, helle opp en mengde frø i digelen, og veie på nytt. Hver digel ble veid, og alle innveiinger ble notert til utregning av tørrstoffprosenten i etterkant. Digelene ble satt til tørk ved ca. 105 °C i ett døgn, og så veid på nytt. Beregninger av tørrstoffprosent og vanninnhold kan gjøres etter følgende formler:

$$Tørrstoff \% = \frac{((Innveid\ prøve\ etter\ tørking - digel) * 100)}{(Innveid\ prøve\ før\ tørking - digel)}$$

$$Vanninnhold = 100 - tørrstoff\ \%$$

Tørkeprøva ble gjort for både smårutene og treskerutene. Frøprøvene ble tørka til 8 % vanninnhold, som er grensa for lagerfast vare (Felleskjøpet Agri 2011a; Uhlen 2001). Etter at frøa var ferdig tørka ble de lufta og avkjølt.

3.7 1000-frø vekt

For alle ruteavlingene ble det funnet 1000-frø vekt ved hjelp av tellemaskin, Numerical seed counter Epl., samt noen manuelle stikkprøver. Om lag 500 frø ble talt opp og veid, og ut i fra denne vekta ble 1000-frø vekta beregna.

3.8 Pressing av rapsolje

Pressing av rapsolja ble gjort hos Nofima Mat ved hjelp av en Täby oljepresse type 20 produsert av Skeppsta Maskin AB, og er en liten utgave av den pressa som finnes hos Askim frukt- og bærpresseri (Vogt 2011). Fra hver ruteprøve ble det veid inn 300 g raps til pressing og 50 g raps som ble kjørt igjennom for å “vaske” pressa før hovedprøva. Olja fra hovedprøva ble samla i en egen rein boks, mens pelleten ble samla for seg. Et sentrifugeringsrør à 45ml for hver rute ble fylt med pellet for seinere analyser. Når det ikke kom mer olje eller pellet fra kverna, ble prøva regna for ferdig pressa. Olja ble så veid, og helt over i 45 ml sentrifugeringsrør. Etter at fem prøver var pressa ble kverna demontert og gjort rein, før de resterende fem ble pressa. Sentrifugeringsrøra med olje ble sentrifugert ved 4000G i 30 minutter. Denne prosessen ga en klar olje på toppen, og en hard pellet i bunnen av røret. Olja ble så pipettert over i små glass, uten at pelleten i bunn ble berørt. De små glassa med olje ble blåst tomme for oksygen (O₂) ved bruk av nitrogengass (N₂), og så forseгла med vakuumløkk. Denne behandlinga øker holdbarheten til olja. Alle prøvene med klar olje, og de røra med pellet som ble tatt vare på, samt restene etter sentrifugeringa ble lagt til frys ved -80 °C. Eventuelle feilkilder underveis ble notert for å kunne tolke resultatene riktig.

3.9 Bestemmelse av lettoppløselig NMR

Fettinnholdet i frøa ble målt med NMR (nuclear magnetic resonance) på hele frø med instrumentet Maran Ultra LF-NMR (Lundby 2009). Analysen ble gjort ved Nofima Mat. Hele rapsfrø ble helt opp i glassrør til et gitt merke, mengden frø ble veid ved å veie glassrøret med og uten rapsfrø (ca. 3 g frø). Glassrøra med frø ble satt i en termostat ved 41 °C, i minst 30 minutter (Lundby 2009), før de ble overført til måleinstrumentet og målinga starta ved hjelp av en datamaskin. Hver rute ble målt opp i to rør, og hver prøve ble kjørt to ganger. Analysering av én prøve to ganger, tok om lag 10 minutter.

Fettinnholdet i pelleten ble også målt ved NMR. Samme prinsippet som over ble brukt, bortsett fra at glassrøra ble bytta ut med teflonbeholdere. For pelleten ble det bare målt opp en prøve per rute, som kun ble kjørt én gang.

Lettoppløselig NMR bestemmer total mengde fett i frøa. Prinsippet går ut på at både vann, olje og fett inneholder protoner. Når hydrogenprotoner plasseres i et magnetisk felt får de evnen til resonans etter å bli utsatt for radiobølger med korrekt frekvens. Når det magnetiske feltet og radiofrekvensen sammenfaller vil protonene absorbere energi, for så å avgi energi. Den energien som avgis måles, og ut i fra denne kan det måles hvor mange protoner som resonerer i prøva. På denne måten kan man kalibrere resonanssignalet mot et kjent innhold for å utføre kvantitative bestemmelser (Lundby 2009).

3.10 Bestemmelse av fettsyresammensetninga

Fettsyresammensetninga i raps ble analysert ved hjelp av gasskromatografi (GC) ved Nofima Mat. Rapsolja fra pressa rapsfrø ble forestra til metylestere ved hjelp av metanolisk HCl og 2,2-dimetoksypropan (Mason & Waller 1964) før analyse på en GC (Agilent 6890) utstyrt med en BPX-70 kolonne, 60m*0,25mm indre diameter, 0,25 µm film (produsert av SGE). Temperaturprogrammet starta ved 60 °C i 0,2 min., og økte med 30° min⁻¹ til 200 °C og videre med 10 °C min⁻¹ til 240 °C med en hold tid på 5 min. Toppene ble integrert ved hjelp av Agilent GC ChemStation software (rev. A.05.02) og identifisert ved å sammenlikne retensjonstida med rene standarder. Funksjonen til systemet ble sjekka mot blank og standardprøver før analyse (Vogt 2011). Konsentrasjonen av de enkelte fettsyrene ble uttrykt som prosent av totale mengder fettsyrer, og alle prøver ble analysert i paralleller.

Før GC- analysen kan kjøres må det metyleres direkte på olja, som beskrevet under. Det var viktig at alt arbeidet som ble gjort etter at olja ble tilført røra foregikk i avtrekkskap, så sant ikke det var tette lokk på røra. To dråper olje, som tilsvarer ca. 40 mg ble drypt i et kimaxrør med skrukork. Det er veldig viktig at toppen av glasset ikke har skår, da dette kan øke faren for avdamping når røret står i vannbad. Så ble det tilsatt 1 mL benzen (svært helseskadelig), 3 mL metanolisk HCl og 200 µL 2,2-dimethoxypropan. Korkene ble skrudd på, og blandinga ble miksa sammen på en vortex. Prøvene ble så satt i vannbad ved 80 °C i 20 minutter, og det ble fulgt med på eventuell dampdannelse i røra. Prøvene ble avkjølt før videre prosedyre. Så ble 1 mL isooktan og 1 mL 5 % NaCl tilsatt. Blandinga ble miksa, og sentrifugert ved 1000 rpm i 5 minutter ved romtemperatur. Sentrifugeringa ga en toppfase og en bunnfase i rørene, og toppfasen ble pipettert over i nye kimaxrør. Disse ble tilsatt 1 mL 2 % NaHCO₃ (natriumkarbonat) etterfulgt av miksing og sentrifugering som over. Når dette var gjort var

vannet bunnet til bunnfasen, og toppfasen var prøvematerialet. Disse ble overført til GC-glass, som ble tilsatt litt tørt, vannfritt natriumsulfat før glassa ble forseгла. Natriumsulfaten ble tilsatt for å unngå vann i prøvene, da dette kan forstyrre resultatene. Prøvene ble så satt til GC-analysering, som har automatisk prøvepåsetting. Analysene ble tatt kontinuerlig prøve for prøve gjennom natta, og resultatene ble henta dagen etter. Det er i hovedsak ti fettsyrer som er forventet skal framkomme i rapsolje (tabell 5).

Tabell 5: Forventa fettsyrer i rapsolje (Vogt 2011).

Fettsyre	Navn
16:00	Palmitinsyre
16:01	Palmitoleinsyre
18:00	Stearinsyre
18:1n-9	Oljesyre
18:1 n-7	Oljesyre
18:2 n-6	Linolsyre
18:3 n-3	Linolensyre
20:00	
20:1 n-9	
22:00	

3.11 Dataprogrammer

Dataene ble behandla statistisk ved hjelp av programmet Minitab, versjon 15 og 16 (Minitab 2011). Toveis- varians analyse ble beregna, ANOVA, og forskjellene regnes som signifikante ved $P < 0,05$. Microsoft Excel ble benytta til andre beregninger, utarbeidelse av grafer, og tegning av figurer. Eventuelle korrigeringer av bilder ble gjort i Paint for Windows og Power Point. Registreringer som er blitt gjort av Landbruksrådgivinga er henta ut fra Nordic Field Trial System. Dette er et felles nordisk system som er utvikla av Dansk Landbruksrådgivning, Landscenteret, Planteproduksjon i samarbeid med Bioforsk, og Sveriges Lantbruksuniversitet, Fältforsk. Systemet ble starta opp i 2006, og bygger på et gammelt dansk system (Lundon 2011).

4. Resultater

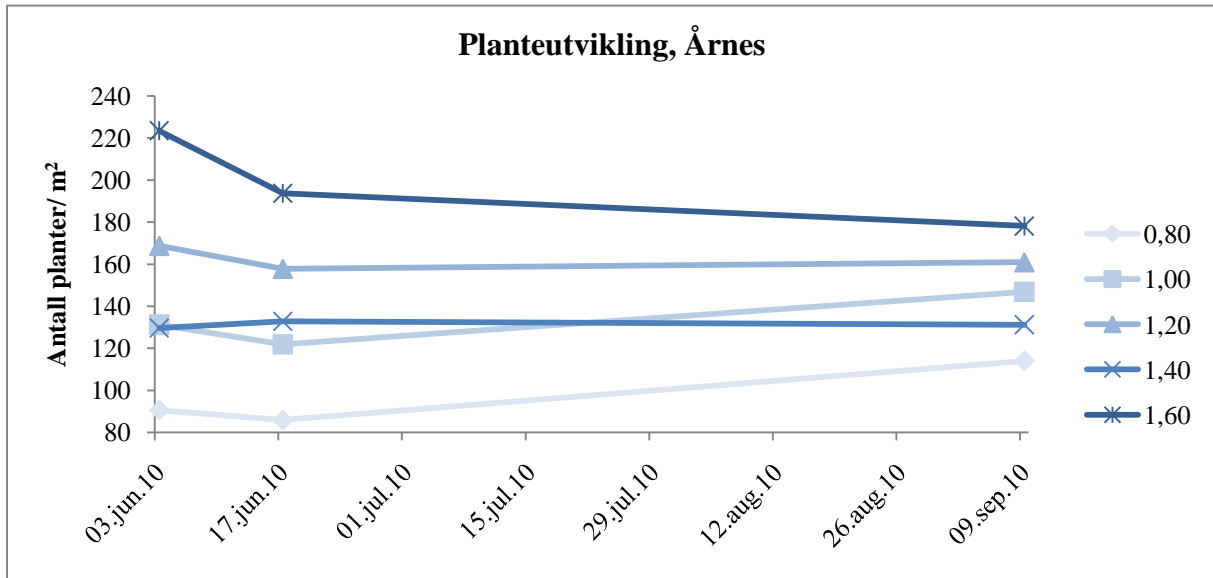
4.1 Planteutvikling

Resultatene fra plantetellingene midt i juni over oppspirte planter for felta på Årnes og Øsaker var noe ulik (*tabell 6*). For feltet på Årnes var det omtrent halvparten av frøa som ble sådd som resulterte i oppkomene planter. Det var en stigende økning i antall planter per m² fra laveste til høyeste såmengde. For feltet på Øsaker var planteantallet lavere enn på Årnes, og her var det var en svakere økning i antall planter per m² med økende såmengde. På dette feltet var det vanskelig å se forskjeller mellom såmengdene visuelt. Feltet på Øsaker kan dermed sies ikke å ha oppnådd hensikten, altså en variasjon i planteantallet, og feltet ble derfor ikke fulgt opp på samme måte med alle registreringene som på Årnes.

Tabell 6: Antall spirte planter per m² i midten av juni på Øsaker og Årnes, sett i forhold til antall forventede spirte planter per m² ved de ulike såmengdene.

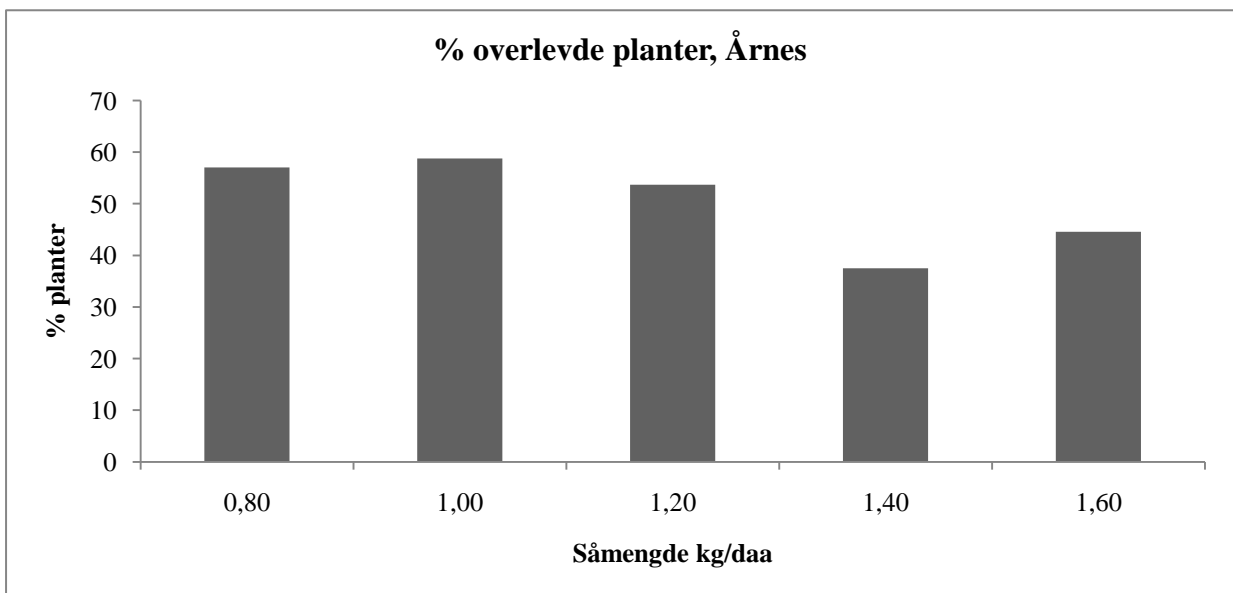
Såmengde kg/daa	Forventa antall spirte planter	Antall spirte planter 17.juni, Årnes	Antall spirte planter 16.juni, Øsaker
0,80	200,00	85,94	114,06
1,00	250,00	121,88	120,31
1,20	300,00	157,81	137,50
1,40	350,00	132,81	115,63
1,60	400,00	193,75	154,69

Planteutviklinga over antall oppspirte planter per m² på Årnes ved tre tellinger, 3.juni, 17.juni og 9.september gir et bilde på tilveksten og frafallet gjennom sesongen (*figur 12*). De to første registreringene viser gjennomsnittlig antall spirte planter per m² 3. og 17.juni for de enkelte såmengdene, beregna ut i fra antall talte planter på 2x1m (smårute). Det siste punktet 9.september er basert på antall høsta planter i ei smårute, beregna til antall planter per m². I forhold til forventede antall spirte planter fra 200-400 planter per m², var det omkring halvparten som spirte og overlevde i forhold til siste telling. Fra første til andre telling ses en nedgang i antall planter for alle såmengdene bortsett fra såmengde 1,4 kg/daa. Det vil altså si at noen planter falt fra. Fra registreringen 17.juni til modning viser figuren en svak økning i planter for de tre laveste såmengdene, og en svak nedgang for de høyeste såmengdene, 1,4 og 1,6 kg/daa. Gjennom hele vekstsesongen var det høyeste såmengde, 1,6 kg/daa, som hadde flest planter, og laveste såmengde, 0,8 kg/daa som hadde færrest.



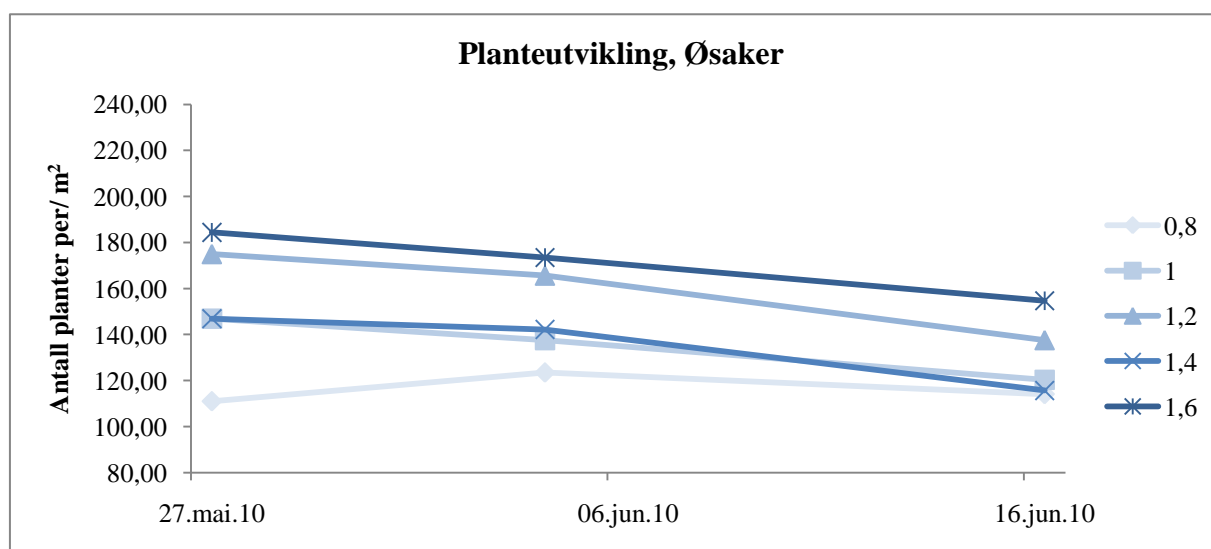
Figur 12: Planteutviklinga som antall spirte planter per m², beregna ut i fra antall spirte planter på 2 x 1m ved tre tellingar, 3.juni, 17.juni og 9.september, på Årnes.

Antall overlevde planter per m² ved høsting 9.september, i prosent av antall spiredyktige frø som ble sådd, hadde ingen sammenheng med såmengden (figur 13). Det var en tendens til at de laveste såmengdene hadde den høyeste andelen overlevde planter, og plantene ved de høyeste såmengdene som hadde lavest overlevelsessevne ($p = 0,07$).



Figur 13: Prosentvis antall planter som overlevde fram til høsting 9.september, av antall spiredyktige frø som ble sådd på Årnes.

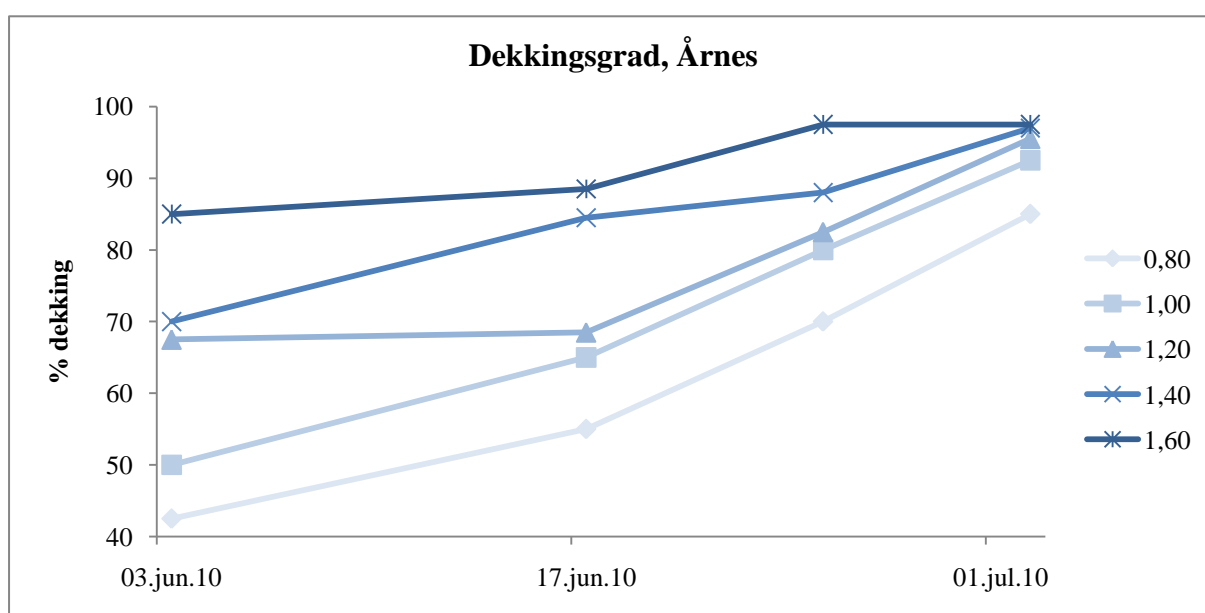
For feltet på Øsaker ble det gjennomført tre tellinger i begynnelsen av vekstsesongen, og siste 16.juni. Det ble altså ikke gjort noen registreringer ved modning. Den generelle trenden var at antall planter per m^2 gikk ned fra første til andre telling, og videre nedgang ble observert til registreringa 16.juni, med unntak av såmengde 0,8 kg/daa, som fra første til andre telling hadde en økning. For alle registreringene ble det talt det høyeste antallet planter ved høyeste såmengde, og laveste antall ved minste såmengde (figur 14). Rangeringa av de midtre såmengdene, med tanke på planteantall, fulgte ikke såmengdene. Såmengde 0,8, 1,0 og 1,4 kg/daa hadde ved siste registrering nesten like mange planter per m^2 .



Figur 14: Planteutviklinga som antall spirte planter per m^2 , beregna ut i fra antall spirte planter på $2 \times 1m$ ved tre tellinger, 27.mai, 4.juni, og 16.juni, på Øsaker.

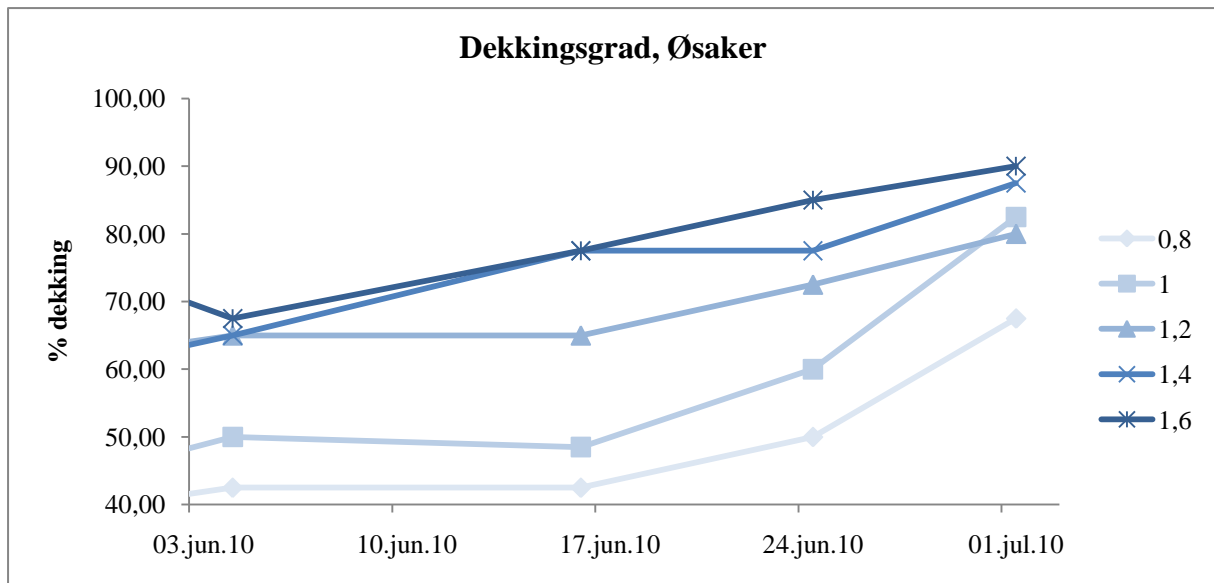
For begge felta ses en nedgang i antall planter fram til midten av juni (tabell 6, figur 12 og figur 14). I forhold til antall planter som potensielt kunne spirt, $200 \text{ planter}/m^2$ ved laveste såmengde og $400 \text{ planter}/m^2$ ved høyeste såmengde, var det ingen av såmengdene på noen av plassene som oppfylte dette. På Årnes var den høyeste registrerte plantebestanden for den største såmengden $223 \text{ planter}/m^2$, og på Øsaker for samme såmengde $184 \text{ planter}/m^2$. Det vil altså si langt under forventa. På Årnes har resultatene en tendens til signifikans ($p = 0,09$, $0,09$, $0,07$ henholdsvis), mens på Øsaker er det ingen signifikans ($p = 0,57$, $0,69$, $0,75$ henholdsvis). Planteutviklinga på de to felta var svært forskjellig, og ved avslutta lengdevekst var feltet på Øsaker omkring 0,5 meter høyt, mens på Årnes var feltet litt over 1 meter.

Dekkingsgraden varierte mellom såmengdene på Årnes (figur 15). Ved første registrering 3.juni var plantene ved Z 11-14, 17.juni Z 32-52, 25.juni Z 50-55, og 2.juli Z 55-64. Den laveste såmengden, 0,8 kg/daa, ligger noe under de andre ved alle registreringene, og den høyeste såmengden har ved de tre første registreringene best dekking. Ved siste registrering 2.juli var dekkingsgraden av rutene svært lik for de fire høyeste såmengdene, og av den grunn ble registreringa av dekkingsgraden avslutta ved dette tidspunktet. Dekkingsgraden kan ses sammen med hvor mange planter som spirte per m². Det var en signifikant sammenheng mellom såmengden og dekkingsgraden ved andre (p = 0,02), tredje (p = 0,05), og fjerde (p = 0,05) registrering. På første (p = 0,06) registrering er det en tydelig tendens til signifikans.



Figur 15: Dekkingsgrad av plantebestand ved fire registreringstidspunkter, 3.juni, 17.juni, 25.juni og 2.juli på Årnes. $LSD_{95\%} = 16,9, 15,4, 8,2$ henholdsvis for de signifikante resultatene.

Resultatene for dekkingsgraden på Øsaker (figur 16) var mer sprikende enn på Årnes, og ga ikke signifikante forskjeller ved de to første registreringene (p = 0,29, 0,26 henholdsvis). Ved de to siste registreringene er det signifikans (p = 0,02, 0,001 henholdsvis) mellom såmengde og dekking. Ledda med de høyeste såmengdene dekket best på de tre tidligste registreringene, og de laveste såmengdene dekket dårligst. Ved siste registrering var det liten forskjell, bortsett fra for laveste såmengde som dekket noe dårligere. Den laveste såmengden hadde ved siste registrering bort i mot 68 % dekking, mens høyeste såmengde hadde en dekking på 90 %.

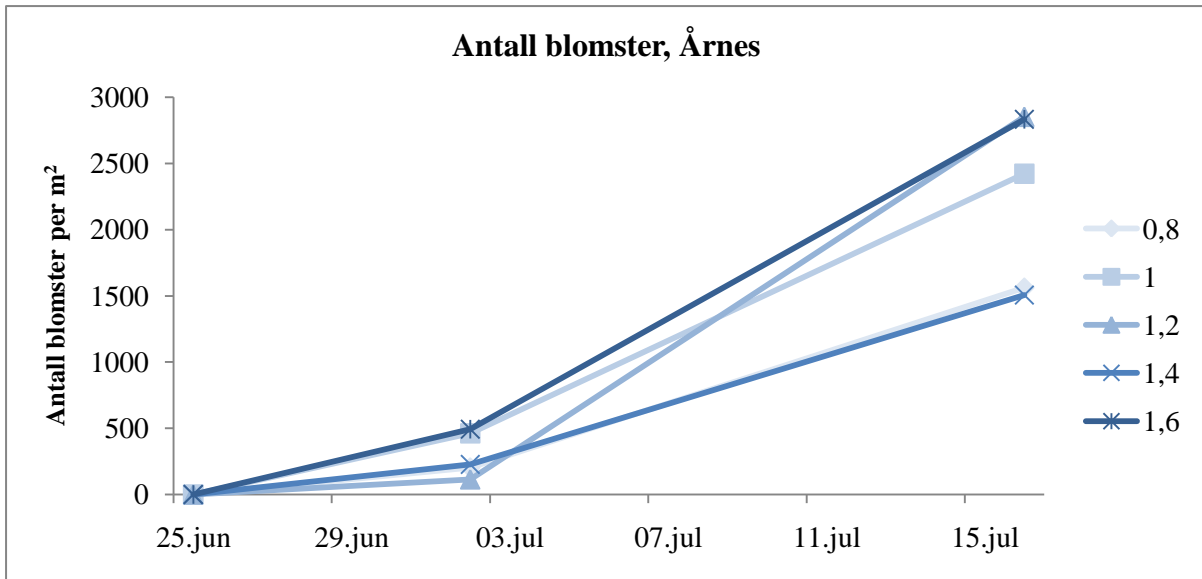


Figur 16: Dekkingsgrad av plantebestand ved fem registreringer, 27.mai, 4.juni, 16.juni, 24.juni, og 1.juli, på Øsaker. $LSD_{95\%} = 18,5, 6,94$, henholdsvis for de signifikante resultatene.

Feltet på Øsaker hadde lavere dekkingsgrad enn på Årnes (figur 15 og figur 16). Utviklinga av dekkninga på feltene hadde en lik tendens, der de høyeste såmengdene hadde best dekkning og den laveste såmengden hadde dårligst dekkning. På Årnes gikk dekkninga mot 100 %, mens på Øsaker var beste dekkning 90 %.

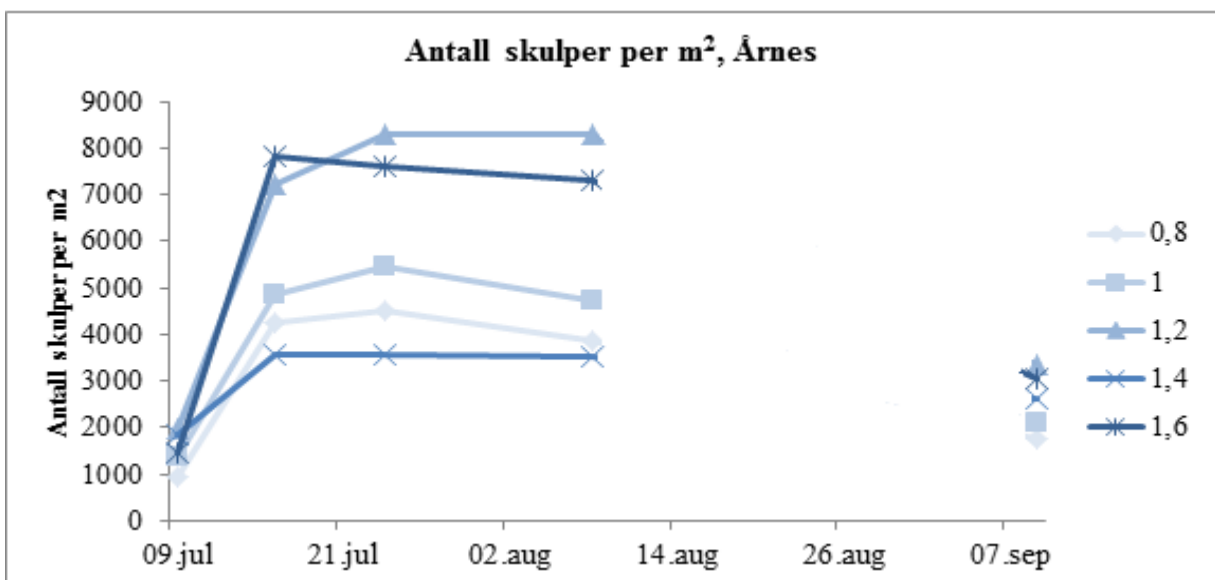
4.2 Avlingsoppbygging

Registreringa av antall blomster per m^2 på Årnes ble gjort tre ganger gjennom sesongen, 25.juni, 2.juli og 16.juli (figur 17). Resultatene ga ingen signifikante sammenhenger mellom såmengde og antall blomster per m^2 ($p = *$, 0,36, 0,26). Ved første registrering 25.juni var det ennå ikke kommet noen blomster, og ved andre registrering 2.juli var såmengde 1,0 og 1,6 kg/daa veldig jevne, med flest blomster. De tre andre såmengdene var også ganske like med noe færre blomster. Ved siste registrering 16.juli hadde såmengde 1,2 og 1,6 kg /daa flest blomster, og 0,8 og 1,4 kg/daa færrest. Det var rundt 1300 blomster per m^2 som skilte mellom de såmengdene med flest og færrest blomster, ved siste registrering.



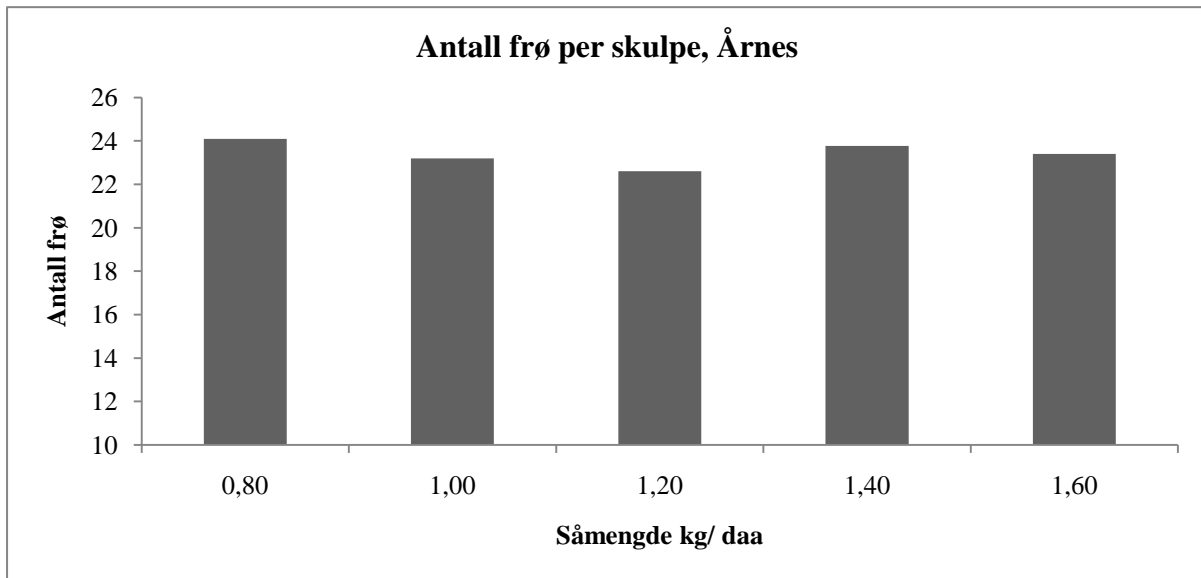
Figur 17: Antall blomster per m² for de ulike såmengdene. Data er fra feltet på Årnes, og registreringene er gjort 25.juni, 2.juli og 16.juli.

Antall skulper per m² ble registrert fem ganger, 9.juli, 16.juli, 24.juli, 8.august og 9.september, i løpet av sesongen (figur 18). Antall skulper per m² stiger raskt fra første til andre registrering, så er det en viss stabilisering fram til slutten av juli hvor antallet begynner å synke. De fire første registreringene er telling av antall skulper på de fem utvalgte plantene i hver smårute, mens 9.september er registreringa beregna ut i fra antall skulper per plante i ei smårute. Registreringene 24.juli og 8.august var signifikante ($p = 0,02$, $0,02$ henholdsvis), mens de to første ($p = 0,2$, $0,2$) og siste ($p = 0,27$) registrering ikke hadde noen sammenheng mellom såmengde og antall skulper.



Figur 18: Antall skulper per m² for de ulike såmengdene. Data er fra feltet på Årnes, og registreringene er gjort 9.juli, 16.juli, 24.juli, 8.august og 9.september. LSD95 % = 13,1, 10,3 henholdsvis for de signifikante resultatene.

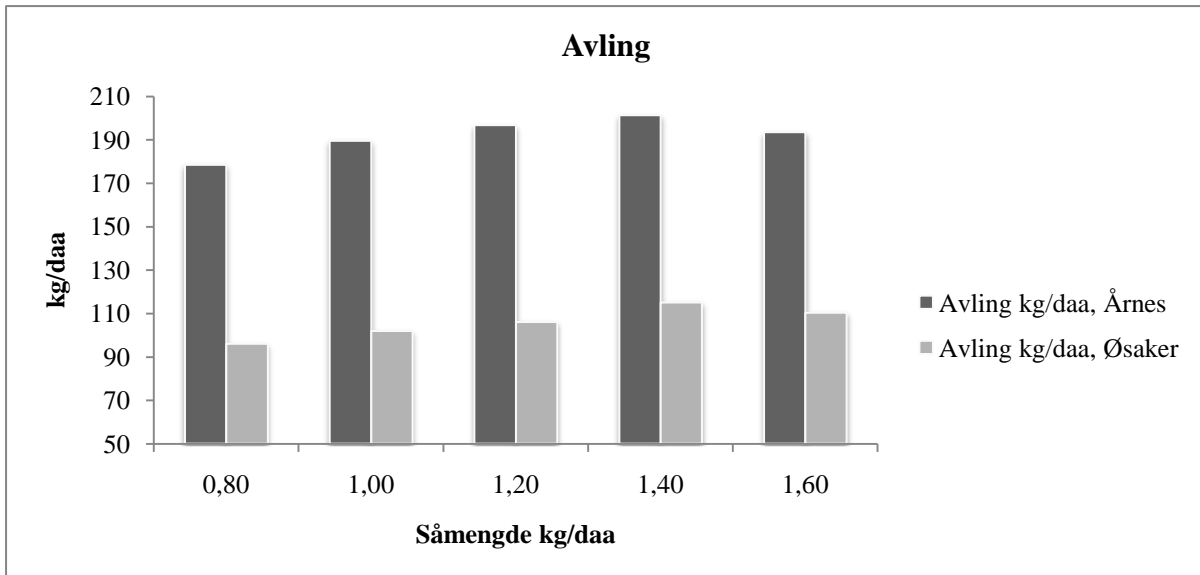
Antall frø per skulpe varierte mellom 22 og 24 frø (*figur 19*). I dette forsøket tyda det på at antall frø per skulpe for ulike såmengder ikke endra seg, men resultatet har ingen signifikans ($p = 0,27$).



Figur 19: Gjennomsnittlig antall frø per skulpe for de ulike såmengdene. Data er henta fra feltet på Årnes.

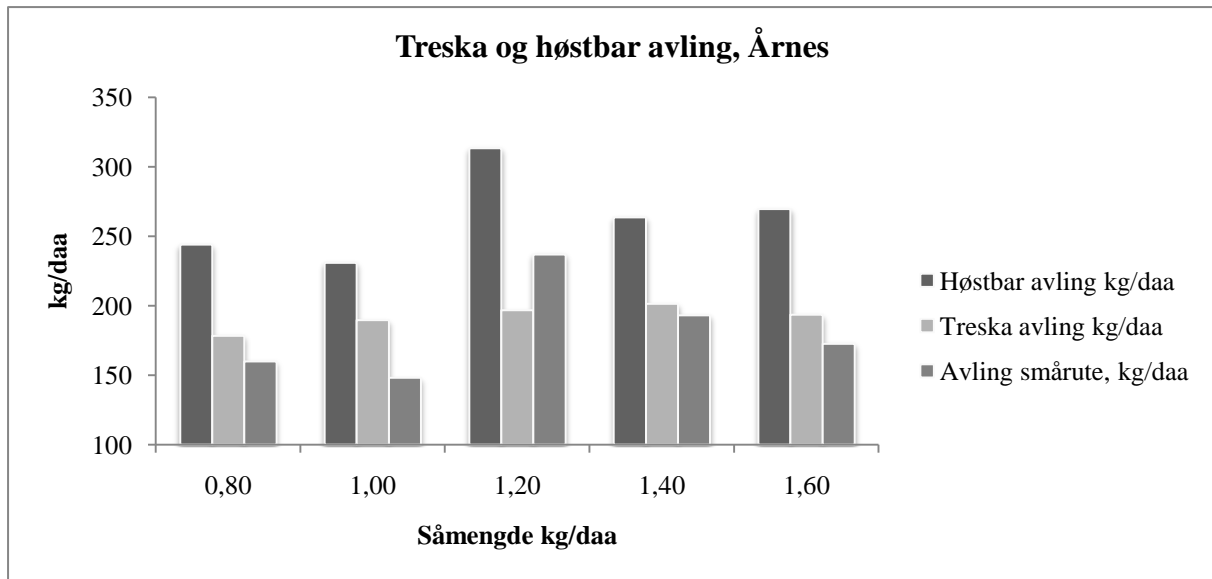
4.3 Avling

Feltene på Årnes og Øsaker hadde svært forskjellig avlingsmengde for alle de fem såmengdene (*figur 20*). På Øsaker var det svært små avlinger fra 96 til 115 kg/daa, mens feltet på Årnes ga avlinger fra 178 til 201 kg/daa. Avlingsnivået på Årnes er relativt normalt for sorten Marie i norske forsøk (*Abrahamsen et al. 2009; Abrahamsen et al. 2010; Abrahamsen 2011b*). Det var ikke signifikante forskjeller i frøavlinga mellom såmengdene ($p = 0,2$), men resultatene viste en økende frøavling for de høyeste såmengdene. Avlinga på Øsaker var signifikant ($p_{\text{Øsaker}} = 0,02$), men ikke den på Årnes ($p_{\text{Årnes}} = 0,63$).



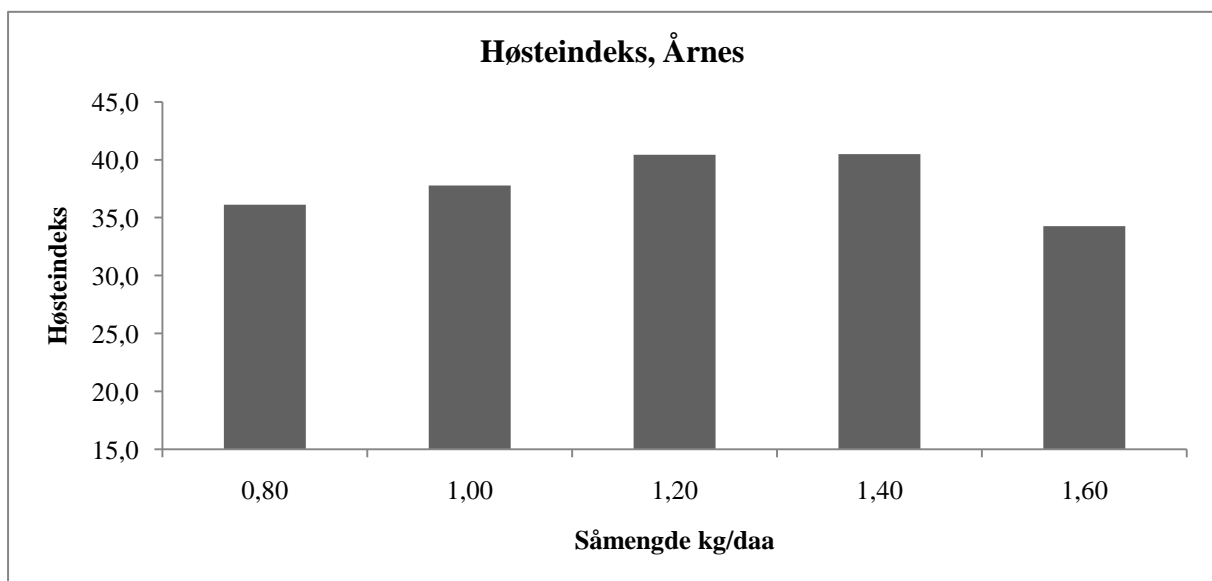
Figur 20: Avling i kg per daa utregna fra ruteavlingene på Årnes og Øsaker. $LSD_{95\%}$ Øsaker = 83,9

Ulikheten mellom treska avling, mulig høstbar avling, og den avlinga som ble høsta i smårutene på Årnes viser et mulig potensial til å øke avlinga (figur 21). Den mulige høstbare avlinga er basert på tall fra høsta smårute. Ved å estimere høstbar avling ut i fra gjennomsnittlig antall frø per skulpe, gjennomsnittlig antall skulper per plante, antall planter per m^2 og 1000-frø vekta får man et bilde på hvor stor avling som kunne vært forventa. For alle såmengdene er det teoretisk sett mulig å hente ut ei større avling enn hva som ble oppnådd. Det er også en forskjell mellom den avlinga som ble oppnådd ved tresking av ruta, og avlinga i småruta. I småruta var det såmengde 1,2 kg/daa som ga den største avlinga, mens den treska avlinga var størst for såmengde 1,4 kg/daa. Den høstbare avlinga lå opp til 82 % over den avlinga som ble treska, og 76 % over avlinga i småruta. For de avlingene som ble oppnådd, både for hele ruta ($p = 0,63$) og småruta ($p = 0,29$), er det ingen signifikans.



Figur 21: Småruteavlinger, treska, og høstbar avling på Årnes.

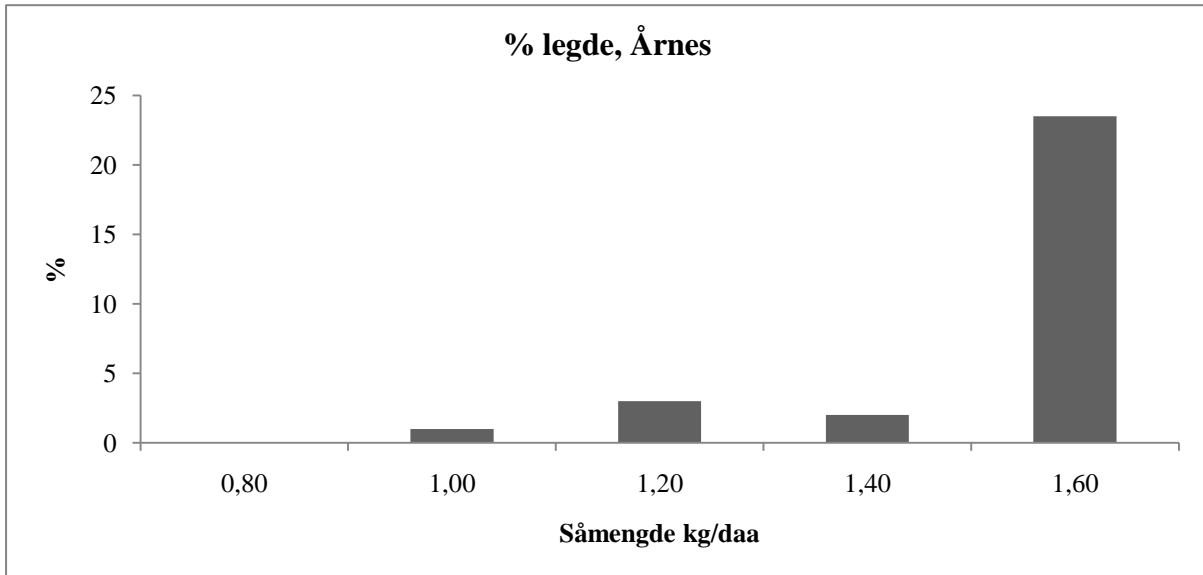
Høsteindeksen (figur 22) for smårutene på Årnes har ingen signifikans for de ulike såmengdene ($p = 0,22$). Ut i fra figuren er det såmengde 1,2 og 1,4 kg/daa som har høyest høsteindeks, mens såmengde 1,6 kg/daa ligger lavest.



Figur 22: Høsteindeksen for smårutene. Data er henta fra feltet på Årnes.

4.4 Legde og storknolla råtesopp

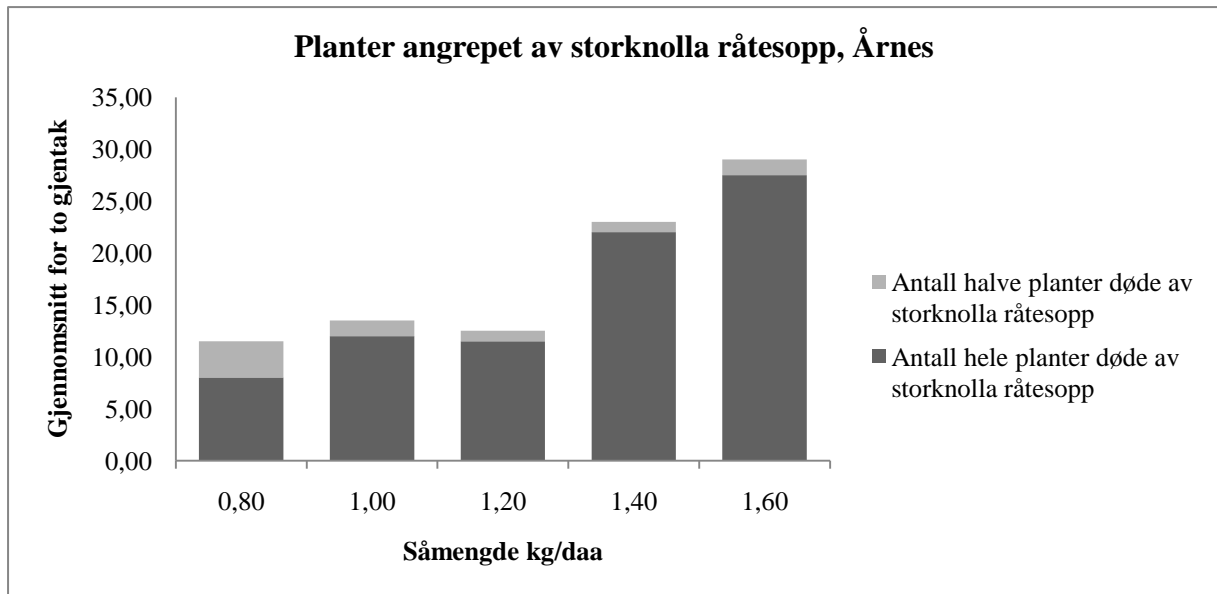
Legde på feltet på Årnes ble registrert 28.august (*figur 23*). Den høyeste såmengden, 1,6 kg/daa, er absolutt mest utsatt for legde, mens såmengde 0,8 kg/daa ikke hadde legde. Det er en signifikant sammenheng mellom legde og såmengde ($p = 0,001$).



Figur 23: Prosent legde for fem ulike såmengder på Årnes. LSD95 % = 5,4.

Angrep av storknolla råtesopp ble registrert som hele og halve angrepne planter (*figur 24*). En halv angrepet plante vil si at bare en forgreining av planta er angrepet. Det var den ruta med høyeste såmengde som hadde flest planter, 27 stykker gjennomsnittlig for to gjentak, med symptom på angrep av storknolla råtesopp talt i hele småruta. Såmengde 1,4 kg/daa hadde nest flest planter angrepet av storknolla råtesopp, mens såmengde 0,8 kg/daa hadde totalt færrest angrepne planter, men flest halve angrepne planter. Ingen signifikant sammenheng mellom antall hele ($p = 0,16$), halve ($p = 0,53$), eller totalt antall planter ($p = 0,19$) angrepet av storknolla råtesopp er funnet.

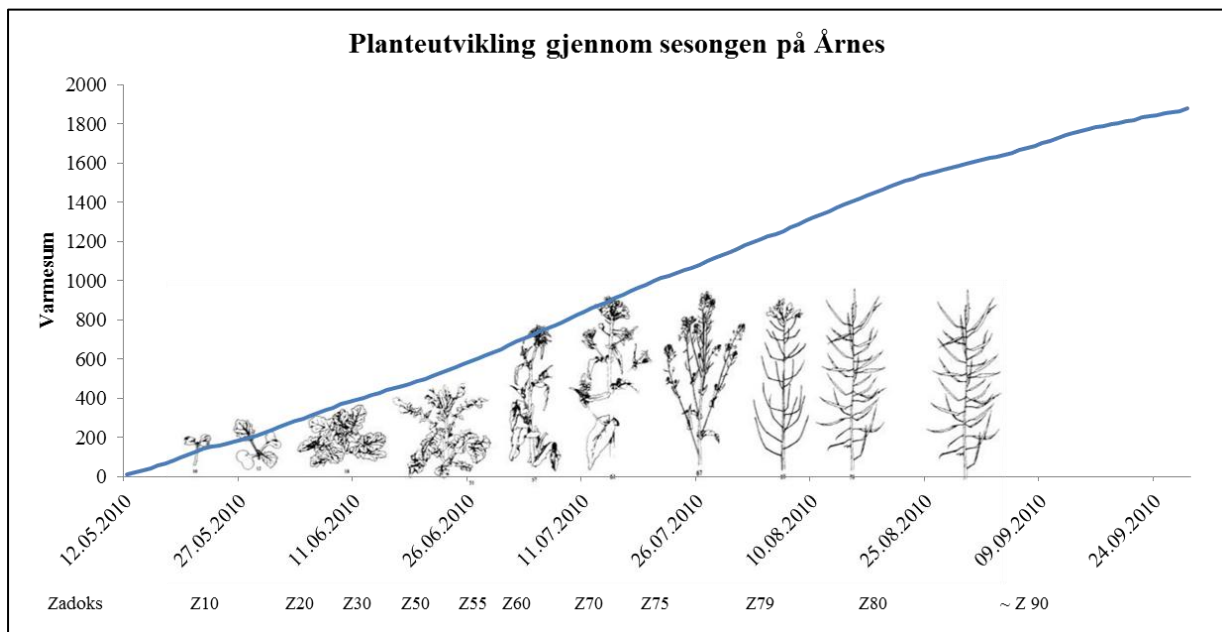
I feltet på Årnes ble det i tillegg til storknolla råtesopp registrert tegn på et sjukdomsangrep som ikke kunne gjenkjennes. Det ble levert inn plantedeler til analyse hos Bioforsk Plantehelse. Analysene viste at gråskimmel var representert i feltet, og særlig sterkt i rute 206, i tillegg til noen sekundære sopper som *Penecillium* spp. og svertesopp.



Figur 24: Antall hele og halve planter angrepet av storknolla råtesopp per smårute på Årnes.

4.5 Planteutvikling og varmesum

Planteutviklinga i grove trekk gjennom sesongen etter som varmesummen økte er illustrert under (figur 25). Det tok om lag to uker fra såing til spiring, hvor begge frøblada var presentert. Videre gikk utviklinga raskt, til begynnende blomstring 30.juni og avsluttende blomstring 24.juli (tabell 7). I slutten av september ble begge felta høsta.



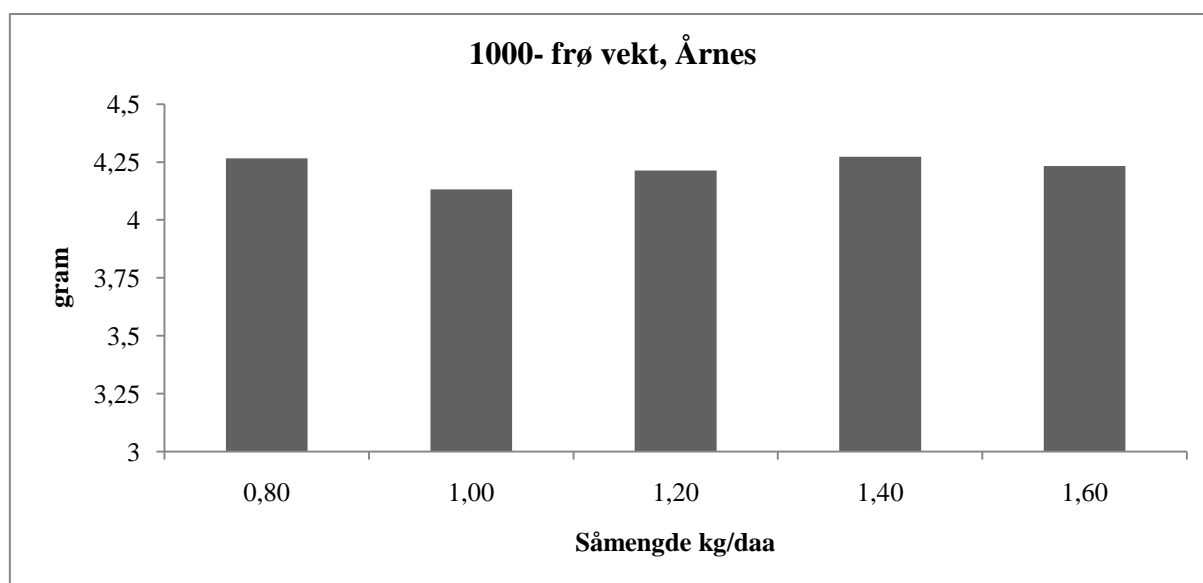
Figur 25: Planteutvikling og varmesum for feltet på Årnes. Plantefigurer henta hos Meier (2001)

Tabell 7: Varmesummen ved fire viktige planteutviklingsstadier på Årnes, spiring, begynnende og avsluttende blomstring, og høstetidspunkt. For Øsaker er kun tre av utviklingsstadiene registrert.

Utviklingsstadier	Årnes		Øsaker	
	Dato	Varmesum	Dato	Varmesum
Spiring (Z 10)	26. mai 2010	179,8	24. mai 2010	207,6
Begynnende blomstring (Z 60)	30. juni 2010	651,4	1. juli 2010	727,8
Avsluttende blomstring (Z 69)	24. juli 2010	1052,5		
Høstetid (Z 99)	28. sept. 2010	1878,5	22. sept. 2010	1977,6

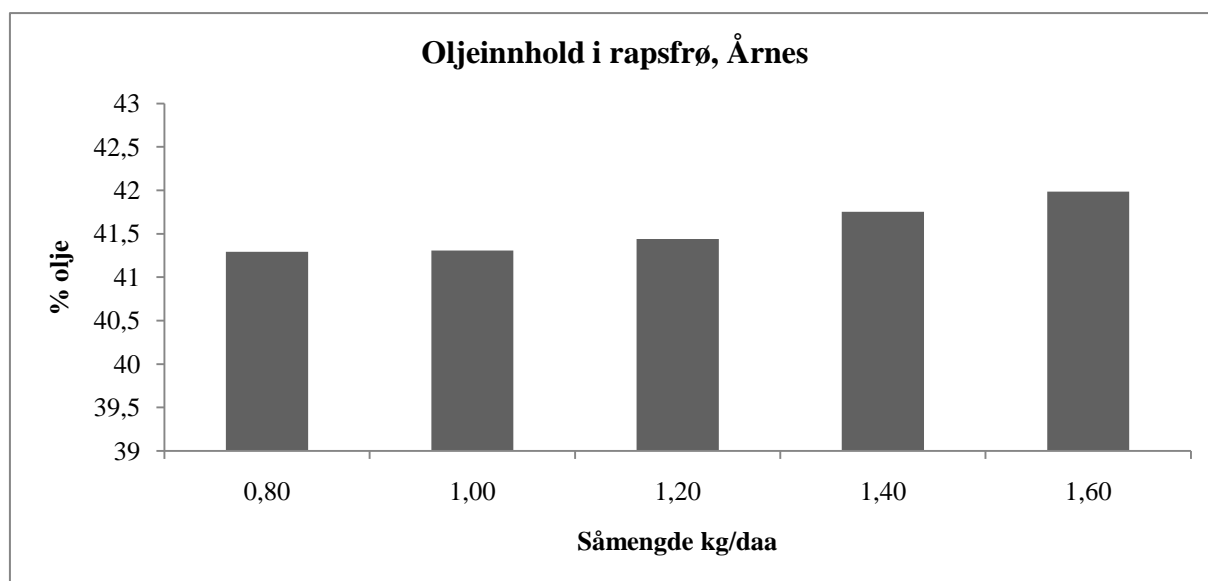
4.6 Kvalitet og innhold

1000-frø vekta (*figur 26*) hadde ingen sammenheng med såmengden ($p = 0,93$) i dette forsøket. Det er ikke store forskjellene å se for frøvekta mellom de ulike såmengdene, og varierer rundt 4,2.



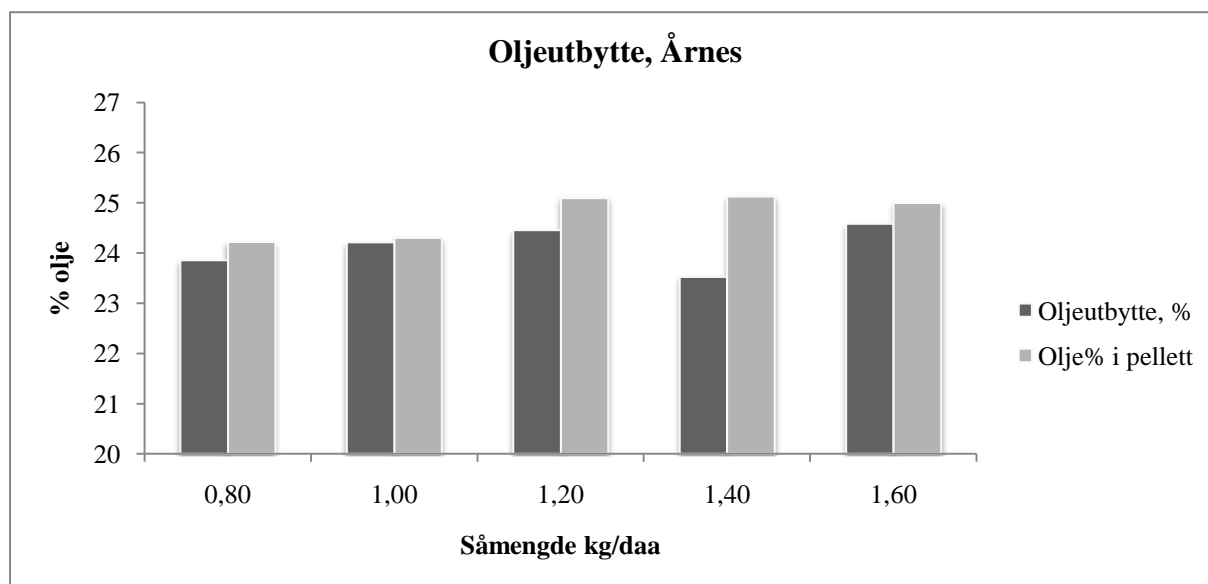
Figur 26: 1000- frø vekta for de treska avlingene på Årnes.

Prosent olje i rapsfrø ble målt ved bruk av NMR- analyse (*figur 27*). Analysene viste at oljeinnholdet økte med såmengdene. Det er ingen signifikant sammenheng mellom prosent olje i frøa og såmengde, men det er en tendens til høyere oljeinnhold i frø ved høye såmengder ($p = 0,16$).



Figur 27: Prosent olje i rapsfrøa fra Årnes funnet ved bruk av NMR.

Oljeinnholdet i pelleten ble målt med NMR, og oljeutbyttet ved pressing (*figur 28*). Såmengde 1,4 kg/daa ga det minste oljeutbyttet. De to minste såmengdene var svært jevne, og såmengde 1,6 kg/daa ga størst mengde olje. Målingene ga ingen signifikant sammenheng ($p = 0,82, 0,56$ henholdsvis).

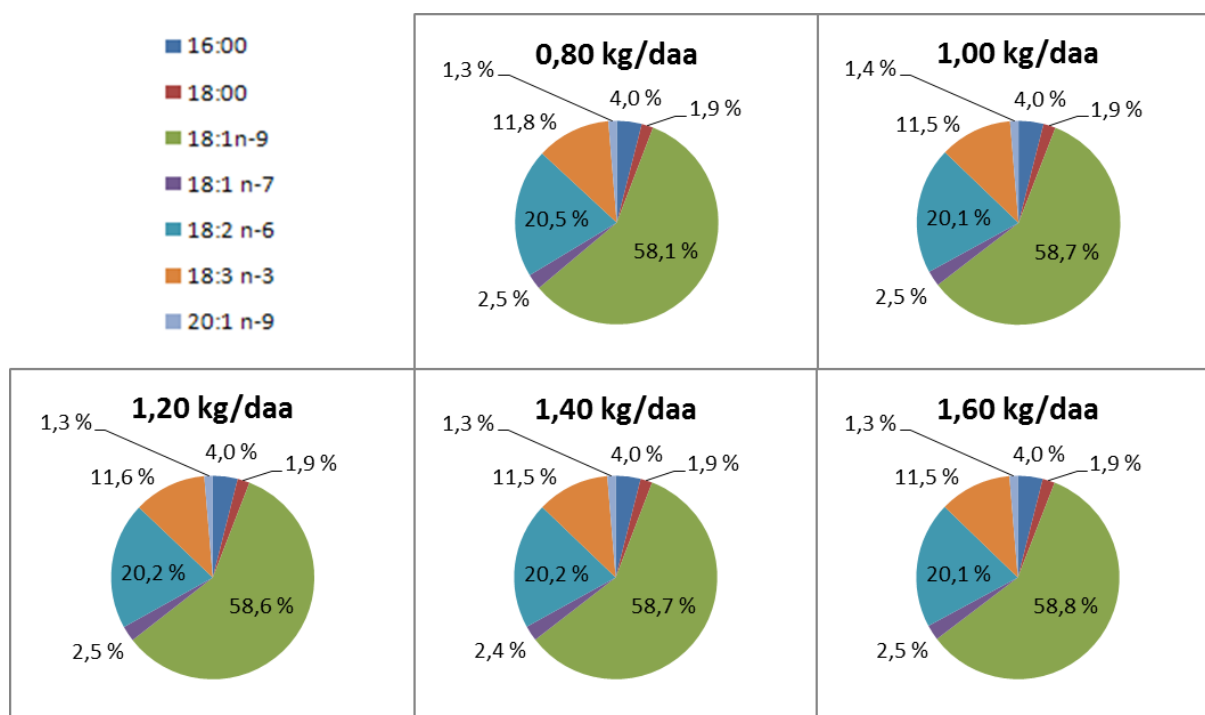


Figur 28: Mengde olje per 100 g rapsfrø funnet ved pressing og mengde olje i pressrest funnet med NMR fra Årnes.

Oljeinnholdet i pelleten sier noe om hvor mye olje som ikke ble henta ut av frøa ved pressing, og som kan ses på som en potensiell oljekilde dersom man finner metoder for å hente den ut. Det er mest olje i pelleten for den laveste såmengden (*figur 28*). Dette samsvarer godt med at

det var for denne såmengden det ble målt lavest oljeinnhold med NMR (*figur 27*). De tre høyeste såmengdene er jevne, mens såmengde 1 kg/daa er noe lavere enn de andre. Det er ingen signifikant sammenheng mellom prosent olje i pelleten og såmengde.

Fettsyresammensetninga (*figur 29*) viser liten eller ingen forskjell i sammensetninga for de fem ulike såmengdene. Fettsyrer med mindre enn 1 % innhold vises ikke. Det kan se ut til at det er noe mer av de flerumetta fettsyrene ved en liten såmengde, 0,8 kg/daa, men dette har liten betydning for kvaliteten. Det er en signifikant sammenheng mellom såmengde og innhold av fettsyrene oljesyre (18:1 n-9) ($p = 0,03$, $LSD_{95\%} = 0,39$) og linolensyre (18:3 n-3) ($p = 0,02$, $LSD_{95\%} = 0,16$). For de andre fettsyrene er det ingen signifikans, men en tendens til sammenheng kan ses for linolsyre (18:2 n-6) ($p = 0,08$).



Figur 29: Ulik fettsyresammensetning for fem såmengder. Kun fettsyrer med mer enn 1 % innhold vises.

5. Diskusjon

5.1 Sort

Forsøket ble gjennomført med sorten “Marie”. Denne sorten ble valgt i hovedsak fordi den er en av de tidligste sortene vi har. Ved forsøksfeltet lokalisert på Årnes kan en kortere vekstsesong enn lenger sør muligens forventes, og sortsvalget var sånn sett bra. “Marie” er en sort som ikke har nådd helt opp avlingsmessig i tidligere sortsforsøk (Abrahamsen et al. 2009). Avlingene i dette forsøket (*figur 20*) viser også et relativt lavt avlingsnivå. Forsøk har vist at “Marie” over flere år i gjennomsnitt har gitt 20-25 % mindre avling enn “Sheik” (Abrahamsen 2011b). I dette forsøket var sorten på jordet rundt forsøket (“Sheik”) en seinere sort enn “Marie”. Dette førte muligens til at presset fra jordloppene og glansbillene ble mye større på feltet enn det muligens kunne vært dersom det hadde vært samme sort. En annen ulempe ved å ha en tidligere sort i forsøksfeltet enn på jordet, er at denne da modner tidligere, og sånn sett er mer utsatt for fugleskader og må høstes til et tidligere tidspunkt. Viss ikke vil faren for dryssing være stor!

Min vurdering av sorten “Marie” i forhold til “Sheik” er at den var mye tynnere og spedere av vekst, og slik framsto den svakere enn det “Sheik” gjorde. En mulig løsning ved valg av sort er å bruke samme sort som på resten av jordet, og slik få en jevnere planteutvikling mellom forsøksfeltet og resten av åkeren. For seinere forsøk burde det vurderes å bruke en annen sort som “Sheik”, som er dagens hovedsort i Norge.

5.2 Såmengde, spiring og plantetetthet

Såmengdene som ble valgt i forsøket kommer fram i “Materialer og metode” (*tabell 4*). De ble valgt på bakgrunn av de såmengdene som brukes i Norge, og tidligere forsøk på såmengder i Sverige gjennom *Prosjekt 20/20* (Lyhagen 2008). Såfrøa ble justert for 1000-frø vekt, og hadde en spireprosent på 90. Spireprøvene viste seg imidlertid å ha en spiredyktighet på 94 prosent, og slik sett ble det sådd ut litt flere spiredyktige frø enn planlagt. Dette utgjorde åtte frø per rute for den minste såmengden, og 16 frø per rute for den høyeste såmengden.

Det var forventa at de fleste frøa skulle spire, men både på Øsaker (*figur 14*) og Årnes (*figur 12*) spirte under halvparten av frøa. Dette kan skyldes flere ulike påvirkninger, som blant annet for djup såing, angrep av jordloppe, tørke, skorpe på jordoverflata, og kjølige temperaturer. Feltet på Øsaker og feltet på Årnes hadde en tydelig forskjell i prosent oppkomene planter. På Øsaker var det særlig lav oppkomstprosent, som kan skyldes at det ble registrert ei veldig hard jordskorpe i spiringsfasen. I tillegg ble det observert mye jordloppe, og mye gnag på frøblada. Feltet på Årnes hadde ikke skorpedannelse, og forskjellen mellom de ulike såmengdene ble bra representert her. Dårlig oppkomstprosent er også en erfaring de har gjort i andre forsøk. Harker et al. (2003) gjennomførte et forsøk over tre år i Canada hvor oppkomstprosenten var mellom 45 og 54 % for to kultivarer og tre såmengder.

Feltet på Årnes hadde en tendens til lavere overlevelsesprosent ved høyeste såmengde. Det var de laveste såmengdene som hadde høyest overlevelsesprosent, opp mot 60 %, mens for den høyeste såmengden var overlevelsesprosenten nesten 45 %. Av like vel kan det se ut til å være nødvendig med en høy såmengde for å sikre et tilstrekkelig antall planter som spirer og overlever, og slik oppnå ei akseptabel avling. Det kan altså tyde på at dersom plantebestanden blir for tett vil naturlig flere planter falle fra, noe som støttes av Abrahamsen (2011a). En nedgang i % overlevde planter ved økt såmengde ble også funnet av Van Deynze et al. (1992). Brandt et al. (2007) fant i sine forsøk over tre år at plantetettheten økte i takt med såmengdene, 0,28, 0,56, og 0,84 kg/daa, men prosent frø som spirte sank med økende såmengde. Taylor & Smith (1992) fant de samme sammenhengene ved at plantetettheten økte med økt såmengde i sitt forsøk.

Det var en generell trend for alle såmengdene, bort sett fra såmengde 1,4 kg/daa, med en nedgang i antall planter fra første til andre telling. Fra andre til tredje telling hadde de tre laveste såmengdene en svak økning. Dette kan i første omgang skyldes frafall på grunn av jordloppa, og økningen kan skyldes noe etterspiring, særlig fra andre til tredje telling. Nedbør i perioden etter oppspiring kan gi økt oppspiring, og varme kan føre til økt angrep av jordloppe (Abrahamsen 2011a). Etter såing 12.mai på Årnes var det ideelle forhold for både oppspiring og jordloppeangrep. De første 14 dagene etter såing kom det 60 mm regn, og gjennomsnittstemperaturen var 11,5 °C med maksimum lufttemperatur på 22,5 °C. På Øsaker

kom det de første 14 dagene etter såing, 7.mai, 8,4 mm nedbør, og temperaturen var ved samme tidspunkt gjennomsnittlig 10 °C, med en maksimum lufttemperatur på 23,8 °C. Tørke kan ha vært en av grunnene til at plantene på Øsaker ikke fikk noen god start. Det var flest antall planter som spirte per m² ved høyeste såmengde, men det var også her størst frafall. Nepejordloppa er, som andre insekter, flinke til å samle mat, og det er av den grunn sannsynlig å tro at de samles der det er mest mat (Andersen 2011). Størst angrep ved høyest såmengde er derfor sannsynlig.

Feltet på Årnes bar preg av noe ujevn såing, som mest sannsynlig skyldes såmaskina. Dette førte til at registreringene ble vanskelige, og de forventa forskjellene mellom såmengdene ikke kom fram. Dette ba på utfordringer ved utvelgelse av representative 2x1m såråd (småroute) som ble brukt til plantetelling, og de fem plantene i hver rute som ble brukt til registreringer av planteutviklinga. Utvelgelsen av planter og småroute kan i så måte ha ført til feil. Ved utvelgelse av smårutene ble det prøvd å kompensere for ujevn såing, dersom en meter så ut til å ha veldig tett plantebestand ble neste meter lagt til en noe tynnere bestand. Smårutene på Øsaker var i utgangspunktet mer jevne enn de på Årnes, men på grunn av ugras endra dette bildet seg ved at plantene fikk stor konkurranse, og falt fra. Registrering av antall spirte planter i smårutene ble gjort to ganger, med ca. 14 dagers mellomrom på Årnes. På Øsaker ble disse registreringene gjort tre ganger. I tillegg ble antall planter høsta i smårutene 9.september, på Årnes, talt. Ved høsting kan det ha oppstått feil registrering av antall planter, slik at ei plante ble delt og telt som to, dersom den hadde forgreina seg ved basis. Det kan antas at bedre plass på grunn av lavere såmengde, øker muligheten for greinsetting.

Forskjellene i såmengde kan ha vært for liten for å se de store forskjellene. Det hadde kanskje vært fordelaktig dersom såmengdene hadde dekket et større spekter, med både lavere og høyere såmengder enn hva som ble gjort i dette forsøket. Dette kunne gitt en bedre indikasjon på hvilke retning såmengden burde endres, dersom det er aktuelt. Ved å sammenlikne denne forsøksserien med andre lignende forsøk som er gjennomført, er såmengdene i dette forsøket høyere enn hva som er brukt i andre forsøk. Sammenlikningsgrunnlaget behøver av den grunn ikke være helt riktig, samtidig kan det bety at det er potensial for å redusere såmengden som brukes i dag. I tillegg er det muligens noe usikkert å sammenlikne såmengder i Norge mot såmengder i andre land, da disse kan reagere ulikt fra land til land under ulike

dyrkingsforhold og jordtyper. Til tross for høye såmengder i dette forsøket ble det et betydelig lavere planteantall enn forventet. Resultatene som ble målt tilsvarer sånn sett en lavere såmengde enn hva som var planlagt. Muligens er dette et bilde på hva som er vanlig i feltforsøk og kommersiell dyrking, at bare 50 % av frøa spirer og utvikler planter. I så tilfelle vil det muligens være aktuelt å undersøke grunnen til at så få frø spirer.

5.3 Dekkingsgrad og ugrasproblematikk

Registrering av dekkingsprosenten i rutene gir et grunnlag for å se hvordan vekststarten for plantene er, samt forskjeller i såmengde. Forsøkene på Årnes og Øsaker hadde noe ulik dekkingsprosent og plantetetthet. Til tross for dette var det de høyeste såmengdene som hadde størst dekkingsprosent og flest antall planter per m² i midten av juni, på begge stedene. De rutene med høyest såmengde hadde god dekking av ruta ved et tidligere tidspunkt, sammenlikna med lave såmengder (*figur 15* og *figur 16*). Det er sannsynlig at disse rutene i større grad hadde bedre konkurranse mot ugras, noe som muligens kan være positivt for avlinga ved at raskere dekking fører til større assimilatproduksjon. Med tanke på at raps har en kort juvenil fase, kan dette gå utover størrelsen på bladarealet som opparbeides før strekking. Derfor kan det være nødvendig å kompensere lav bladmasse med økt såmengde (Uhlen 2011).

Feltet på Øsaker hadde dessverre dårlig oppspiring og mye ugras. Dette kan ha ført til at de forventede forskjellene mellom såmengdene ble undertrykt, og at rapsplantene ikke klarte å dekke ruta fullt ut. Av den grunn ble også registreringene på dette feltet trappa noe ned etter hvert som ugraset overtok. Noe ugras var også representert på Årnes, men her så det ikke ut til at utviklinga av feltet ble påvirket av ugraset. Dekkinga av dette feltet ble bra. Disse erfaringene tyder på at dersom man skal så en liten såmengde, bør det være lite ugras på skiftet for å redusere konkurransen i oppspiringsfasen. I tillegg vil en liten konkurranse bidra til en god planteutvikling og optimal dekking. Dette støttes av Martin et al. (2001) som har gjort forsøk med ugrasfjerning. Forsøket viste som tidligere beskrevet at dersom raps holdes ugrasfri fram til firebladstadiet kan det forebygge et avlingstap med mer enn 10 %, mens ved et tidligere såtidspunkt bør jorda holdes ugrasfri fram til seksblad stadiet. Etter dette tidspunktet hevder de at lite ugras vil komme til, og at ugras som spirer så seint vil ha lav biomasseproduksjon. Dette er også noe som ble registrert på forsøksfeltene, særlig på Årnes

hvor plantene var gode konkurrenter mot ugraset. Gjennom hele oppspiringsfasen på Årnes var det lite ugras, men det var også tydelig at det ugraset som kom opp etter at rapsen hadde utvikla blader, ikke utgjorde særlig konkurranse.

5.4 Antall knopper, blomster, skulper og frø

Plantene som kom opp ved den største såmengden på Årnes, hadde få forgreininger og var tynne av vekst, visuelt målt. Motsatt hadde plantene ved de lave såmengdene kraftigere og mer forgreina vekst. I følge Leach et al. (1999) produserer en lav plantetetthet flere forgreininger på plantene med skulper, hvor frøa er spiredyktige. Dette fører til en forlenga frøutviklingsfase. Ved høsting er det da stor sannsynlighet for at ikke alle frøa er modne, noe som kan forringe kvaliteten. Samtidig vil det øke faren for tap av frø, på grunn av skulper som er overmodne og drysser før og ved høsting. Høy plantetetthet kan i motsetning føre til færre greinsettinger med skulper. Planter med færre greinsettinger vil føre til en mer synkronisert utvikling av skulper og frø, og frøa blir jevnere modne ved høsting. Dette vil forbedre høstestabiliteten, og redusere faren for dryssing og tap av avling (Leach et al. 1999).

På Årnes ble antall blomster registrert på de fem utplukka plantene i løpet av blomstringstida. Ved siste registrering, midt i juli, var det tydelig de to høyeste såmengdene som hadde færrest blomster. De tre laveste såmengdene hadde klart flere blomster, noe som kan ha sammenheng med at disse plantene hadde økt forgreining. Peltonen-Sainio & Jauhiainen (2008) har ut i fra et datasett som bygger på 30 år med forsøk avdekt hele den historiske perioden med rapsdyrking i Finland. De fant at forsøka som ga høy avling var basert på en sein, men kort blomstring. Dersom frøsettinga i løpet av blomstringa slo feil, ble det registrert en kompensering i frøfyllingsfasen som besto av en negativ sammenheng mellom antall frø og enkeltfrøvekta. Ut i fra mine resultater kan man anta at de høye såmengdene også hadde en kortere blomstringsperiode, og sånn fikk en bedre frøsetting og frøfyllingsfase slik Leach et al. (1999) beskriver. Dersom dette forekom i mitt forsøk ville jeg forventet en høyere 1000-frø vekt for de høye såmengdene i forhold til de lavere. Mine resultater ga en jevn 1000-frø vekt mellom såmengdene, og sånn sett vil jeg anta at frøfyllingsfasen var mer eller mindre lik. Men det er et interessant aspekt som bør tas med i videre forskning.

Antall skulper som ble høsta var høyest for såmengde 1,2 kg/daa, med et antall på 3000 skulper per m². Dette utgjorde ca. 20 skulper per plante, og er et mye lavere antall enn hva Tayo & Morgan (1975) fant. De fikk et gjennomsnittlig antall skulper som ble bevart fram til høsting på 198 per plante. Det må nevnes at i deres forsøk ble det dyrka fram enkeltplanter i drivhus, så vekstforholda er svært ulike mellom mitt og deres forsøk. Av like vel viser det et potensial til økt antall skulper hos plantene, dersom det er ideelt. I mitt forsøk ble det høsta noe seint i forhold til sorten “Marie”, og sånn sett kan det antas at en del skulper gikk tapt. Det var veldig stor forskjell mellom antall skulper som ble registrert på de fem plantene, og de som ble registrert ved høsting av smårutene. Dette kan bety at mange skulper har falt fra fram til høsting, eller så kan antallet være påvirket av registreringsmåten. I tre av fem registreringer var det ingen sammenheng mellom såmengde og antall skulper. Taylor & Smith (1992) fant en sammenheng mellom såmengde og antall skulper per plante som sank ved økende såmengde. Gjennomsnittlig antall frø per skulpe viste ingen forskjell mellom såmengdene, og var basert på skulpene fra ei smårute. Frøa som var i skulpene ble talt, og gjennomsnittlig antall frø per skulpe for de ulike såmengdene ble beregna (*figur 19*). Antallet varierte mellom 20 og 25 frø per skulpe, og dette er innenfor det sjiktet (15-40 frø) Lamb (1989) beskriver for modne skulper. Taylor & Smith (1992) fikk at det var en negativ sammenheng mellom frø per skulpe og skulper per m². Mens det var en positiv sammenheng mellom frø per skulpe og skulper per plante som respons til endringer i plantetetthet. De fant ingen sammenheng mellom såmengde og antall frø per skulpe.

1000-frø vekta gir et bilde på hvordan frøutviklinga har vært. Dersom det har vært mange frø som skal mates, vil dette føre til noe lavere 1000-frø vekt. Det samme kan inntreffe dersom det er angrep av sjukdom, insekter eller andre veksthemmende faktorer (Uhlen 2001). 1000-frø vekta er som navnet sier vekta på 1000-frø i gram, og kan brukes for å korrigere frøstørrelse og såmengde (Alberta Agriculture and Food 2001). Frøvekta i dette forsøket var høy, og det ble ikke funnet forskjell i frøvekta mellom såmengdene. På grunn av den høye 1000-frø vekta, ble metoden for måling av frøvekta kontrollert, men det ser ut til at plantene har hatt gode forhold under frømatina. I følge Uhlen (2001) kan en 1000-frø vekt mellom 3,5 og 4,5 gram forventes i raps. 1000-frø vekta varierte i dette forsøket mellom 4,1 og 4,3 gram, altså i det øvre sjiktet. Forsøket viste ingen sammenheng mellom frøvekt og såmengde, men i følge undersøkelser gjort av Peltonen-Sainio & Jauhiainen (2008) vil en høy frøavling bli produsert på bekostning av frøvekta. Deres forsøk viste at de høyeste avlingene ikke hadde

den høyeste frøvekta, men frøvekta varierte lite og det var antall frø per m² som påvirkte avlinga mest.

5.5 Avlingsnivå og høsteindeks

Avlingsnivået på Årnes var normalt for sorten “Marie”, mens avlingene på Øsaker var svært lave (Abrahamsen et al. 2009; Abrahamsen et al. 2010; Abrahamsen 2011b). Resultatene for frøavlinga (*figur 21*) og biomasseproduksjonen fulgte hverandre omtrent for smårutene på Årnes. En lavere avling ga redusert biomasse. Disse resultatene samsvarer ikke med det Brandt et al. (2007) kom fram til, der synkende såmengde førte til lavere frøavling, men ga lik biomasse. En slik utvikling skyldes at lavere plantetetthet blir kompensert med økende plantestørrelse, som igjen fører til mindre effektiv frøproduksjon (Brandt et al. 2007). Sør-Øst i Australia ble det gjennomført et treårig forsøk som ikke fikk noen signifikans for frøavlinga ved ulik såmengde, til tross for sammenheng mellom plantetetthet og såmengde (Taylor & Smith 1992). Forsøkene på Øsaker og Årnes hadde en tendens til sammenheng mellom såmengde og plantetetthet, og mellom såmengde og avling. Dette tyder på en kompensering slik Brandt et al. (2007) beskriver. Forsøket til Brandt et al. (2007) viste at både avling og biomasse ble påvirket av tørt vær.

Høsteindeksen sier noe om forholdet mellom avling og biomasseproduksjon. I dette tilfellet var det den største såmengden, 1,6 kg/daa, som hadde den laveste høsteindeksen. Disse rutene har mest sannsynlig brukt mer næring på produksjon av biomasse enn avling, i forhold til de såmengdene med høyere høsteindeks. Van Deynze et al. (1992) fikk gjennom et forsøk over tre år en høsteindeks fra 20,7 % for den laveste såmengden, 0,3 kg/daa, til 19,0 % for den høyeste såmengden, 0,9 kg/daa. Resultatene i dette forsøket var jevnt synkende med økende såmengde, mens i mitt forsøk hadde kurva for høsteindeks likt kurveforløp som den treska avlinga. En svak økning fram til såmengde 1,4 kg/daa, og så en liten nedgang til høyeste såmengde. Brandt et al. (2007) fant derimot motsatt resultat, hvor høsteindeksen økte med økende såmengde.

5.6 Planteutvikling og varmesum

Planteutviklinga i forsøket på Årnes er vist i *figur 25*, der både dato i vekstsesongen og beregna varmesum er angitt sammen med utviklingsstadiene. Varmesumberegningene er gjort ut i fra basistemperatur 0 °C. Figuren er basert på middelet av de fem enkeltplantene, og de to gjentaka, og tar for seg utviklinga i grove trekk basert på hovedstadiene. Det vil være planter i ulik utvikling i feltet, men dette kommer ikke fram av figuren. Etter hvert som varmesummen øker utvikler plantene seg, og fra rundt midten av august er det kun avsluttende mating og modning som gjenstår.

Mitt forsøk viste ingen forskjell i fenologisk utvikling mellom såmengdene. Antall dager fra såing til høsting av rutene var 140 på Årnes. Dette tilsvarer en varmesum på 1878,5 °C. Det er vanskelig å anslå korrekt modningstidspunkt, men jeg velger å ta utgangspunkt i 28.september da Romerike Landbruksrådgiving høsta feltet. Begynnende blomstring ble registret 52 dager etter såing, og fra avslutta blomstring til modning tok det om lag 64 dager. Denne utviklingstida tilsvarer en varmesum på henholdsvis 668 og 812,8 °C. Forsøket til Brandt et al. (2007) viste at modningsperioden for skulper og frø ble redusert med 1,6 dag for den høyeste såmengden, 0,84 kg/daa, mot den laveste, 0,28 kg/daa. En kortere modningstid for høye såmengder støttes av Van Deynze et al. (1992).

5.7 Legde

I mitt forsøk var det en signifikant sammenheng mellom såmengde og legde, men det ser ikke ut til å være noen sammenheng mellom avlingsstørrelse og legde. Forsøk gjort i Finland viste at det ikke var de plantene som ga høyest avling som hadde mest legde (Peltonen-Sainio & Jauhiainen 2008). Legde har i tillegg til tett plantebestand vært relatert til stor avling. I følge Leach et al.(1999) er planter med stor tetthet de som er mest utsatt for legde og økt fare for sjukdommer, uten at muligheten for økt avling er sikker. At økt plantebestand fører til mer legde støttes av Van Deynze et al. (1992). Abrahamsen (2011a) sier at litt legde er positivt, for da er ikke plantene så utsatt for vind som fører til dryssing, men legde fører til at fugleskadene kan bli større da frøa blir lettere tilgjengelige.

5.8 Sjukdommer

Det ble gjort sjukdomsregistreringer på begge feltene, og i hovedsak storknolla råtesopp. En av de viktige årsakene til store avlingstap er i følge Peltonen-Sainio et al. (2007) sjukdommer. I Finland blir det bare viktigere ettersom de dyrka arealene med raps og rybs øker, også til områder hvor andre vekster innafor slekta *Brassica* er sådd. Av skadegjørende insekter ble det registrert stor aktivitet av jordloppe og glansbille både på Øsaker og Årnes.

5.8.1 Storknolla råtesopp

Mot midten av juli ble det registrert angrep av storknolla råtesopp. Storknolla råtesopp er en soppjukdom som kan føre til avlingstap i oljevekster, men det er gjort få forsøk så det er liten kunnskap om hvor mye dette utgjør. I følge Abrahamsen (2011a) var angrepet på Årnes lite, mens på Øsaker registrerte SørØst Landbruksrådgeving 60 % planter angrepet av storknolla råtesopp visuelt. Som det kommer fram av resultatene var det ingen sammenheng mellom såmengde og antall hele og halve planter som ble angrepet av storknolla råtesopp på Årnes. Det var en tendens som tyda på at faren for angrep var større ved tettere plantebestand i mine forsøk, men en slik teori støttes ikke av Brandt et al. (2007) og Harker et al. (2003). De gjennomførte forsøk som viste at tettere plantebestand ikke økte faren for angrep av storknolla råtesopp. Oppsamla frøsmitte i jorda og falsk frøsmitte kan forårsake stort smittepress. I Finland har ikke angrepet av storknolla råtesopp økt med arealene, men det er problemer med at sklerotiene deles opp under frørensinga (Peltonen-Sainio et al. 2007). Dette fører til ureint såmateriale, og spredning av sjukdommen. Sklerotiene har kommet mer til syne under varme og tørre forhold, slik de har hatt det i Finland.

5.9 Olje og kvalitet

Ved måling av oljeprosent direkte på hele rapsfrø ved bruk av NMR, ga resultatet en tendens til økt oljeinnhold ved økende såmengde. Derimot fant Van Deynze et al. (1992) at oljeinnholdet sank litt ved økende såmengde mellom 0,3 og 0,9 kg/daa. Brandt et al. (2007) fikk motsatt resultat hvor konsentrasjonen økte litt med såmengden, som økte fra 0,27-0,84 kg/daa, men at det var svært lite til å ha en betydning. Oljeinnholdet kan i følge Leach et al. (1999) øke dersom man har en høy plantetetthet.

Det ble ikke funnet noen tydelige forskjeller mellom oljeutbytte og såmengde. Tayler & Smith (1992) som gjennomførte et treårig forsøk fant at oljeutbyttet økte med økende såmengde. Dette kunne muligens vært forventet i dette forsøket også med tanke på at målingene med NMR viste en tendens til økende oljeinnhold ved økende såmengde. Oljekonsentrasjonen i forsøket til Brandt et al. (2007) viste relativt små forskjeller, men en liten økning med økende såmengde ble registrert. Avvikende resultater mellom NMR-målingene og oljeutbyttet ved pressing er et interessant resultat. Pressinga som er blitt gjennomført i dette forsøket er svært sammenlignbar med den kommersielle kaldpressinga, og sånn sett er oljeutbyttet også sammenlignbart med det som oppnås i praksis. Dette tyder på at det er en god del olje igjen i pressresten, som muligens med bedre teknikker kan øke oljeutbyttet.

Oljeinnholdet målt med NMR viste gjennomsnittlig for alle såmengdene et innhold på 41,6 % olje, og det var den største såmengden som hadde høyest innhold. Dette er noe lavere enn hva som ble målt i forsøksperioden 2007-2010, som ga 45,9 % olje for sorten "Marie" (Abrahamsen 2011b). I følge Abrahamsen (2011a) kan man forvente en negativ korrelasjon mellom protein og olje. Dersom det hadde vært analysert for protein, vil det altså si at proteininnholdet hadde vært lavest for den største såmengden med høyest oljeinnhold og motsatt. Denne antagelsen stemmer også med Brandt et al. (2007) som fant at økt såmengde reduserte proteinkonsentrasjonen, da tilførselen av nitrogen ikke økte. "Marie" lå lavest i oljeavling i sortsforsøka som ble gjennomført sesongene 2008, 2009 og 2010 (Abrahamsen et al. 2009; Abrahamsen et al. 2010; Abrahamsen 2011b). Sortsmessig er muligens ikke "Marie" den beste sorten til oljeproduksjon, som i følge Abrahamsen (2011b) har gitt 20-25 % mindre olje enn sorten "Sheik" over flere år.

Fettsyresammensetninga viste ingen forskjell mellom de ulike såmengdene. Dersom det hadde vært større differanse mellom såmengdene, kan det være at større forskjeller hadde kommet fram. I forsøk med sorter gjennomført av Uhlen et al. (2004) ble en liten forskjell i fettsyresammensetninga funnet hos raps, men for kvaliteten har det lite å si. Eventuelt vil ikke ulike såmengde ha noen påvirkning på fettsyresammensetninga, og det kan tyde på at fettsyresammensetninga er stabil i forhold til dyrkingsmiljø.

Det store bildet ser ut til å være at de kvalitetsparameterne som er målt i dette forsøket ikke endres vesentlig på grunn av variasjon i såmengder, og at det er agronomien det bør fokuseres på dersom det er et ønske om å gjøre flere forsøk med såmengder.

5.10 Gjennomføring av forsøket og feilkilder

I dette forsøket ble det plukka ut fem representative planter per rute, som ble brukt for registrering av planteutviklinga, gjennom hele vekstsesongen på begge felta. Statistisk sett hadde det vært mer gunstig med flere registreringsplanter. Utvelgelsen ble i utgangspunktet gjort tilfeldig, men det var tydelig at de plantene som ble plukka ut var sterkere og større enn resten av feltet. For å rette på denne skjevheten, ble derfor planter i ulik størrelse valgt ut.

To uker mellom hvert besøk kan være nok i deler av vekstsesongen, men dette kommer an på hvordan feltet utvikler seg, og må avgjøres etter hvert. Dekkingsgrad er en nødvendig registrering for å se eventuelle forskjeller mellom såmengdene. Store mengder ugras vil kunne virke uheldig på registreringa, da det kan være vanskelig å skille mellom ugras- og rapsplanter, slik det var på Øsaker.

Hovedstadiene som spiring, strekking, begynnende blomstring, avsluttende blomstring og modning bør registreres. Med tanke på gjennomføringa bøy det på utfordringer å klare og være på riktig sted til riktig tid, så noen antagelser ble gjort for å tidfeste stadiene. Gjennom en vekstsesong vil de ulike vekststadiene gli over i hverandre, og det vil være flere ulike stadier representert på en gang. Derfor vil det være nødvendig i en periode å telle både knopper, blomster og muligens også skulper ved samme registrering. De ulike tellingene gjøres mest sannsynlig flere ganger, så lenge det er mulig å telle det aktuelle. Når frøa nærmer seg modne er det fare for at fuglene kommer flygende inn i åkeren og ødelegger avlinga. For å redusere tap av avling er det viktig at feltet høstes til riktig tid, det gjelder både for smårutene og høsterutene. Smårutene kan gjerne høstes ei uke før resten av ruta skal treskes for å redusere faren for dryssing.

Gjennom metodedelen kommer det fram at såmengde 1,0 kg/daa kun er basert på ett av de to gjentaka på Årnes, for alle registreringer gjort fra og med 9.september 2010. Forsøket er i utgangspunktet basert på et lite forsøksmateriale, da det er første året denne forsøksserien gjennomføres. I tillegg ble som tidligere nevnt innsatsen på det ene av to felt redusert, grunnet mye ugras, og rute 206 tatt ut på Årnes. Dette er i stor grad påvirkende på svært få signifikante resultater, da de er basert på et lite antall frihetsgrader.

Ved pressing av olje skilte én av resultatene for såmengde 0,8 kg/daa seg ut i forhold til de andre. Dette førte også til at resultatet ved NMR-analyse på pellet ble påvirka. Mest sannsynlig kommer det av at denne prøva var den første som ble pressa, og at dette har påvirka resultatet. Disse målingene ble av den grunn tatt ut av datasettet, og såmengde 0,8 kg/daa er for disse analysene kun basert på en måling da det ble antatt at det kunne føre til feil ved framstillinga av resultatene. De andre er ett snitt av to målinger.

Ut i fra det datamaterialet som er utarbeidet gjennom denne masteroppgava, lar det seg ikke gjøre å si om det vil være hensiktsmessig med endringer i forhold til dagens såmengdepraksis. Oppgava stiller i utgangspunktet flere spørsmål enn den svarer på. Det vil derfor være nødvendig for å kunne uttale seg om ideell såmengde i forhold til avling og kvalitet, at forsøksserien gjennomføres med andre sorter og på flere lokaliteter. Først da kan man oppnå et bilde på om dagens praksis bør endres eller ei.

6. Konklusjon

Formålet med oppgava var å undersøke hva som er ideell såmengde i vårraps under norske dyrkingsforhold. Oppgava er basert på kun to forsøk, og ut i fra dette er det ikke grunnlag for å uttrykke klare konklusjoner. Men resultatene viser noen trender som vil være viktig å belyse nærmere i nye forsøk.

- Økende planteantall ved økt såmengde
- Lavere overlevelsesprosent ved høyere såmengde
- Såmengdens påvirkning på avlingsoppbygginga tyda på spinklere planter med færre forgreininger ved høy såmengde
- Høstbar avling i forhold til treska tyda på muligheter for en større høstbar avling
- En høy såmengde syntes optimal med tanke på avlingsmengde
- Legde, storknolla råtesopp og andre avlingsreduserende faktorer hadde en tendens til å øke med såmengden
- Innhold av olje hadde en tendens til å øke med såmengden.

Oppkomstprosenten var mye lavere enn forventa, og også andre forsøk som det er referert til i denne oppgava tyder på at dette er vanlig å finne i raps. Det vil derfor være vanskelig å anbefale såmengder før vi har mer kunnskap og kontroll på oppkomstprosenten. På Årnes ble det normale avlinger til tross for at planteantallet tilsvarte en veldig lav såmengde. Dette kan tyde på at et relativt lavt planteantall kan gi ei normal avling, dersom de fleste frøa som blir sådd gir fullt utvikla planter. En økning av oppkomstprosenten vil være nødvendig, før en eventuell nedjustering av såmengden. Årsaken til dårlig oppkomst er ukjent.

De resultatene som kom fram gjennom dette forsøket viste at høyere såmengde syntes å gi færre skulper per plante, mens antall frø per skulpe og frøvekta ikke ble påverka. Avlingstrenden viste at de største såmengdene ga høyest avling, men at det også var disse såmengdene som syntes å være sterkest angrepet av storknolla råtesopp. Fettprosenten syntes å gi en liten økning ved høyere såmengde, mens fettsyresammensetninga ikke var påverka. Men dette er områder som må arbeides videre med før noe er sikkert!

7. Litteraturliste

- Abrahamsen, U., Åssveen, M., Uhlen, A. K. & Olberg, E. (2006). Dyrkings- og avlingspotensial av rybs, raps og erter i Norge. I: *Rapport IHA*, s. 19-22. Ås: UMB.
- Abrahamsen, U., Åssveen, M. & Lundon, A. R. (2009). Sortsforsøk i vårraps. I: Alm, H. & Strand, E. (red.) Bioforsk FOKUS 4 (1), *Jord- og plantekultur 2009*, s. 151. Ås: Bioforsk.
- Abrahamsen, U., Lindemark, P. O., Stabbetorp, J. & Holmsen, J. (2010). Sortsforsøk i vårraps. I: Strand, E. (red.) Bioforsk FOKUS 5 (1), *Jord- og Plantekultur 2010*, s. 154. Ås: Bioforsk
- Abrahamsen, U. (2011a). *Personlig meddelelse av Unni Abrahamsen, forsker ved Bioforsk.*
- Abrahamsen, U. (2011b). Sortsforsøk i vårraps. I: Strand, E. (red.) Bioforsk FOKUS 6(1), *Jord- og plantekultur 2011*, s. 273. Ås: Bioforsk.
- Ackman, R. G. (1990). Canola Fatty Acids - An Ideal Mixture for Health, Nutrition, and Food Use. I: Shahidi, F. (red.) *Canola and Rapeseed; Production, Chemistry, Nutrition, and Processing Technology*, s. 355. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Alberta Agriculture and Food. (2001). Using 1000 Kernel Weight for Calculating Seeding Rates and Harvest Losses. *AGRI-FACTS - Practical Information for Alberta's Agriculture Industry*, 100/22-1. Tilgjengelig fra: [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/agdex81](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/agdex81) (lest 7.mai 2011).
- Andersen, A., Klingen, I., Kobro, S. & Meadow, R. (2009). Skadedyr i oljevekster og kjernebelgvekster. I: Brandsæter, L. O., Mangerud, K., Birkenes, S. M., Brodal, G. & Andersen, A. (red.) Bioforsk FOKUS 4(4), *Plantevern og plantehelse i økologisk landbruk, b. 3 - Korn, oljevekster og kjernebelgvekster*, s. 198. Ås: Bioforsk.
- Andersen, A. (2011). *Personlig meddelelse av Arild Andersen, forsker og professor hos Bioforsk.*
- Berrie, A. M. M. (1977). *An Introduction to the Botany of the Major Crop Plants*. London: Heyden & Son Ltd.
- Bioforsk Plantehelse. (2010). *AgroMetBase*. I: Rafoss, T. (red.). Landbruksmeteriologisk tjeneste. Ås: Bioforsk Plantehelse. Tilgjengelig fra: <http://lmt.bioforsk.no/lmt/index.php?weatherstation=5&logininterval=1&tid=1304756613> (lest 27.januar 2011).
- Bommarco, R. & Rundlöf, M. (2009, 26.november). *Nya svenska försök med pollinering av oljeväxter och rödklöver*. Power Point fra Pollineringskonferens, Alnarp: Institutionen för ekologi, SLU Uppsala.
- Brandt, S. A., Malhi, S. S., Ulrich, D., Lafond, G. R., Kutcher, H. R. & Johnston, A. M. (2007). Seeding rate, fertilizer level and disease management effects on hybrid versus open pollinated canola (*Brassica napus* L.). *Canadian Journal of Plant Science*, 87 (2): 255-266.
- Brodal, G., Henriksen, B. & Sundheil, L. (2009). Sjukdommer i oljevekster. I: Brandsæter, L. O., Mangerud, K., Birkenes, S. M., Brodal, G. & Andersen, A. (red.) Bioforsk FOKUS 4(4), *Plantevern og plantehelse i økologisk landbruk, b. 3 - Korn, oljevekster og kjernebelgvekster*, s. 198. Ås: Bioforsk.
- Chan, K. Y. & Heenan, D. P. (1996). The influence of crop rotation on soil structure and soil physical properties under conventional tillage. *Soil & Tillage Research*, 37 (2-3): 113-125.

- Dahlen, O. S. (2011). *Personlig meddelelse av Ole Sigvart Dahlen, produksjef plantevern hos Felleskjøpet Agri.*
- Dieseth, J. A. & Uhlen, A. K. (1998). *Korn Del I; Forelesningsnotat i PK210.* Jordbruksvekster til frømodning. Ås: Landbruksbokhandelen.
- Felleskjøpet Agri. (2010). *Prisprognose for korn i sesongen 2010/11:* Felleskjøpet Agri. Tilgjengelig fra: <http://www.felleskjopet.no/landbruk/Sider/Prisprognose-79-13082010.aspx> (lest 7.april 2011).
- Felleskjøpet Agri. (2011a). *Hvordan skal du kalke, gjødsle og så når du skal dyrke vårraps eller vårrybs? Få gode dyrkningsråd her.* Gardermoen: Felleskjøpet Agri. Tilgjengelig fra: <http://www.felleskjopet.no/landbruk/Plantekultur/saavare/Sider/Dyrkningsrad-varraps-og--rybs.aspx> (lest 28.mars 2011).
- Felleskjøpet Agri. (2011b). Oljevekster. I: Dahlen, O. S. & Mo, Ø. M. (red.) *Plantevern 2011*, s. 227. Gardermoen: Felleskjøpet Agri.
- Felleskjøpet Agri. (2011c). *Spire: Vårkorn 2011.* Gardermoen: Felleskjøpet Agri.
- Friend, D. J. C. (1969). *Brassica campestris L. I: Evans, L. T. (red.) The Induction of Flowering: Some Case Histories*, s. 488. Melbourn: Macmillan South Africa.
- Godal, A. M., Hovde, K. O. & Jackson, I. (2011). *Juvenil fase: botanikk.* Store norske leksikon. Oslo: Kunnskapsforlaget. Tilgjengelig fra: http://www.snl.no/juvenil_fase/botanikk (lest 10.mai 2011).
- Green, B. R., Singh, S., Babic, I., Bladen, C. & Johnson-Flanagan, A. M. (1998). Relationship of chlorophyll, seed moisture and ABA levels in the maturing Brassica napus seed and effect of a mild freezing stress. *Physiologia Plantarum*, 104 (1): 125-133.
- Hamza, M. A. & Anderson, W. K. (2005). Soil compaction in cropping systems - A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil & Tillage Research*, 82 (2): 121-145.
- Hanssen-Bauer, I. (red.). (2009). *Klima i Norge 2100; Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpasning.* Oslo: Norsk Klimasenter.
- Harker, K. N., Clayton, G. W., Blackshaw, R. E., O'Donovan, J. T. & Stevenson, F. C. (2003). Seeding rate, herbicide timing and competitive hybrids contribute to integrated weed management in canola (Brassica napus). *Canadian Journal of Plant Science*, 83 (2): 433-440.
- Hermansen, A. (2011). *Personlig meddelelse av Arne Hermansen, forskningsleder ved Bioforsk plantehelse.* Ås.
- Hoff, M. (2011). *Personlig meddelelse av Morten Hoff, daglig leder Norsk Matraps BA.*
- Hopkins, W. G. & Hüner, N. P. A. (2009). *Introduction to plant physiology.* 4. utg. Hoboken, N.J.: Wiley.
- Howard, R. J., Strelkov, S. E. & Harding, M. W. (2010). Clubroot of cruciferous crops - new perspectives on an old disease. *Canadian Journal of Plant Pathology-Revue Canadienne De Phytopathologie*, 32 (1): 43-57.
- Jonsson, H. (2004). Utveckling av radodling i raps - teknik och biologi. *Svensk Frötidning*.
- King, J. R. & Kondra, Z. P. (1986). Photoperiod response of spring oilseed rape (Brassica-napus L and Brassica-campestris L). *Field Crops Research*, 13 (4): 367-373.
- Lamb, R. J. (1989). Entomology of oilseed brassica crops. *Annual Review of Entomology*, 34: 211-229.
- Landbrukstilsynet. (2003). *Floghavre.* Ås: Landbrukstilsynet. Tilgjengelig fra: http://landbrukstilsynet.mattilsynet.no/dokument.cfm?m_id=231&d_id=243 (lest 22.mars).
- Lande, B. & Tonstad, S. (2006-2007). *Triglyserid.* Store norske leksikon. Oslo: Kunnskapsforlaget. Tilgjengelig fra: http://www.snl.no/.sml_artikkel/triglyserid.

- Leach, J. E., Stevenson, H. J., Rainbow, A. J. & Mullen, L. A. (1999). Effects of high plant populations on the growth and yield of winter oilseed rape (*Brassica napus*). *Journal of Agricultural Science*, 132: 173-180.
- Lundby, F. (2009). *Bestemmelse av fettinnholdet med maran ultra LF-NMR*. Ås: Nofima. 11 s. Upublisert manuskript.
- Lundon, A. R. (2011). *Personlig meddelelse av Aina R. Lundon, forsker ved Bioforsk Øst-Apelsvoll*.
- Lyhagen, R. (2008). Mycket frön och lite ogräs vinner. I: Gunnarson, A. (red.). *Vässad vårraps*. Alnarp: Svensk Raps AB, . 17 s.
- Lööf, B. (1972). Cultivation of rapeseed. I: Appelqvist, I.-å. & Ohlson, R. (red.) *Rapeseed: Cultivation, composition, processing and utilization*, s. 391. Amsterdam, London, New York: Elsevier publishing company.
- Major, D. J. (1980). Photoperiod response characteristics controlling flowering of 9 crop species. *Canadian Journal of Plant Science*, 60 (3): 777-784.
- Mangerud, K. & Brandsæter, L. O. (2009). Ugras i korn, oljevekster og kjernebelgvekster: Forebyggende tiltak. I: Brandsæter, L. O., Mangerud, K., Birkenes, S. M., Brodal, G. & Andersen, A. (red.) Bioforsk FOKUS 4(4), *Plantevern og plantehelse i økologisk landbruk, b. 3 - Korn, oljevekster og kjernebelgvekster*, s. 198. Ås: Bioforsk.
- Martin, S. G., Van Acker, R. C. & Friesen, L. F. (2001). Critical period of weed control in spring canola. *Weed Science*, 49 (3): 326-333.
- Mason, M. E. & Waller, G. R. (1964). Dimethoxypropane induced transesterification of fats + oils in preparation of methyl esters for gas chromatographic analysis. *Analytical Chemistry*, 36 (3): 583-&.
- Meier, U. (red.). (2001). *Growth stages of mono- and dicotyledonous plants*. 2. utg. Berlin og Braunschweig: Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry. 158 s.
- Mela, T. J. N. (1996). Northern agriculture: Constraints and responses to global climate change. *Agricultural and Food Science in Finland*, 5 (3): 229-234.
- Minitab. (2011). *Minitab® Statistical Software*. 15. & 16. utg.
- Myers, L. F., Christian, K. R. & Kirchner, R. J. (1982). Flowering responses of 48 lines of oilseed rape (*Brassica* spp) to vernalization and daylength. *Australian Journal of Agricultural Research*, 33 (6): 927-936.
- Netland, J., Elen, O. & Andersen, A. (2001). Plantevern. I: Stabbetorp, H. (red.) *Oljevekstdyrking*, s. 24. Apelsvoll: Planteforsk Apelsvoll.
- Olesen, J. E. & Bindi, M. (2002). Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy*, 16 (4): 239-262.
- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L. & Hannukkala, A. (2007). Declining rapeseed yields in Finland: how, why and what next? *Journal of Agricultural Science*, 145: 587-598.
- Peltonen-Sainio, P. & Jauhiainen, L. (2008). Association of growth dynamics, yield components and seed quality in long-term trials covering rapeseed cultivation history at high latitudes. *Field Crops Research*, 108 (1): 101-108.
- Rostad, B. I. & Abrahamsen, U. (2011). Soppbekjempelse i oljevekster. I: Strand, E. (red.) Bioforsk FOKUS 6(1), *Jord- og Plantekultur 2011*, s. 273. Ås: Bioforsk.
- Shahidi, F. (1990). Rapeseed and Canola: Global Production and Distribution. I: Shahidi, F. (red.) *Canola and Rapeseeds; Production, Chemistry, Nutrition, and Processing Technology*, s. 355. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Statistisk Sentralbyrå. (2011). *Tabell: 04607: Areal av korn- og oljevekster (F)* I: Bjørlo, B. (red.). Oslo og Kongsvinger: Statistisk Sentralbyrå. Tilgjengelig fra: http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default_FR.asp?PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selectvarval/define.asp&Tabellid=04607 (lest 10.mars 2011).

- Taylor, A. J. & Smith, C. J. (1992). Effect of sowing date and seeding rate on yield and yield components of irrigated canola (*Brassica-napus* L.) grown in a red-brown earth in south-eastern Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*, 43 (7): 1629-1641.
- Tayo, T. O. & Morgan, D. G. (1975). Quantitative-analysis of growth, development and distribution of flowers and pods in oil seed rape (*Brassica-napus*-L). *Journal of Agricultural Science*, 85 (AUG): 103-110.
- Uhlen, A. K. (2001). Korn Del III, Forelesningsnotat i PK210. I: Uhlen, A. K. (red.) *Jordbruksvekster til frømodning*. Ås.
- Uhlen, A. K., Olberg, E. & Abrahamsen, U. (2004). Sammensetning av fett og protein i oljevekster dyrket i Norge. I: Bakkegård, M. (red.) Grønn kunnskap 8 (2), *Plantemøtet Østlandet 2004*, s. 117 - 123. Apelsvoll: Planteforsk.
- Uhlen, A. K. (2011). *Personlig meddelelse av Anne Kjersti Uhlen, professor ved Institutt for plante og miljøvitenskap, UMB*. Ås.
- Van Deynze, A. E., McVetty, P. B. E., Scarth, R. & Rimmer, S. R. (1992). Effect of varying seeding rates on hybrid and conventional summer rape performance in Manitoba. *Canadian Journal of Plant Science*, 72 (3): 635-641.
- Vogt, G., Uhlen, A. K., Ellingsen, I. & Tingulstad, J. (2007). Verdstoffor i raps, rapsolje og presskake. *Rapport Norsk Matraps AS*. Ås: Matforsk. 35 s.
- Vogt, G. (2011). *Personlig meddelelse av Gjermund Vogt, forsker ved Nofima*. Nofima, Ås.
- Ward, K., Scarth, R., Daun, J. & McVetty, P. B. E. (1992). Effects of genotype and environment on seed chlorophyll degradation during ripening in 4 cultivars of oilseed rape (*brassica-napus*). *Canadian Journal of Plant Science*, 72 (3): 643-649.
- Ward, K., Scarth, R., Daun, J. K. & Thorsteinson, C. T. (1994). Characterization of chlorophyll pigments in ripening canola seed (*brassica-napus*). *Journal of the American Oil Chemists Society*, 71 (12): 1327-1331.
- Ward, K., Scarth, R., Daun, J. K. & Vessey, J. K. (1995). Chlorophyll degradation in summer oilseed rape and summer turnip rape during seed ripening. *Canadian Journal of Plant Science*, 75 (2): 413-420.
- Åssveen, M. & Heir, J. A. (2001). Dyrking av oljevekster; Arter og sorter. I: Stabbetorp, H. (red.) *Oljevekstdyrking*. Apelsvoll: Planteforsk Apelsvoll Forskningscenter.

Vedlegg

Vedlegg 1: Viser jordforhold, jordkjemi, jordarbeiding, forgrøde, behandlinger og årets vekst på de to felta.

Sted	Årnes	Øsaker
Jordart	Moldholdig silt	Moldrik mellomleire
pH	6,1	6,6
P-AL	11	8
K-AL	9	28
Mg-AL	12	
Forgrøde	Vårbygg	Vårbygg
Gjødsling	55 kg/daa Fullgjødsel 25-2-6	67 kg/daa Fullgjødsel 22-3-10
Sprøyting	3.juni: 20 ml Karate per daa 17.juni: 35 ml Biscaya per daa Ikke ugrassprøyta	4.juni: 25 ml Fastac 50 per daa 15.juni: 30 ml Biscaya per daa Ikke ugrassprøyta
Sort	Marie	Marie

Vedlegg 2: Viser arbeidsprosedyre for feltoppfølging på Årnes, Romerike.

Dato	Zadok	Arbeidsoppgaver
Ved alle feltbesøkene ble planteutvikling etter Zadoks skala registrert, samt eventuelle skadedyr og sykdommer		
2010		
12.mai		Feltet blir sådd
03.jun	Z 11-14	Telling av oppspirte planter på 2 x 1m per rute Anslo dekkingsprosent
17.jun	Z 32-52	Telling av oppspirte planter på 2 x 1m per rute
		Anslo dekkingsprosent
		Telling av antall blad
		Telling av antall knopper
		Telling av antall knopper i bladhjørnene
25.jun	Z 50-55	Telling av antall blomster Anslo dekkingsprosent
02.jul	Z 55-64	Telling av antall fullt utvikla blomster
		Telling av antall skudd fra bladhjørnene
		Anslo dekkingsprosent
09.jul	Z 57-70	Telling av antall skudd med knopper
		Telling av antall knopper og blomster
		Telling av antall skulper
16.jul	Z 69-72	Telling av antall knopper
		Telling av antall blomster
		Telling av antall skulper
24.jul	Z 73-77	Telling av totalt antall greiner på hele planta
		Telling av antall skulper
08.aug	Z 73-79	Telling av antall skulper
		Registrering av storknolla råtesopp
23.aug	Z 79-80	Registrering av antall heleplanter angrepet av storknolla råtesopp
		Registrering av antall halve planter angrepet av storknolla råtesopp
		Reistrering av prosent legde
07.sep	Z > 80	Tresking av 2 x 1m per rute
		Prøvene lagt i tørkeskap
09.sep		Prøvene tatt ut av tørkeskap
		Telling av antall planter per rute
		Telling av antall planter med storknolla råtesopp per rute
		Telling av antall skulper per rute, og gjennomsnittet for rutene funnet
		Posene ble lagt til videre tørking i to døgn
28.sep		Resten av feltet treska
Uke 41		Telling av antall frø per skulpe for 15 skulper per rute
		Tresking av 2 x 1m i balje
Uke 42		Tørkeprøve av prøvene fra 2 x 1m
Uke 43		1000 korn vekt
Uke 44		Pressing av olje fra ruteavling
Uke 45		Tørkeprøve av ruteavling
Uke 46		NMR- analyse
2011		
Uke 4		Analyse av fettsyresammensetning

Vedlegg 3: Viser arbeidsprosedyre for feltoppfølging på Øsaker, Sarpsborg.

Dato	Zadok	Arbeidsoppgaver
Ved alle feltbesøka ble planteutvikling etter Zadoks skala registrert, samt eventuelle skadedyr og sykdommer		
2010		
07.mai		Feltet blir sådd
27.mai	Z ≤ 11	Telling av oppspirte planter på 2 x 1 m per rute
		Anslo dekkingsprosent
04.jun	Z 11-15	Telling av oppspirte planter på 2 x 1 m per rute
		Anslo dekkingsprosent
16.jun	Z 34-53	Telling av antall blomster
		Anslo dekkingsprosent
		Telling av antall blad
		Telling av antall knopper
		Telling av antall knopper i bladhjørnene
24.jun	Z 51-55	Telling av antall blomster
		Anslo dekkingsprosent
01.jul	Z 55-61	Telling av antall fullt utvikla blomster inkludert de som var på hell og de som var avblomstra
		Anslo dekkingsprosent
09.jul	Z 57-70	
31.jul		Registrering av storknolla råtesopp
10.aug		Registrering av storknolla råtesopp
		Registrering av eventuell legde
22.sep		Rutene treska
Uke 45		Tørkeprøve av ruteavling

