



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2020 30 stp
Fakultet for biovitenskap

**Sein bekjemping for å hindre
produksjon av spiredyktige frø av
høsehirse (*Echinochloa crus-galli*
(L.) P. Beauv.)**

Line Beate Lersveen
Plantevitenskap

Forord

Denne oppgaven er skrevet som avslutning på min mastergrad i plantevitenskap innenfor studieretningen plantevern ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, og markerer med det slutten for mine fem år på Ås.

Masteroppgava inngår i prosjektet «Controlling *Echinochloa crus-galli* in cereals, vegetables and potatoes/Bekjemping av hønsehirse i korn, potet og grønnsaker» (ECRUSLI). Prosjektet ECRUSLI er finansiert av Forskningsmidlene for jordbruk og matindustri og bransjepartnerne Bayer, Felleskjøpet Agri, Strand Unikorn, NORGRO og Fylkesmennene i daværende Vestfold, Telemark, Buskerud, Oslo og Akershus, og Østfold.

Jeg vil takke veilederne mine, Kirsten Tørresen (NIBIO) og Lars Olav Brandsæter (NIBIO og NMBU) for hjelp og motivasjon gjennom hele skriveprosessen. En stor takk går også til Torfinn Torp som har hjulpet meg med statistikken, alle ved NIBIO som har arbeidet med forsøket og samlet inn dataene benyttet i denne oppgaven og Kimen Såvarelaboratoriet AS som har utført spiretester, Solrun Lid og Einar Myhre for gjennomlesing og kommentarer på oppgaven,

Til slutt vil jeg takke:

Gjengen på lesesalen på NIBIO, for faglige (og ikke så faglige) diskusjoner.
Kollektivet i Gamle Mossevei, for alle felles måltider og filmkvelder gjennom året.

Alle dere i Budeieforeninga, for fem flotte år i foreningslivet på Ås.
Einar og Svingel, for all oppmuntring og tålmodighet.

Line Beate Lersveen
Mai 2020
Ås

Sammendrag

Hønsehirse (*Echinochloa crus-galli*) som ofte blir ofte omtalt som verdens tredje verste ugras, sprer seg i områdene rundt Oslofjorden. Hønsehirse blir sett på som et økende problem i norsk landbruk. Artens suksess som ugras i Norge kan skyldes at den effektivt unngår den tradisjonelle kjemiske og mekaniske ugraskontrollen om våren, slik at plantene ofte rekker å komme langt i fenologisk utvikling før de blir oppdaget. Det viktigste man kan gjøre når man oppdager plantene seint er å hindre produksjonen av spiredyktige frø som inkorporeres i frøbanken, som vil resultere i fremtidige ugrasproblemer. I dette pottforsøket ble effekten bekjempelsestiltakene pussing, lusing uten å fjerne plantene fra jordet og sprøyting med glyfosat undersøkt med tanke på å redusere antall spiredyktige frø. Behandlingene ble utført ved begynnende blomstring og 7 til 10 dager senere. I forsøket ble det også brukt to ulike såtider og tre ulike norske hønsehirsepopulasjoner.

Alle tiltakene reduserte antall produserte frø, antall spiredyktige frø og total biomasse med minst 50 % sammenlignet med kontrollen, men ingen av behandlingsmetodene reduserte antall spiredyktige frø med 100 %. Pussingen slik den ble utført i dette forsøket reduserte antall spiredyktige frø med 87 % sammenlignet med kontrollen. Behandlingstidspunktet påvirket ikke effekten av behandlingen. Det burde antakeligvis pusses noe tidligere enn ved begynnende blomstring og hyppigere enn det som ble gjort i dette forsøket. De luka plantene som ble lagt igjen ute hadde 35 % færre spiredyktige frø enn plantene som ble tørket direkte etter lusing, men reduksjonen vil antakelig avhenge av forhold som fuktighet og temperatur. Plantene som ble behandlet seint hadde et større antall spiredyktige frø enn plantene som ble behandlet tidlig. Sprøyting med glyfosat hadde god effekt og andel spiredyktige frø ble redusert med omtrent 99 % i forhold til kontrollen, uavhengig av behandlingstidspunkt. Om behandlingsmetoden skal benyttes i modent bygg har man begrenset mulighet til å velge sprøytetidspunkt, og avhengig av hønsehirseplantenes utviklingsstadium kan effekten av behandlingen bli redusert. Plantene i forsøket med sein såtid produserte mindre biomasse, gikk tidligere over i reprodutiv fase og hadde et lavere antall frø enn plantene med tidlig såtid. De ulike populasjonene i forsøket responderte ulikt på behandlingene.

Abstract

Echinochloa crus-galli, which is often referred to as the world's third-worst weed, spreads in the areas around the Oslo Fjord and is seen as a growing problem in Norwegian agriculture. The species' success as a weed in Norway may be due to it effectively avoiding the traditional chemical and mechanical weed control in the spring, the plants are then often discovered when they are in a late phenological stage. When the plants are detected late, it is important to take measures to prevent the production of viable seeds. The seeds should be prevented to enter the soil seed bank, as this will enable them to cause weed problems in future seasons. In this pot trial, the effect of the pest control measures mowing, weeding without removing the plants from the field, and spraying with glyphosate was performed in an attempt to reduce the number of viable seeds. The treatments were performed at the beginning of flowering and 7 to 10 days later. In the trial, two different sowing times and three different Norwegian populations of *E. crus-galli* were also included.

All measures reduced the number of seeds produced, the number of viable seeds, and total biomass by at least 50 % compared to the control treatment, but none of the treatment methods reduced the number of viable seeds by 100 %. The mowing as performed in this experiment reduced the number of viable seeds by 87 % compared to the control. The time of treatment did not affect the effectiveness of the treatment. The plants should probably be mowed somewhat earlier than what was done in this trial and more frequently in order to reduce the number of viable seeds more. The weeded plants that were left out on the ground had 35 % fewer viable seeds than the plants that were dried directly after weeding, but the reduction will probably depend on conditions such as humidity and temperature. The plants that were treated late had a greater number of viable seeds than the plants that were treated early. Glyphosate spraying had a good effect and the proportion of viable seeds was reduced by approximately 99 % compared to the control treatment, irrespective of the treatment time. The efficacy of the treatment is probably depending on the developmental stage of *E. crus-galli* plants, and the choices in application time are limited if this treatment method is to be used in mature barley. In this trial, the plants that germinated late in the season produced less biomass, transitioned into the reproductive phase earlier, and produced a lower number of seeds. The different populations in the study responded differently to the treatment measures.

Innholdsfortegnelse

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Innledning | 1 |
| 1.1 | <i>Arten hønsehirse (Echinochloa crus-galli)</i> | 2 |
| 1.1.1 | Biologi og livssyklus | 3 |
| 1.1.2 | Frøproduksjon og frøbank | 3 |
| 1.1.3 | Krav til temperatur og daglengde | 4 |
| 1.1.4 | Genetisk variasjon | 5 |
| 1.1.5 | Innføring og spredning | 6 |
| 1.2 | <i>Forebygging og bekjempelse</i> | 6 |
| 1.2.1 | Forebygging | 6 |
| 1.2.2 | Bekjempelse | 7 |
| 1.3 | <i>Problemstilling og forsøksspørsmål</i> | 10 |
| 2 | Materialer og metoder | 11 |
| 2.1 | <i>Forsøksdesign</i> | 11 |
| 2.2 | <i>Etablering og stell av forsøket</i> | 12 |
| 2.2.1 | Innsamling av frø | 12 |
| 2.2.2 | Såing og prikling | 12 |
| 2.2.3 | Temperatur i veksthuset | 12 |
| 2.2.4 | Forhold utenfor veksthuset | 13 |
| 2.3 | <i>Behandling og registrering</i> | 14 |
| 2.3.1 | Frø | 17 |
| 2.3.2 | Spireanalyse | 18 |
| 2.4 | <i>Statistisk metode</i> | 19 |
| 3 | Resultater | 20 |
| 3.1 | <i>Registreringer før behandling</i> | 20 |
| 3.2 | <i>Kontrollplanter; effekt av såtid og populasjon</i> | 21 |
| 3.3 | <i>Behandlede planter; effekt av ulike behandlinger, behandlingstidspunkt, såtid og populasjon</i> | 23 |
| 3.3.1 | Effekt av behandlinger; pussing, luking og sprøyting | 24 |
| 3.3.2 | Samspill mellom behandlingsmetode og -tidspunkt | 25 |
| 3.3.3 | Effekten av såtid | 27 |
| 3.3.4 | Samspill mellom behandlingsmetode og såtid | 28 |
| 3.3.5 | Effekt av populasjon | 30 |
| 3.3.6 | Samspill mellom behandlingsmetode og populasjon | 31 |
| 3.3.7 | Samspill for alle faktorkombinasjoner | 32 |
| 3.3.8 | Spireanalyse for alle faktorkombinasjoner | 33 |
| 4 | Diskusjon | 34 |
| 4.1 | <i>Det hjelper å pusse arealer med hønsehirse</i> | 34 |
| 4.2 | <i>Man bør fjerne luka planter fra jordet</i> | 36 |
| 4.3 | <i>Sprøyting med glyfosat seint i plantenes utvikling har effekt</i> | 37 |
| 4.4 | <i>Feilkilder og begrensninger</i> | 38 |
| 5 | Konklusjon | 40 |
| 6 | Litteraturliste | 41 |

| | |
|------------------|-------------|
| Vedlegg 1 | i |
| Vedlegg 2 | ii |
| Vedlegg 3 | iii |
| Vedlegg 4 | v |
| Vedlegg 5 | vi |
| Vedlegg 6 | vii |
| Vedlegg 7 | viii |
| Vedlegg 8 | ix |
| Vedlegg 9 | x |

1 Innledning

Ugras kan defineres som planter som vokser der de ikke hører hjemme. Ofte er det snakk om ville planter som vokser opp blant kulturplantene og konkurrerer med disse om vann, lys, plass og næring (Korsmo et al., 1981). Av omtrent 250 000 plantearter i verden, er færre enn 250 regnet som viktige ugras (Holm et al., 1977). For at ville planter skal regnes som ugras må de være i stand til å konkurrere med kulturvekstene (Korsmo et al., 1981). Det potensielle avlingstapet grunnet ugras er på verdensbasis estimert til å være så høyt som 34 %, men på grunn av ulike kontrolltiltak er de faktiske avlingstapene beregnet til å være omkring 9 % (Oerke, 2006).

Hønsehirse (*Echinochloa crus-galli*) blir ofte omtalt som verdens tredje verste ugras, denne rangeringen fikk ugraset av Holm et al. (1977) i boka *The World's Worst Weeds*. Den verste arten, *Cyperus rotundus* (engelsk: purple nutsedge), har aldri blitt observert i Norge. Nummer to på lista, tannhirse (*Cynodon dactylon*) regnes ikke som ugras i Norge (Artsdatabanken, 2018). Arten hønsehirse har derimot blitt innført og spredd seg i områdene rundt Oslofjorden, og den blir sett på som et økende problem i norsk landbruk (Borchsenius, 2016; Brodal et al., 2016; Elven et al., 2018; Sjursen, 1993).

Innførte plantearter, slik som hønsehirse i Norge, kan ofte bli mer aggressive som ugras i nye områder enn i områder de kom fra (Fykse & Sjursen, 1998). Det kan være flere grunner til dette, blant annet bedre vekstvilkår og mangel på naturlige fiender og konkurrenter (Fykse & Sjursen, 1998). Arten hønsehirse klarer seg generelt godt som ugras fordi planten har stor frøproduksjon og vokser raskt i størrelse (Maun & Barrett, 1986). Arten sin suksess som ugras i Norge kan skyldes at den effektivt unngår den tradisjonelle kjemiske og mekaniske ugraskontrollen om våren ved at frøene spirer seinere enn mange andre ugrasarter (Balvoll, 1985; Sjursen, 1993).

Dersom hønsehirsas ikke bekjempes kan tette bestander føre til stor avlingsnedgang, spesielt blant kulturplanter som ikke konkurrer godt mot ugraset (Maun & Barrett, 1986). Det kan bli vanskelig å høste avlingen om mengden hønsehirse i kulturveksten blir stor (Maun & Barrett, 1986). Forsøk har også vist at hønsehirse kan ta opp 60 % til 80 % av det plantetilgjengelige nitrogenet fra jorda, dermed blir det mindre nitrogen til kulturplantene (Holm et al., 1977). På verdensbasis er hønsehirse et vanlig ugras i produksjoner som mais, ris, bomull, sukkerbeter og potet (Holm et al., 1977). I Norge er hønsehirse et alvorlig ugras spesielt i ulike grønnsaksproduksjoner, hvor effektiv kontroll er helt nødvendig for å få en høstbar avling. Vårkorn konkurrer bedre mot hønsehirse, men også her er det observert avlingsnedgang ved større bestander av hønsehirse i åkeren. Potetplanter konkurrerer normalt godt mot hønsehirsas (Brodal et al., 2016), men ved tidligpotetproduksjon under plast kan hønsehirse likevel bli et problem (NLR Viken, 2019a).

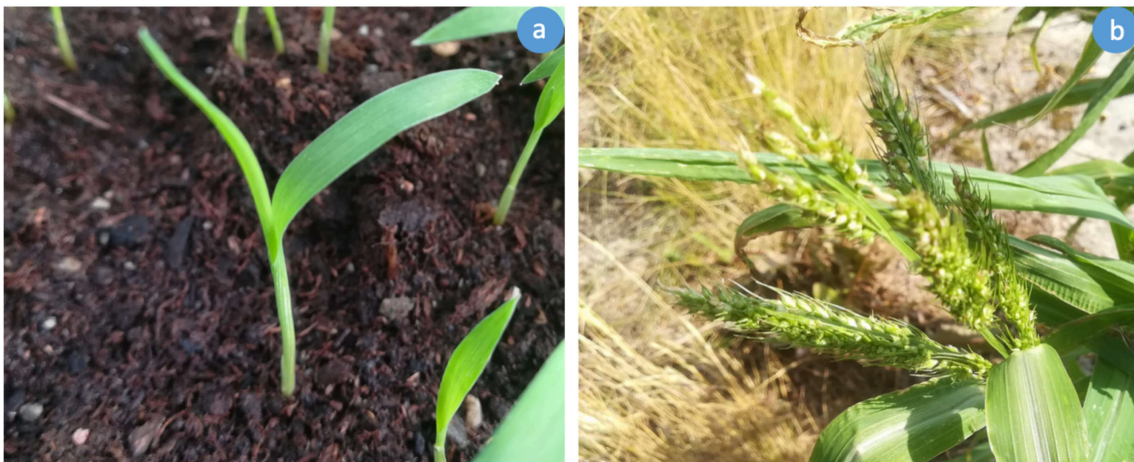
Mesteparten av kunnskapen vi har om hønsehirse stammer fra utenlandsk forskning, hvor arten opptrer som ugras i kulturer som ikke dyrkes i Norge. I Norge oppleves også hønsehirse som et alvorligere ugras enn i de andre nordiske landene (Brodal et al., 2016). Det er derfor et behov for økt kunnskap om biologien til denne arten i Norge. I Prosjektet ECRUSLI, som denne oppgaven er en del av, er målet å finne effektive bekjempelsestiltak mot hønsehirse basert på økt kunnskap om biologien til denne arten i Norge (NIBIO, 2017).

1.1 Arten hønsehirse (*Echinochloa crus-galli*)

Hønsehirse er en plante i hønsehirseslekta, som hører hjemme i grasfamilien (Mossberg, 2003). Artsdatabanken har identifisert hønsehirse som en fremmed art, med høy risiko for spredning i kulturlandskap (Elven et al., 2018). Arten kommer trolig fra tropene (Elven et al., 2005), den har C_4 -fotosyntese (Sjursen, 1993) som tilsier at den er tilpasset et varmt og tørt klima med høy solinnstråling (Aarnes, 2011). Hønsehirse foretrekker fuktig og næringsrik jord, men kan tilpasse seg mange ulike jordtyper (Holm et al., 1977).

Hønsehirseplantene har grove strå med glatt overflate. Et sikkert kjennetegn er at bladene mangler bladører og slirehinne, og noen ganger finner man hår der slirehinna ville vært. Bladene er sammenrulla i skuddene og bladslira er flattrykt, noe som gir strået et øyeforma tverrsnitt (Korsmo et al., 1981). Strå lengden er veldig variabel, men normalt blir plantene mellom 20 og 100 cm høye (Mossberg, 2003). Bladene er som regel 9 til 15 mm brede med en ru overflate, de kan også være litt hårete ved basis (Korsmo et al., 1981; Mossberg, 2003). Blomstene sitter i avlange, tette aks oppetter strået. Frøene kan ha farger fra gulgrønn til gråbrun til fiolett (Elven et al., 2005; Korsmo et al., 1981). Hvert skudd kan ha flere frøtopper, de nye frøtoppene vokser ut fra bladhjørnene (Øverland, 2016).

Plantene er ofte forgreinede ved basis og kan ha en tuelignende vekstform (Korsmo et al., 1981). Hønsehirseplanten tilpasser seg omgivelsene, slik at utseende kan variere veldig fra plante til plante. Denne fenotypiske plastisiteten gjør at plantene for eksempel blir veldig høye dersom det er behov for det, mens de i andre tilfeller vil ha en mer krypende vekstform (Maun & Barrett, 1986). I Norge ser man blant annet en tydelig åkervariant med få og godt skilte greiner i blomsterstanden og med lange snerp, mens planter funnet på avfallsplasser, ved havner og møller ofte er grovere, med flere og mer tettsittende greiner i blomsterstanden og kortere snerp (Elven et al., 2005).



Figur 1.1 - Spirer av hønsehirse (a) og hønsehirse med frøtopp (b). Foto: K. Tørresen

1.1.1 Biologi og livssyklus

I herbologien (ugraslæren) deler man ugraset i grupper etter de egenskapene som har størst praktisk betydning for ugrasbekjempinga, og man ser ofte bort fra den vanlige botaniske systematikken (Fykse & Sjursen, 1998). Hønsehirse plasseres i gruppen sommerettårig ugras. Det vil si at planten fullfører hele sin livssyklus i løpet av en vekstsesong og overvintrer som frø (Korsmo et al., 1981; Maun & Barrett, 1986). Planter som vanligvis bare spirer og formerer seg med frø kan også kalles frøugras (Fykse, 2009).

Sommerettårige arter som hønsehirse har relativt stort potensial til å etablere seg som ugras i kulturer som etableres om våren, slik som potet, grønnsaker, vårkorn og oljevekster (Håkansson, 2003). Hvilke ugrasarter som opptrer som ugras i ulike kulturvekster avhenger i stor grad av når og hvor ofte det skjer jordbearbeiding. Et areal hvor det pløyes hvert år vil typisk bli dominert av ettårige ugrasarter med stor frøbank og stor årlig frøproduksjon (Håkansson, 2003), slik som hønsehirse. Dette betyr imidlertid ikke at man ikke kan finne hønsehirse i kulturer som eng og høstkorn (Brodal et al., 2016). Det er likevel mindre sannsynlig at ettårige arter skaper store ugrasproblemer i eng, typisk sett vil andelen ettårige ugras i enga bli redusert for hvert år (Håkansson, 2003).

1.1.2 Frøproduksjon og frøbank

Størrelsen på frøproduksjonen hos hønsehirseplanten avhenger blant annet av vekstforhold, daglengde, næringstilgang og intra- og interspesifikk konkurranse. Ved å dyrke hønsehirse under ulike betingelser har man sett en variasjon fra 1 til 17 880 frø per plante (Maun & Barrett, 1986). Størrelsen på frøproduksjon varierer fra 2 000 per plante i Filippinene til 7 000 i USA og 40 000 i Libanon (Holm et al., 1977). Ifølge Korsmos ugrasplansjer har en gjennomsnittlig hønsehirseplante er omkring 400 frø (Korsmo et al., 1981). Undersøkelser i Vestfold indikerer at en frøtopp av normal størrelse har omtrent 400 frø, plantene kan ha mer enn én frøtopp så det totale antallet frø per plante kan bli høyere enn dette (Øverland, 2016).

For at ettårige planter skal opprettholde stabile populasjoner i et område er det nødvendig med en frøbank, en oppsamling av frø i jorda. Frøbanken bygger seg gradvis opp dersom plantene produserer frø med frøhvile (dormans). Dormante frø kan konserveres lenge i jorda, og spire når forholdene ligger til rette for det (Håkansson, 2003). Hønsehirsefrø er som regel dormante rett etter modning (Fykse & Sjursen, 1998; Sjursen, 1993). Frø i frøbanken veksler mellom dormant og ikke-dormant tilstand. Hos mange arter reguleres dette av temperatur. Frøhvilen brytes ofte av lav jordtemperatur om vinteren (Batlla & Benech-Arnold, 2010) og sommerettårige planter vil ofte ha en spiretopp om våren så fort jorden er varm nok til at frøene spirer (Håkansson, 2003). Størrelsen på frøbanken påvirkes av flere ulike faktorer, blant annet størrelsen på artens frøproduksjonen, frøpredasjon, spiring, aldringsprosesser og mikrobielle prosesser (Bagavathiannan & Norsworthy, 2013; Gallandt, 2006).

Forsøk i USA har vist at tap av frø etter frøspredning kan føre til at så lite som 10% av de produserte hønsehirsefrøene er i frøbanken neste vår, mesteparten av frøene ble enten tatt av frøpredatorer eller ødelagt av mikroorganismer. Etter sommeren var det under 2 % igjen av de frøene som gikk inn i frøbanken foregående høst (Bagavathiannan & Norsworthy, 2013).

Hvor raskt frø i frøbanken utgår vil sannsynligvis avhenge av jordart, dyrkningssystem, hvor dypt frøene ligger i jordprofilen og vintertemperaturer (Bagavathiannan & Norsworthy, 2013; Dawson & Bruns, 1975). Selv om det er en relativt liten andel av frøene som overlever lenger enn et år i jorda har forsøk vist at frø som ligger på 10 til 20 cm dyp kan beholde spireevnen i 13 år (Dawson & Bruns, 1975). Det vil si at hønsehirse kan ha en relativt langvarig frøbank hvor frø kan overleve i mer enn 5 år i jorda (Thompson et al., 1997).

Optimalt spiredyp for hønsehirsefrø er 1-5 cm. I forsøk har man sett at frø som ligger dypere enn 12 cm ikke bryter jordflata, men maksimalt spiredyp kan være påvirket av jordart (Dawson & Bruns, 1962). Frø som ligger på eller rett under jordoverflaten gjennom vinteren er mer utsatt for ulike prosesser som reduserer spireevnen enn frø som ligger dypere i jorda (Dawson & Bruns, 1962).

Frø som ikke ligger begravet i jorda er utsatt for frøpredatorer. Forsøk fra USA viser at så mange som 70% av hønsehirsefrøene på jordoverflata ble spist av predatorer (Bagavathiannan & Norsworthy, 2013). Av de frøene som ikke ble spist hadde 90 % blitt blandet inn i jorden på grunn av blant annet jordsprut ved regnvær i løpet av forsøksperioden. Forsøk i Sørøst-Norge har vist at større predatorer som fugler og gnagere tar en større andel av frøene enn mindre frøpredatorer som blant annet biller (Berge & Antzée-Hyllseth, 2019).

1.1.3 Krav til temperatur og daglengde

Ugras spirer ofte med et periodisk mønster, det vil si at det er en periode i løpet av vekstsesongen hvor ugras spirer i større grad enn ellers. Tidspunkt for denne spiretoppen kan delvis forklare hvorfor en art blir et problematisk ugras i en kulturvekst (Ogg & Dawson, 1984). I forsøk har man sett at hønsehirsefrøene som regel ikke spirer før temperaturen i jorda er på omtrent 15 °C (Mehmeti et al., 2010; Ogg & Dawson, 1984). På Østlandet ser man at hønsehirsas ofte begynner å spire mot slutten av mai (Øverland, 2017). Forsøk i USA har vist at spiretoppen ble nådd 4 til 6 uker etter at temperaturen hadde kommet over 15 °C (Ogg & Dawson, 1984).

Siden spiringen er temperaturavhengig, og temperaturkravet er såpass høyt, vil hønsehirse spire over et lenger tidsrom utover våren og sommeren (Ogg & Dawson, 1984; Wærnhus et al., 2014). Frø som ligger dypere i jorda spirer seinere i sesongen, om de ikke har blitt begravet så dypt at de ikke spirer (Dawson & Bruns, 1962). For at hønsehirse skal kunne fullføre livssyklusen kreves det temperaturer mellom 12 °C og 15 °C (Sjursen, 1993). Både norske og svenske hønsehirsepopulasjoner kan blomstre allerede i juli (Andersson, 2016) og ut i august, september (Elven et al., 2005; Korsmo et al., 1981).

Plantenes vekst og utvikling er en faktor som påvirker konkurransen mellom ugras og kulturvekst. Med vekst menes plantenes økning i størrelse, det vil si akkumulering av biomasse, mens utvikling er overgangen fra en utviklingsfase til neste. Temperatur og fotoperiode er to av de viktigste faktorene som påvirker vekst og utvikling (Swanton et al., 2000). Plantetetthet er mindre viktig (Swanton et al., 2000), men planter som vokser i skyggen av, eller i konkurranse med andre planter vil kunne bli mindre enn planter som vokser uten konkurranse (Chauhan, 2013; Shrestha & Swanton, 2007).

Temperatur påvirker vekst og veksthastighet hos hønsehirse. Planter blir høyere, strekker seg raskere og danner nye blader raskere ved økende temperaturer opp til 30°C (Shrestha & Swanton, 2007; Swanton et al., 2000). Plantene produserer også en økende mengde buskingsskudd opp til 24°C. Planter størrelse vil selvsagt ikke bare påvirkes av temperatur, men også av nedbør, lys- og næringstilgang (Swanton et al., 2000).

Daglengde, eller fotoperiode påvirker plantenes utvikling. Som mange andre planter med tropisk opprinnelse er hønsehirse en kortdagsplante og blomstring induseres av kort dag (Berner, 2012). Hønsehirse er en kvantitativ (fakultativ) kortdagsplante, som vil si at plantene kan gå over i reprodutiv fase uten å eksponeres for kort dag, men utviklingen vil ta lenger tid (Swanton et al., 2000). Ved lang dag, det vil si over 16 timer, vil det ta lenger tid før plantene går fra vegetativ til reprodutiv fase og plantene vil produsere mer biomasse. Ved kort dag går plantene over i reprodutiv fase raskere og de produseres mindre biomasse (Swanton et al., 2000). Plantene som går seinere over i reprodutiv fase produserer da større frøtopper med flere frø enn plantene som går tidlig over i reprodutiv fase (Holm et al., 1977; Norris, 1996; Shrestha & Swanton, 2007; Swanton et al., 2000).

I Norge kan dette føre til at planter som spirer tidlig i sesongen blir større enn planter som spirer seint i sesongen, både fordi plantene da vil ha mindre konkurranse fra andre planter og lenger daglengde. I områder med lang vekstsesong har man ikke registrert like store variasjoner i daglengderespons som i områder med kort vekstsesong (Norris, 1996).

1.1.4 Genetisk variasjon

En populasjon er det totale antallet organismer av en bestemt art innenfor et geografisk område, og man regner ofte med at individene i samme populasjon har felles arveanlegg (SNL, 2018). Hønsehirsefrø fra ulike populasjoner eller ulike geografiske områder kan for eksempel ha forskjellig optimumstemperatur for spiring (Mehmeti et al., 2010). Lengden og styrken på frøhvilen kan også variere fra populasjon til populasjon (Barrett & Wilson, 1983; Holm et al., 1977) og de kan produsere ulikt antall buskingsskudd (Swanton et al., 2000). I et forsøk med 17 ulike hønsehirsepopulasjoner fra Østfold og Vestfold var det stor variasjon i spirehastighet, utviklingshastighet, høyde og biomasseproduksjon (Wærnhus et al., 2014). Forsøk med ulike hønsehirsepopulasjoner fra Tyrkia viste at de ulike populasjonene hadde ulik oppspiringshastighet, biomasseproduksjon og bladareal, blant annet (Altop & Mennan, 2011).

Morfologisk variasjon har vist seg å stemme overens med genetisk variasjon (Claerhout et al., 2016). Likevel har man sett stor variasjon i vokseform, fra krypende til oppreist, og i utviklingshastighet og frøproduksjon i frø samlet inn fra samme populasjon (Norris, 1996).

Forskjellene mellom populasjonene kan tyde på ulikt opphav eller tilpasninger til forskjellig klima og arealbruk (Altop & Mennan, 2011; Mehmeti et al., 2010; Wærnhus et al., 2014). Planter med krypende vekst er for eksempel ofte bedre tilpasset vekst i kulturvekster som kuttet ofte, mens mer oppreiste planter er bedre tilpasset vekst i høye kulturer (Norris, 1996). Den store variasjonen innad i populasjonen kan forklare hvorfor hønsehirse er et så alvorlig ugras, stor variasjon både i vekst og utvikling kan øke sannsynligheten for at enkeltplanter unnslipper bekjempelse.

1.1.5 Innføring og spredning

I Norge ble hønsehirseplanter for første gang observert i Fredrikstad i 1878, der frøene skal ha kommet inn med ballastjord. Frem til omtrent 1970 var arten relativt sjelden i Norge, og plantene ble som regel funnet rundt møller, havner og andre typer mottaksplasser (Elven et al., 2018). Det antas at importert såfrø av grønnsaker, som gulrot og løk, var forurenset med hønsehirsefrø, og dermed bidro til spredning av hønsehirse på 60- og 70-tallet (Brodal et al., 2016; Fykse & Sjursen, 1998; Sjursen, 1993).

Den økte spredningen fra 70-tallet og utover førte til økt fokus på hønsehirse (Sjursen, 1993). Artsdatabanken påpeker at den sterke økningen i antall observasjoner de siste årene muligens ikke bare skyldes økt fokus på arten, men at hønsehirsas har endret biologi og tilpasset seg forholdene i Norge. Om man tar utgangspunkt i de frøene som kom med grønnsaksfrø på 60- og 70-tallet har arten vært i Norge i omtrent 50 år, og evolusjonære endringer kan skje i løpet av 50 generasjoner (Elven et al., 2018).

Fordi man har utviklet bedre metoder og prosedyrer for å rense frø er ikke såfrø den største kilden til hønsehirsefrø lenger (Brodal et al., 2016). Det er derimot gjort funn av spiredyktige hønsehirsefrø i importerte fuglefrø til villfugl, som kan bidra til at nye frø kommer inn til Norge (Brodal et al., 2016; Kimen såvarelaboratoriet AS, 2018). Den mest sannsynlige måten hønsehirse spres innad i Norge er ved flytting av jord og via redskap og maskiner (Brodal et al., 2016).

Den store frøproduksjonen til hønsehirsas øker sannsynligheten for at frø havner på plasser hvor planter kan spire i fravær av naturlige fiender og beskyttet fra arbeidsoperasjoner som ville drept spirene. Dette øker sjansen for at den nye planten kan fullføre livssyklusen (Martinez-Ghersa et al., 2000).

1.2 Forebygging og bekjempelse

1.2.1 Forebygging

Det er stort fokus på å forebygge spredning av hønsehirsefrø i landbruket. Hønsehirsefrøene kan sitte på plantene helt til tresking, og spres derfor effektivt med skurtreskere (Heijting et al., 2007). Bønder oppfordres til å rengjøre redskap som skurtreskere, halmpresser og beitepussere godt for å unngå spredning mellom skifter. Arealer med hønsehirse bør treskes til slutt (Sjursen, 1993). Det er også viktig å vurdere risikoen for spredning av hønsehirsefrø ved flytting eller mottak av jord (NLR Viken, 2019c).

For å begrense spredning inn til åkeren blir man oppfordret til å sørge for tett vegetasjon langs åkerkantene som hindrer hønsehirse i å etablere seg, og ellers følge godt med på både åkerkanter og vendeteiger (NLR Viken, 2019c). Hønsehirse vil dukke opp på de samme områdene på jorden hvert år og ofte kan man se at "ugrasflekken" vokser i den retningen man pløyer (Heijting et al., 2007). Det er lurt å holde dette området under oppsyn for å kontrollere at bekjempelsestiltakene man har satt inn fungerer.

Om man først har fått hønsehirse på gården er det også ekstra viktig å gjennomføre tiltak som gjør kulturvekstene konkurransedyktige (NLR Viken, 2019b). Dette kan være tiltak som kalking, gjødsling, drenering og å unngå jordpakking (NLR Viken, 2019c). Hønsehirse som utsettes for sterk konkurranse fra kulturvekstene produserer færre frø (Chauhan, 2013). Valg av kulturvekster er derfor viktig. Om man for eksempel dyrker høstkorn vil dette kunne redusere problemet med hønsehirse, siden plantene som spirer om våren vil møte hard konkurranse fra kornet (Sjursen, 1993). Ved å velge arter som kommer tidlig i gang om våren eller hindre etablering av ugras frem til plantene har nådd en viss størrelse vil avlingsreduksjonen potensielt bli lavere fordi kulturplantene er mer konkurransedyktige når hønsehirsefrøene spirer (Chauhan & Johnson, 2010; Vezina, 1992).

1.2.2 Bekjempelse

Mekanisk bekjempelse som harving eller radrensing kan bekjempe frøugras til en viss grad. I forsøk med blindharving og ugrasharving i korn ble plantetettheten av frøugras redusert med omtrent 60 % (Brandsæter et al., 2012). Forsøk i USA har vist at grunn jordbearbeiding rett før hønsehirsespirene når jordoverflata reduserer antall hønsehirseplanter, mens grunn jordbearbeiding i større planter har liten effekt (Ogg & Dawson, 1984). Spirer eller småplanter har lavere sannsynlighet for å overleve mekanisk forstyrrelse enn ferdig utviklede planter (Brandsæter et al., 2006; Chicouene, 2007). I kulturer hvor man har åpen jord på vendeteigene, for eksempel potet, kan disse områdene harves gjentatte ganger for å hindre etablering av hønsehirse (NLR Viken, 2019c). I radkulturer kan radrensing være effektivt (Sjursen, 2013). Disse mekaniske tiltakene har best effekt i tørt vær når jorda er tørr (Brandsæter et al., 2006; Chicouene, 2007). Dersom det kommer nedbør eller det vannes før røttene har tørket ut kan de finne veien ned i jorda igjen (Chicouene, 2007). Mekanisk bekjempelse er som regel ikke like effektive som kjemisk bekjempelse, og ofte må man kombinere mekanisk bekjempelse med andre tiltak (Brandsæter et al., 2006).

Ved små forekomster av hønsehirse anbefales det å luke, anbefalt tidspunkt er i slutten av juli eller begynnelsen av august (NLR Viken, 2019c). Det er viktig at lukingen blir foretatt før frødryss for best mulig effekt. Dersom man luker blir man oppfordret til å fjerne plantene fra åkeren, grunnen til dette er at man har observert at plantene lett roter seg dersom de blir liggende igjen på jorda (NLR Viken, 2019c).

Om man ønsker å pusse arealer med hønsehirse for å holde plantene nede anbefales det å gjøre dette før frøtoppene har kommet frem, og å ikke pusse lavere enn 8-10 cm (NLR Viken, 2019c). Ulikt mange andre grasarter vokser det ut nye frøtopper fra bladhjørnene hos hønsehirse (Øverland, 2016), da må man ha mulighet til å pusse lavere neste gang for å kutte av de nye frøtoppene (NLR Viken, 2019c). Pussing kan regnes som et mekanisk planteverniltak, hyppig pussing av beiter holder blant annet ugras nede og stimulerer beiteplantene til økt gjenvekst (Ugelvik, 2017).

Det er flere fordeler ved å benytte pussing som mekanisk ugrasbekjempelse, man forstyrrer ikke jorda, beholder et plantedekke og bruker mindre herbicider (Butler et al., 2013). Ved å kutte av deler av plantevevet blir planten tvunget til å bruke oppsparte ressurser til å produsere nytt vev, dette kan utarme plantene (Chicouene, 2007).

Grasarter har vekstpunkter nede ved basis av skuddet, noe som gjør at gras tåler kutting bedre enn andre arter (Berner, 2018).

Evnen til gjenvekst varierer mellom grasartene (Meiss et al., 2008). Veksten etter kutting kalles kompensasjonsvekst, grasarter vil normalt respondere på kutting med å produsere flere buskingsskudd (Andreasen et al., 2002). Noen ganger vil kutta planter produsere mer vev totalt enn det de ville gjort om det ikke ble kutta, dette kalles overkompensasjon.

Gjenveksten vil variere med utviklingsstadium, opplagrede ressurser, hyppighet av kutting og andre faktorer som tilgang på lys og næringsstoffer (Andreasen et al., 2002; Chicouene, 2007; Meiss et al., 2008). Mengden fotosyntetisk aktivt vev som blir igjen, det vil si stubbhøyde, påvirker også evnen til gjenvekst. Økt stubbhøyde fører som regel til økt gjenvekst (Andreasen et al., 2002; Meiss et al., 2008). I forsøk med hønsehirse klarte ikke planter som ble kuttet ukentlig med 5 cm stubbhøyde å produsere frøtopper, men med stubbhøyde på 10 cm ble det produsert frøtopper (Butler et al., 2013).

Forsøk med hønsehirse og andre grasarter har vist at kutting én gang i løpet av sesongen som regel ikke er nok til å redusere total biomasse eller frøproduksjonen (Butler et al., 2013). I en studie med *Taeniatherum caput-medusae* (engelsk: medusahead), så man at pussing en gang i løpet av sesongen økte produksjonen av frø (Gornish & James, 2016). Felles for disse studiene var at plantene ble kuttet i et tidlig stadium av utviklingen. Noen arter, som for eksempel tunrapp (*Poa annua*), produserer like mye biomasse uansett hyppighet i pussingen (Barthram et al., 1999).

Om ettårig gras kuttet etter at plantene har gått over fra vegetativ til reprodutiv fase vil plantene ha begrenset evne til å kompensere for tapt vev, dette skyldes sannsynligvis at planten har allokert mesteparten av energien fra røttene til skuddene (Brownsey et al., 2017; Butler et al., 2013; Meiss et al., 2008). Én pussing av arten *T. caput-medusae* reduserte frøproduksjonen dersom den ble utført fra blomstring til melkestadiet, men effekten avhang også av stubbhøyden. Ved lavere stubbhøyde ble frøproduksjonen lavere (Brownsey et al., 2017). I forsøk med hestehavre (*Arrhenathum elatius*) har pussing ved blomstring hatt best effekt, og to pussinger på 15 cm var bedre enn én gang på 50 cm (Wilson & Clark, 2001).

Det kan være vanskelig å gjennomføre pussing ved et bestemt utviklingsstadium, små forsinkelser i gjennomføringen kan føre til at plantene rekker å produsere modne frø (Butler et al., 2013). Planter i en åker vil sannsynligvis heller ikke ha kommet like langt i fenologisk utvikling når behandlingen utføres, så det er mulig at en del planter vil ha frø som er modne selv om de fleste plantene blomstrer.

Hønsehirse kan bekjempes kjemisk med ulike plantevernmidler, hvilke midler man har tilgjengelig avhenger av kulturveksten (NLR Viken, 2019c). Mange av midlene kan kun benyttes frem til kulturplantene har nådd en viss størrelse, så det er viktig å følge med slik at man kan bekjempe hønsehirsas til rett tidspunkt. Hønsehirse er en art som lett utvikler herbicidresistens og resistente populasjoner er funnet i andre land, men ikke i Norge (Heap, u.å.; Wærnhus et al., 2014). Dersom man oppdager hønsehirsas tidlig nok har man kjemiske midler med god effekt som ikke skader kulturplantene eller reduserer avlingen tilgjengelig, om man oppdager en forekomst av hønsehirse seint er det mulig å sprøyte med for eksempel glyfosat for å hindre frøproduksjon.

Glyfosat tas opp gjennom blader og andre grønne plantedeler. Middelet virker systemisk ved at det transporteres fra bladene videre ut i planta og hindrer syntese av viktige aminosyrer. Middelet er ikke selektivt, og vil derfor ha effekt på de fleste plantearter (Fykse, 2016). I Norge er det tillatt å sprøyte med glyfosat i moden byggåker for å bekjempe kveke, når kornet er modent vil ikke sprøytemiddelet påvirke avlinga. Vanligvis anbefaler man kun sprøyting i moden åker dersom sprøyting etter høsting vil gi for dårlig effekt (Mattilsynet, 2017). Siden hønsehirsas antakeligvis sprer frø i juli og august (Sjursen, 1993) bør sprøytingen skje så tidlig som mulig for å effektivt bekjempe hønsehirse.

I forsøk med sprøyting i moden byggåker i Norge har man sett 7 % til 20 % spiredyktige frø etter sprøyting (Evju, 2014; Sjursen, 1993). I en studie hvor ulike ugrasarter ble sprøyta med glyfosat ved begynnende frøutvikling så man stor variasjon i reduksjonen i spireevnen til de innhøsta frøa (Clay & Griffin, 2000). Forsøk med tunrapp har vist at glyfosatsprøyting ved blomstring gir over 90 % reduksjon i antall spiredyktige frø, men dersom sprøytingen utsettes 10 dager blir reduksjonen kun 70 % (Semb & Skuterud, 1996). I et annet forsøk med hønsehirse så man at sprøyting med glyfosat etter blomstring reduserte frøproduksjonen med 60 % til 88 % avhengig av utviklingsstadium ved sprøyting (Walker & Oliver, 2008).

Det er vanlig å sprøyte mot hønsehirse med glyfosat i glyfosatresistent mais og bomull (Bagavathiannan et al., 2013; Sikkema et al., 2005), men da sprøytes det mens hønsehirseplantene er små. Det er kun rapportert inn ett tilfelle av glyfosatresistent hønsehirse, da det i 2019 ble oppdaget resistent hønsehirse i maisproduksjon i Argentina (Heap, u.å.).

Hønsehirse og andre ugrasplanter har en tendens til å bli mer tolerante for glyfosatsprøyting med økende størrelse og alder, dette kan skyldes redusert absorpsjon og translokasjon av sprøytemiddelet (Ahmadi et al., 1980). I et forsøk hvor planter av ulike størrelser ble sprøytet så man at biomassen ble redusert hos alle plantene, men reduksjonen i tørrvekt var ikke like stor i de store plantene som i de små plantene (Ahmadi et al., 1980).

Selv om frø beholder spireevnen etter sein sprøyting med glyfosat kan sprøytinga påvirke spirenes livskraft. Hvetekorn behandlet med glyfosat fikk ikke redusert spireprosent i forhold til usprøyta, men spire- og kimrotlengden ble redusert (Hassan, 1988). I forsøk med glyfosatsprøyting i modne erter så man at de sprøyta ertene spirte seinere enn usprøyta, og spirene var mindre (Baig et al., 2003). Frø av ettårig raigras sprøytet etter blomstring fikk mindre frø og kimrot og koleoptile vokste saktere (Steadman et al., 2006), så selv om frøene var spiredyktige ville de sannsynligvis ikke vært like konkurransedyktige som usprøyta frø. Sprøyting av ettårig raigras etter blomstring påvirket også frøhvilen til de produserte frøene, de sprøyta plantene hadde færre dormante frø (Steadman et al., 2006).

1.3 Problemstilling og forsøksspørsmål

Høsehirse unngår de tradisjonelle ugrasbehandlingen om våren, siden plantene spirer seint og over en lengre periode. Når høsehirseplantene spirer en tid etter kulturvekstene, spesielt korn, er det vanskelig å se siden den ikke nødvendigvis blir høyere enn kulturplantene. I korn ser man ofte ikke høsehirsas før kornet gulner eller etter tresking. Man får da ofte ikke startet bekjempelsen på et tidlig tidspunkt i høsehirseplantenes utvikling, og derfor er det viktig å finne effektive bekjempelsesmetoder for å hindre høsehirsas i å produsere spiredyktige frø når tiltakene må utføres seint i plantenes utvikling. I dette forsøket blir derfor effekten av ulike bekjempelsestiltak seint i plantenes fysiologiske utvikling undersøkt.

Målet med dette forsøket er å svare på følgende problemstillinger knyttet til tiltakene pussing, luking og sprøyting utført ved blomstring og 7 til 10 dager seinere.

- i. Hjelper det å pusse arealet med høsehirse?
- ii. Må man fjerne planter man har luka fra åkeren, eller kan man la dem ligge igjen?
- iii. Har sprøyting med glyfosat seint i plantenes utvikling noen effekt?
- iv. Hvordan påvirker behandlingstidspunkt effekten av behandling?
- v. Hvordan påvirker spiretidspunkt effekten av behandling?
- vi. Vil effekten av behandlingene variere for de ulike populasjonene av høsehirse i forsøket?

2 Materialer og metoder

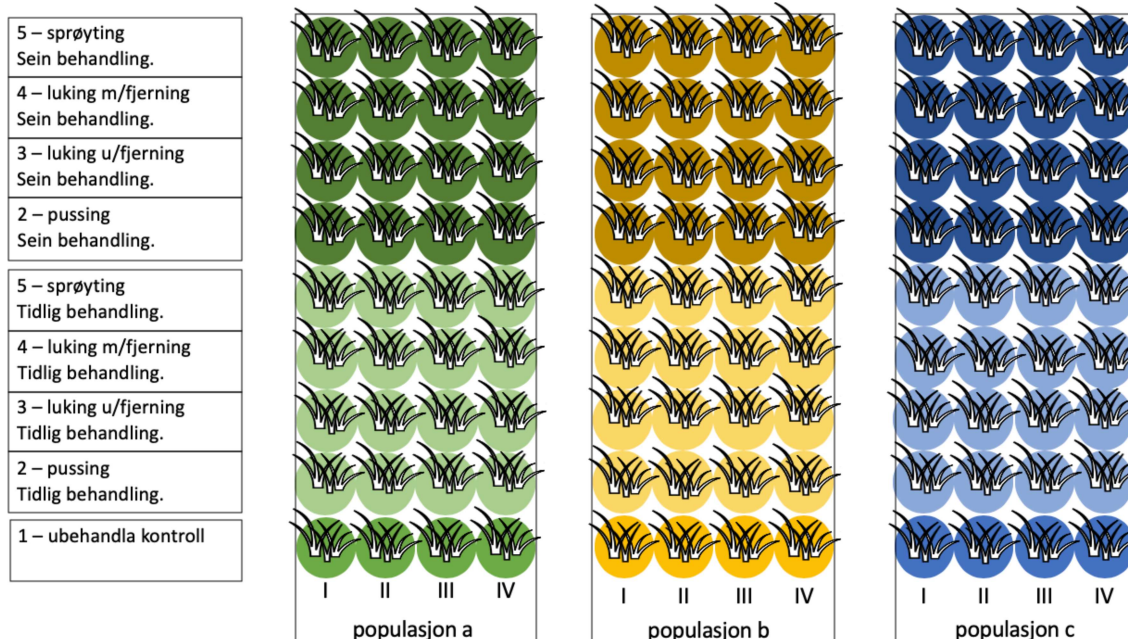
Forsøket ble gjennomført i Ås (59°40'N, 10°46'Ø) ved NIBIO, Divisjon for bioteknologi og plantehelse, vekstsesongen 2018.

2.1 Forsøksdesign

I forsøket var det 5 ulike behandlinger. Behandling 1 var en ubehandla kontroll, de andre behandlingene simulerte fire ulike mulige bekjempelsestiltak mot hønsehirse - pussing, lusing (med og uten fjerning) og sprøyting. De fire ulike bekjempelsestiltakene ble dessuten også kombinert med to ulike behandlingstidspunkter (Figur 2.1).

En potte med tre planter ble regnet som en forsøksenhet, totalt var det 108 pottes per såtid. For hver kombinasjon av alle faktorer var det fire gjentak. Det ble utført spireanalyser på frøprøver fra hver potte. I behandlingen pussing ble prøver fra både første og andre pussing undersøkt for spiring for å se om frøene rakk å modne mellom pussingene. I behandling 2 (pussing) og 3 (lusing uten fjerning) ble overjordisk plantemateriale lagt igjen ute på bakken i 14 dager for å undersøke effekt på spireevne dersom plantene blir liggende ute på jorden.

Behandling ved tidlig behandlingstidspunkt skulle skje ved full blomstring (BBCH 65). Man har observert at blomstring hos hønsehirse ofte sammenfaller med skyting. Siden skyting er enklere å se enn blomstring ble det planlagt at behandling ved tidlig behandlingstidspunkt skulle utføres når minst 50 % av plantene var ved BBCH-stadium 55, hvor halve akset er ute av bladslira (Hansen et al., 1995). Seint behandlingstidspunkt ble utført 7 til 10 dager etter tidlig behandlingstidspunkt. I forsøket ble det brukt frø fra 3 ulike populasjoner fra området rundt Oslofjorden. To forskjellige såtider ble benyttet, i midten av mai og i slutten av juni, for å simulere ulike oppspiringstidspunkt.



Figur 2.1 - Feltekart. Pottene ble rotert i løpet av forsøket innenfor hvert gjentak (I-IV) for å unngå kanteffekter. Planter som ble behandlet samtidig sto samlet (tidlig og seint behandlingstidspunkt). Pottene sto tett i starten, men ble flyttet lenger fra hverandre etterhvert som plantene ble større.

2.2 Etablering og stell av forsøket

2.2.1 Innsamling av frø

Hønsheirsefrø ble samlet inn august 2017 fra tre ulike lokaliteter (Figur 2.2).

Den første populasjonen (a) er fra Lunde (59°18'N, 9°7'Ø) i Vestfold og Telemark fylke. Jordtypen i området er siltig sand og vekstsesongen 2017 ble det dyrket hvete på jordet. I 2016 ble det dyrket raps.

Den andre populasjonen (b) er fra Larvik (59°01'N, 10°02'Ø) i Vestfold og Telemark fylke. Jordtypen i området er mellom- og grovsand. I 2017 ble det dyrket potet og i 2016 vårhvete på det aktuelle skiftet. Den siste populasjonen (c) ble hentet fra Øsaker (59°19'N, 11°2'Ø) i Viken fylke.

Jordarten i området er siltig lettleire og i 2017 ble det dyrket vårhvete på skiftet.



Figur 2.2 - Oslofjordområdet med markering av funnsted for de tre populasjonene. Modifisert fra Kartverket (2020).

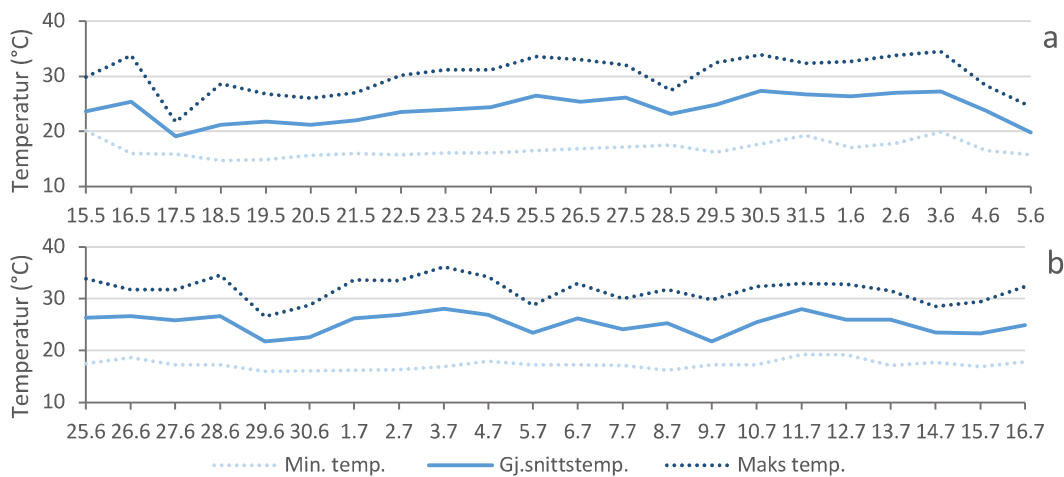
2.2.2 Såing og prikling

Frøene ble sådd 15. mai og 25. juni i veksthus. Frøene ble sådd i Brett med hull (30 * 60cm) i P-jord (80 vol% sphagnumtorv, 10 vol% kompostert bark, 10 vol% sand, 6,0 kg kalksteinsmel og 2,0 kg fullgjødning pr m³) fra Tjerbo torvfabrikk AS (Rakkestad, Norge). Frøene ble dekket med omtrent 0,5 cm jord. Brettene ble plassert i veksthus og vannet etter behov.

To uker etter såing ble plantene priklet over i 5 liters pottes (øvre diameter 23 cm), pottene ble fylt med P-jord. I hver potte ble det priklet 3 planter fra samme populasjon. Pottene sto en uke i veksthus etter prikling og ble vannet ved behov.

2.2.3 Temperatur i veksthuset

Rommene i veksthuset var innstilt på 20 °C dag (14 timer) og 15 °C natt (10 timer). Den målte temperaturen i veksthuscellen viser at gjennomsnittstemperatur for plantene sådd i mai var 24 °C, og 25 °C for plantene sådd i juni. Temperaturutvikling i veksthuset er vist i Figur 2.3.



Figur 2.3 - Målt temperatur i veksthus fra sådato til utplantning for planter sådd i mai (a) og juni (b).

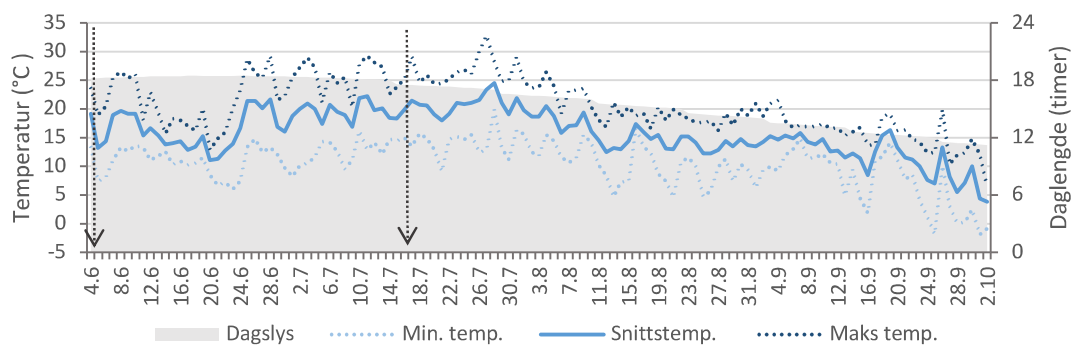
2.2.4 Forhold utenfor veksthuset

En uke etter prikling, henholdsvis 4. juni og 16. juli, ble pottene flyttet ut av veksthuset. Pottene ble plassert på en svart duk og flyttet/rotert i løpet av forsøksperioden. Alle pottene med planter sto ute til 2. oktober.

Plantene ble vannet og gjødslet med gjødselvann ved behov. Gjødselvannet besto av *CALSINITTM 15,5-0-0* og *KRISTALONTM Indigo 9-5-25 Mg+S+Mikro* fra YARA i blandingsforholdet 1:1 med ledetall 2 mS/cm. Det ble gitt mellom 6-8 dl gjødselvann per potte omtrent 2 ganger per uke.

I vekstsesongen 2018 var det høyere gjennomsnittstemperatur enn normalt (gjennomsnitt 1960-90) i Ås. I juni var det i snitt 17 °C, omtrent 2 °C varmere enn normalt. I juli var gjennomsnittstemperaturen 20 °C, omtrent 4 °C høyere enn normalt. I august var gjennomsnittstemperaturen 15 °C, som er omtrent normal. I september var gjennomsnittstemperaturen 12 °C igjen var omtrent 1,5 °C varmere enn normalt (Wolff et al., 2019). I tillegg til høyere gjennomsnittstemperaturer var det også mindre nedbør enn normalt i juli og august.

I juni og juli er daglengden på omtrent 18 timer i Ås, i starten av oktober er daglengden redusert til omtrent 11 timer (Time and Date AS, u.å.). Temperaturutvikling og daglengde gjennom forsøksperioden er vist i Figur 2.4. Fra midten av august var den daglige gjennomsnittstemperaturen ofte under 15 °C, som ofte regnes som minimumstemperaturen for at hønsehirse skal kunne fullføre livssyklusen (Sjursen, 1993). Fra 20. september var den daglige gjennomsnittstemperaturen aldri over 15 °C.

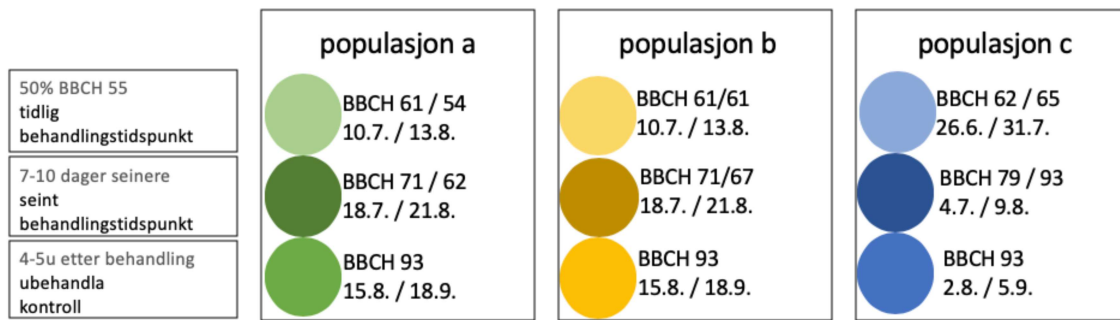


Figur 2.4 - Daglengde og temperatur i Ås fra 4.6.2018 til siste gjenvekstregistrering i 2. oktober 2018. Tidspunkt for utflytting er markert med piler. Temperaturen er målt 2 m over bakken og hentet fra landbruksmeteorologisk tjeneste (Landbruksmeteorologisk tjeneste (LMT), u.å.). Antall timer med daglengde hentet fra Time and date AS (Time and Date AS, u.å.).

2.3 Behandling og registrering

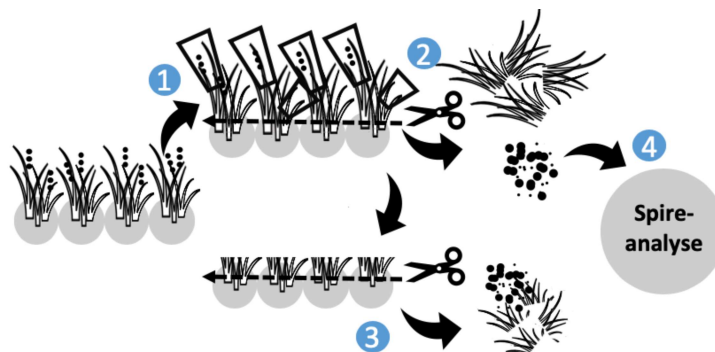
Behandling 2-5 ble utført til to ulike tidspunkt i plantenes utvikling. Populasjonene utviklet seg i ulik hastighet, og derfor ble ikke alle plantene behandlet samtidig. Populasjon c utviklet seg raskere enn populasjon a og b og ble derfor behandlet tidligere (se Figur 2.5). Tidspunkt for utførelse av alle arbeidsoperasjoner er vedlagt (Vedlegg 1).

Dagen før eller sammen dag som behandlingen ble utført ble plantenes utvikling registrert, utviklingsstadium ved behandling ble vurdert etter BBCH skalaen for gras (Hansen et al., 1995). Plantenes størrelse ble beskrevet med antall buskingsskudd fra basis og utstrakt plantelengde og antall synlige frøtopper ble registrert. Etter utført behandling ble tørrvekt av overjordisk plantemateriale og frø registrert. Frø ble tørket som beskrevet i kapittel 2.3.5, mens annet plantemateriale ble tørket ved 60 °C i minst to døgn og så veid. For behandling 4 skjedde dette øyeblikkelig etter behandling, for behandling 2 og 3 etter 14 dager og for behandling 1 og 5 etter 4 til 5 uker.



Figur 2.5 - BBCH-verdier (median), og dato for behandling ved tidlig eller seint tidspunkt for planter i behandling 2-5 og BBCH-verdier (median) og dato for innhøsting av ubehandla kontroll (behandling 1).

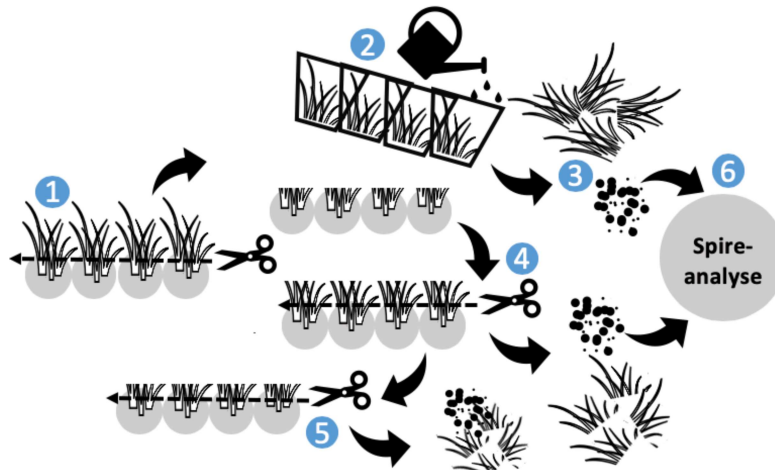
Plantene i behandling 1 - ubehandla kontroll (Figur 2.6) ble høstet 4 til 5 uker etter behandling av plantene i behandling 2 til 5. Før frødryss ble frøtoppene dekket med finmaska nettingposer (maskevidde 1-1,5 mm) for å samle opp eventuelle frø. Plantene ble klippet 5 cm over jordoverflata, deretter ble frø og øvrig plantemateriale ble skilt fra hverandre og tørket hver for seg.



Figur 2.6 - Skisse av elementer i behandling 1. (1) Poser blir satt på for å hindre tap av frø. (2) Overjordisk plantemateriale høstes. (3) Gjenveksten høstes. (4) Frø som ble høstet ved (2) sendes til spireanalyse.

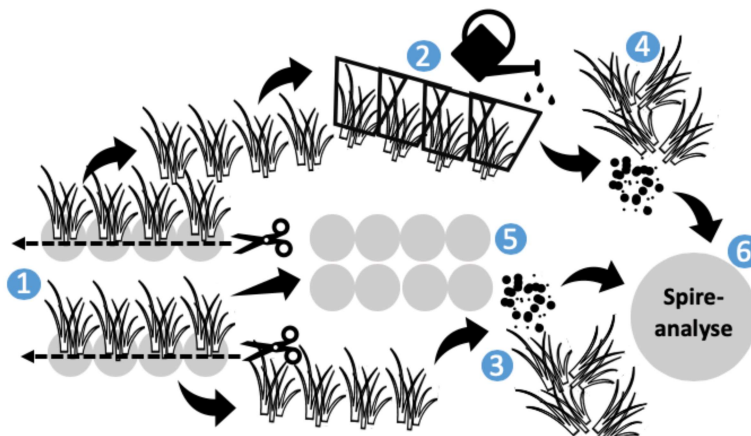
I behandling 2 (Figur 2.7) ble plantene klippet av 5 cm over jordoverflata, dette er lavere enn det som blir anbefalt for pussing av hønsehirse (NLR Viken, 2019c). Andre forsøk har vist at lavere stubbhøyde gir mindre gjenvekst etter pussing (Butler et al., 2013; Wilson & Clark, 2001), og 5 cm ble derfor valgt for redusere plantenes gjenvekst mest mulig.

De avklipte plantene med frø ble lagt i finmaska nettingposer. Nettingposene ble plassert ute på bakken på en vevd svart duk i 14 dager og ble vannet noe for å simulere nedbør. Etter 14 dager ble nettingposene tatt inn og frøene og øvrig plantemateriale ble tørket hver for seg. Gjenveksten i pottene ble klippet etter 4 til 5 uker. Frø og plantemateriale fra gjenveksten ble tatt direkte inn og tørket hver for seg.



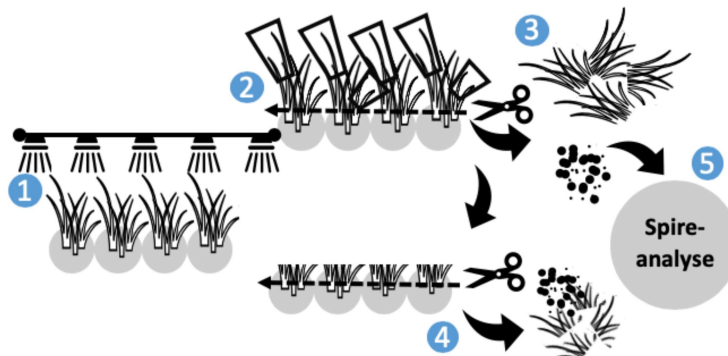
Figur 2.7 - Skisse av elementer i behandling 2. (1) Plantene kuttet. (2) Avkutta plantemateriale i poser på bakken i 14 dager. (3) Frø og annet tørkes hver for seg. (4) Plantene klippes igjen etter 4-5 uker, frø og annet tørkes hver for seg. (5) Plantene klippes igjen 2. oktober, alt tørkes sammen. (6) Frø fra 1. og 2. pussing sendes til spireanalyse.

I behandling 3 og 4 (Figur 2.8) ble plantene kuttet 2 cm under jordoverflata slik at omtrent 1 cm av rota fulgte med for å simulere lusing. Plantene fra behandling 3 ble lagt i nettingposer ute på bakken i 14 dager, posene ble vannet et par ganger i løpet av perioden for å simulere nedbør. Frøene ble rensset av plantene og frø og plantemateriale ble tørket hver for seg. Planter fra behandling 4 ble tatt direkte inn til tørking i romtemperatur i 14 dager. Etter 14 dager ble frø og annet plantemateriale skilt og tørket videre hver for seg. 4 til 5 uker etter behandling ble gjenveksten i pottene vurdert, og siden det ikke var gjenvekst ble det ikke høstet inn noe.



Figur 2.8 - Skisse av elementene i behandling 3 og 4. (1) Plantene lukes. (2) Plantemateriale i behandling 3 plasseres i poser på bakken. (3) Frø og annet tørkes hver for seg rett etter lusing i behandling 4. (4) Frø og annet tas inn etter 14 dager og tørkes i behandling 3. (5) Gjenveksten i pottene vurderes. (6) Frø fra begge behandlingene sendes til spireanalyse.

I behandling 5 (Figur 2.9) ble plantene sprøytet med glyfosatpreparatet Glypper® (360 g aktivt stoff per liter) produsert av ADAMA Agan Ltd (Ashdod, Israel). Det ble sprøytet 200 ml Glypper per daa som tilsvarer 72 g glyfosat (anbefalt dose i moden byggåker er 72-108 g glyfosat per daa (Tørresen et al., 2018)). Sprøytinga ble utført med NOR-sprøyta (trykkluftdrevet ryggssprøyte) produsert av Olav Langmyr (Kristiansand, Norge) påmontert flatdyser av typen XR TeeJet 11002 (TeeJet Technologies). Sprøytetrykket på dysene var mellom 1,5-2 bar og væskemengden var 25 l pr daa. Etter sprøyting, men før frødryss ble frøtoppene på plantene pakket inn i finmaska nettingposer. Fire til fem uker etter sprøyting ble frø og overjordisk plantemateriale tatt inn og tørket hver for seg. Prøvene besto da av dødt plantemateriale og eventuell gjenvekst etter sprøyting.



Figur 2.9 - Skisse av elementene i behandling 5. (1) Plantene sprøytes. (2) Frøtoppene dekkes med poser. (3) Frø og annet tas inn og tørkes etter 4-5 uker. (4) Gjenveksten kuttet og tørkes 2. oktober. (5) Frø sendes til spireanalyse.

Vekst etter behandling ble registrert 4 til 5 uker etter behandling. Utviklingsstadium ble på nytt vurdert etter BBCH skalaen. Plantenes størrelse ble beskrevet med antall buskingsskudd fra basis, og antall frøtopper med eller uten frødryss ble registrert. Der det var gjenvekst i pottene ble plantene klippet 5 cm over jordoverflata og frø og øvrig plantemateriale ble skilt fra hverandre og tørket som tidligere beskrevet.

2. oktober, 140 dager etter sådato for planter sådd i mai og 99 dager etter sådato for planter sådd i juni ble gjenveksten i pottene vurdert på nytt. Det ble registrert frødryss, og der det var gjenvekst i pottene ble denne registrert ved å kutte av ved jordoverflata og overjordiske plantedeler (inkludert frø) ble tørket ved 60 °C i to døgn og så veid.

2.3.1 Frø

Etter høsting ble frøene tørka på frøtoppene i finmaska nettingposer i romtemperatur i 14 dager. Etter tørking ble frøene lagret på kjølelager (3-5 °C) i nettingposer. Alle frø lå kjølig minst 14 dager, men noen lå kjølig lenger enn dette. Før spireanalyse lå alle frø i romtemperatur en periode, lengde på denne perioden varierte noe mellom de ulike frøprøvene.

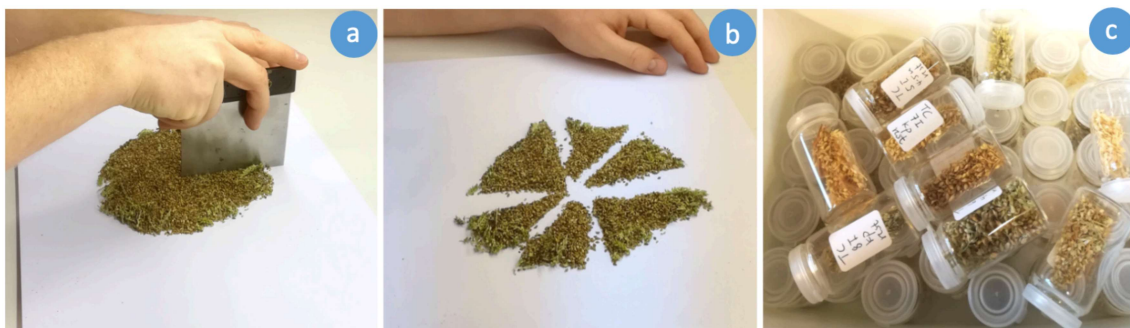
Frøene ble rensset av frøstilkene og frøstilk og frø ble veid hver for seg. Det ble tatt ut prøver på 100 frø pr potte til spireanalysen. For at utvalget av 100 frø skulle bli tilfeldig ble prøvene fraksjonert. Dette ble gjort ved at frøprøven ble strødd ut over et A3 ark i en stor sirkel, prøven ble så delt i 8 like store "kakestykker" med en spatel (Figur 2.10a+b). 2 motstående stykker ble valgt, de 6 andre stykkene ble fjernet. Fraksjoneringen gjentatt helt til de to valgte "kakestykkene" inneholdt omtrent 100 frø til sammen. Fra den fraksjonerte prøven ble det talt opp 100 tilfeldige frø til spireprøven, tomme agner og rester av frøstilker ble sortert ut og veid. Spireprøven på 100 frø ble så lagret i dramsglass ved romtemperatur frem til spiretester kunne utføres (Figur 2.10c).

Vekt av prøven på 100 frø og tilhørende avrens ble brukt til å beregne antall frø per potte.

$$\frac{\text{Vekt av grovrensa frøprøve (g)}}{\text{Vekt av 100 telte frø (g) + vekt av avrens (g)}} * 100 = \text{antall frø per potte}$$

Antall frø per potte ble brukt til å beregne antall frø per frøtopp.

$$\frac{\text{Antall frø per potte}}{\text{Antall synlige frøtopper per potte}} = \text{Antall frø per frøtopp}$$



Figur 2.10 - Fraksjonering av frø (a+b). Ferdig telte frø på dramsglass (c). Fotograf: K. Tørresen.

2.3.2 Spireanalyse

Spireanalysen ble utført av Kimen Såvarelaboratoriet AS (Ås, Norge). Frøene ble fordelt på to runde filterpapir med en spireveke som trakk vann fra et Jakobsen-spirebord. Frøene ble plassert slik at det ble størst mulig avstand mellom frøene for å hindre smitte av sykdom. Temperaturen vekslet mellom 30 °C dag (8 timer) og 20 °C natt (16 timer), etter spiremetoden for hønsehirse beskrevet av ISTA (International Seed Testing Association).

Etter 10 dager ble antall spirte frø talt opp og frø som hadde produsert normale friske spirer ble klassifisert som "friske spirte". Spirer og frø med store feil eller kraftige sykdomsangrep ble klassifisert som "abnorme". For å kunne avgjøre om frø var døde eller friske uspirte ble frø som ikke hadde spirt etter 10 dager skåret i to på tvers med en skalpell, og lagt i tetrazoliumvæske (2.3.5.-triphenyl-tetrazoliumklorid).

I levende celler reduseres 2.3.5.-triphenyl-tetrazoliumklorid til 2.3.5.-triphenyl-formazan. Tetrazoliumklorid er fargeløs, mens formazan har en rødlig farge. Når vevet tar opp tetrazoliumvæsken vil enzymaktiviteten i det levende vevet endre fargen på væsken og vevet vil bli farget rødt (Røeggen, 1974). Frøene ble undersøkt med en stereolupe for å konstatere fargeendring. Dersom vevet hadde blitt farget rødt ble frøene klassifisert som "friske uspirte". Frø uten rød farge ble klassifisert som "døde".

Temperatur kan påvirke frøhvilen (Sjursen, 1993), og siden alle frøprøver ikke ble utsatt for samme temperaturregime ble antall spirte frø og antall friske uspirte frø lagt sammen.

For å estimere totalt antall spiredyktige frø ble andel spirte og friske uspirte frø lagt sammen, dette ble da frøprøvens totale mengde spiredyktige frø. Dette tallet ble brukt til å beregne total mengde spiredyktige frø per potte.

$$\frac{\text{Andel spiredyktige frø} * \text{antall frø pr potte}}{100} = \text{antall spiredyktige frø pr potte}$$

2.4 Statistisk metode

Til alle statistiske tester ble programmet Minitab® Statistical Software versjon 19, produsert av Minitab LLC brukt. Det ble utført en variansanalyse (ANOVA) hvor det ble benyttet en generell lineær modell (GLM) hvor såtid, populasjon, behandlingstidspunkt og behandling ble brukt som forklaringsvariabler og lagt inn som faste faktorer. Samspill opp til 4. grad ble inkludert i modellen. Summen av antall frø, antall spiredyktige frø, og overjordisk biomasse per potte ble lagt inn som responsvariabler.

Det antas at de observerte verdiene fra hver potte med samme kombinasjon av såtid, behandling, populasjon og behandlingstidspunkt er uavhengige av hverandre, slik at disse fire pottene kan betraktes som gjentak. Om observasjonene derimot likevel er avhengige av hverandre risikerer man at analysen gir lavere p-verdier enn det egentlig er grunnlag for, og man risikerer da begå en forkastningsfeil (type-I-feil) dvs. en feilaktig avvisning av nullhypotesen.

Statistisk signifikansnivå er satt til $p < 0,05$, ved signifikant utslag i variansanalysen ble Tukeys-test benyttet for å undersøke signifikante forskjeller mellom gjennomsnittsverdiene for antall frø, spiredyktige frø og biomasse. Kontrollbehandlingen ble utelatt fra de statistiske analysene av de behandlede plantene og analysert for seg selv med samme modell, dette ble gjort siden observasjoner fra kontrollbehandlingen skilte seg markant fra de øvrige behandlingene.

Det ble foretatt en logaritmisk transformasjon på observasjoner for antall spiredyktige frø fra planter i behandling 2 til 5 ved å bruke $\ln(y+1)$ for å tilfredsstille modellens krav om normalfordeling av data og konstant varians. I grafer og tabeller er uttransformerte data (originaldata) presentert, i Tukeys-test er transformerte data benyttet.

3 Resultater

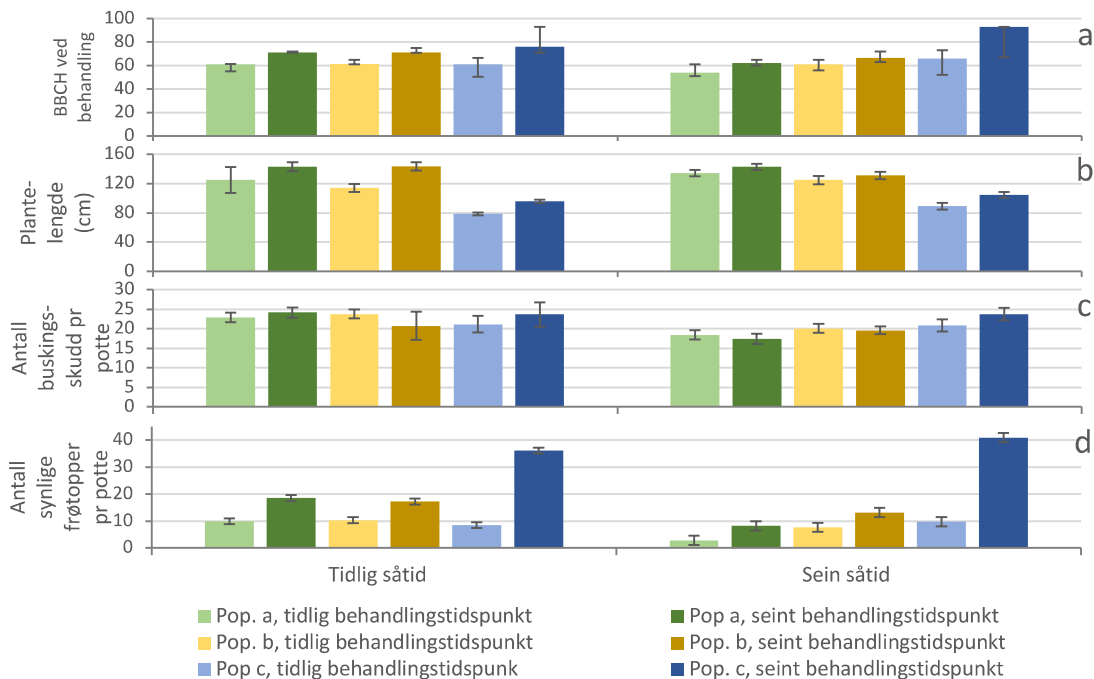
3.1 Registreringer før behandling

Registreringer gjort rett før tidlig og seint behandlingstidspunkt viste at det var liten variasjon i plantenes fenologiske utviklingsstadium mellom populasjonene ved det tidlige behandlingstidspunktet, men større variasjon ved det seine. Populasjon c utviklet seg raskere enn populasjon a og b i tidsrommet mellom tidlig og seint behandlingstidspunkt, spesielt ved sein såtid (Figur 3.1a).

Det var liten variasjon i plantelengde mellom de to såtidene. Ved tidlig såtid hadde populasjon a og b kraftigere strekningsvekst mellom de to behandlingstidspunktene enn ved sein såtid (Figur 3.1b), for populasjon c var veksten omtrent lik for begge såtidene. Plantene med sein såtid produserte generelt færre buskingskudd enn plantene med tidlig såtid, med unntak av plantene i populasjon c. Det var liten variasjon i antall buskingskudd fra basis mellom de ulike populasjonene (Figur 3.1c).

Antall synlige frøtopper varierte mye mellom de forskjellige populasjonene og behandlingstidspunktene. Populasjon c hadde ved seint behandlingstidspunkt et betydelig større antall synlige frøtopper enn populasjon a og b. Antall frøtopper ved behandlingsstart varierte mellom såtidene og var oftest høyest hos plantene med tidlig såtid (Figur 3.1d).

Populasjon a og b nådde tidlig behandlingstidspunkt etter omtrent 1005/1030 døgngrader, eller 50/45 dager, mens populasjon c nådde tidlig behandlingstidspunkt etter 850/864 døgngrader, eller 42/36 dager for henholdsvis tidlig/sein såtid (Vedlegg 2).



Figur 3.1 - Registreringer gjort rett før behandling ved tidlig eller seint behandlingstidspunkt. Plantenes utviklingsstadium etter BBCH-skalaen er vist som median, feilfelt indikerer min. og maks BBCH-verdier (a), plantelengde (b) antall buskingskudd fra basis (c) og antall synlige frøtopper (d) i gjennomsnitt per potte, feilfelt indikerer 95% konfidensintervall for gjennomsnittet.

3.2 Kontrollplanter; effekt av såtid og populasjon

Faktorene såtid og populasjon hadde signifikant effekt på antall produserte frø totalt og overjordisk biomasse, mens kun såtid hadde effekt på antall spiredyktige frø (Tabell 3.1).

Tabell 3.1 - ANOVA-tabell for antall produserte frø, antall spiredyktige frø og biomasse for kontrollbehandlingen. Antall frø produsert; $R^2=59\%$, antall spiredyktige frø; $R^2=85\%$, biomasse; $R^2=86\%$. Signifikante p -verdier er markert med **feit skrift**.

| Kilde | DF | Antall frø | | Spiredyktige frø | | Overjordisk biomasse | |
|------------------|----|------------|--------------|------------------|------------------|----------------------|------------------|
| | | F-verdi | P-verdi | F-verdi | P-verdi | F-verdi | P-verdi |
| Såtid | 1 | 11,34 | 0,003 | 88,83 | <0,001 | 50,85 | <0,001 |
| Populasjon | 2 | 5,08 | 0,018 | 3,25 | 0,062 | 28,12 | <0,001 |
| Såtid*Populasjon | 2 | 2,15 | 0,145 | 2,68 | 0,096 | 0,82 | 0,455 |

Da frø fra kontrollbehandlingen ble høstet inn 4-5 uker etter behandling av de andre plantene var de fleste plantene på BBCH stadium 93(median), det vil si at noen av bladene hadde begynt å endre farge eller visne. For populasjon *c* skjedde dette etter 1590/1414 døgngader og for populasjon *a* og *b* etter 1801/1585 døgngader for henholdsvis tidlig/sein såtid (Vedlegg 2).

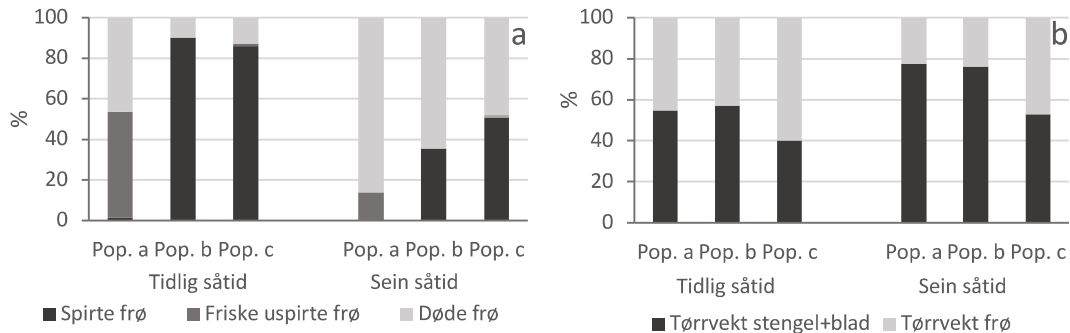
Plantene i kontrollbehandlingen med tidlig såtid produserte flere frø, flere spiredyktige frø, og mer overjordisk biomasse enn plantene med sein såtid. Plantene med tidlig såtid hadde også større frø og produserte flere synlige frøtopper. En større andel av disse toppene hadde dryssmodne frø ved innhøsting (Tabell 3.2). Ved tidlig såtid var en større andel av frøene spiredyktige (Figur 3.2a) og en større andel av den overjordiske biomassen besto av frø enn ved sein såtid (Figur 3.2b).

Tabell 3.2 - Produksjon av frø og biomasse ved innhøstingstidspunktet hos planter i ubehandla kontroll, gjennomsnitt per potte med 3 planter per potte, (95 % KI for gjennomsnittet). Statistisk analyse og Tukeys-test ($p<0,05$) foretatt på antall frø, antall spiredyktige frø og overjordisk biomasse. Stor bokstav = såtid, liten bokstav = populasjon.

| | Pop | Antall frø | Antall spiredyktige frø | Overjordisk biomasse (g) | 1000-frø vekt | Antall buskings-skudd | Antall synlige frøtopper | % topper med frødryss |
|--------------|----------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|
| Tidlig såtid | <i>a</i> | 50130 ^{Aa} (28570;71690) | 25625 ^A (12960;38290) | 178 ^{Aa} (143;212) | 1,4 (1,1;1,8) | 28 (22;34) | 96 (94;99) | 42 (23;62) |
| | <i>b</i> | 36790 ^{Ab} (27720;45870) | 32970 ^A (26350;39600) | 167 ^{Aa} (142;190) | 1,8 (1,5;2,0) | 28 (24;32) | 104 (57;151) | 67 (41;94) |
| | <i>c</i> | 30310 ^{Ab} (21090;39520) | 26649 ^A (14490;38810) | 119 ^{Ab} (92;145) | 2,2 (2,0;2,4) | 39 (31;47) | 142 (109;176) | 80 (66;94) |
| Gjennomsnitt | | 39080 (31490;46660) | 28420 (23950;32890) | 154 (134;174) | 1,8 (1,6;2,0) | 32 (28;36) | 114 (96;132) | 63 (51;76) |
| Sein såtid | <i>a</i> | 31630 ^{Ba} (25530;37730) | 4380 ^B (1900;6860) | 132 ^{Ba} (118;146) | 0,5 (0,5;0,6) | 29 (24;33) | 56 (44;68) | 14 (6;21) |
| | <i>b</i> | 24620 ^{Bb} (15810;42810) | 8810 ^B (4580;13030) | 118 ^{Ba} (100;136) | 0,8 (0,7;0,9) | 27 (25;29) | 53 (45;60) | 27 (15;40) |
| | <i>c</i> | 28180 ^{Bb} (13540;42810) | 13750 ^B (10370;17140) | 87 ^{Bb} (75;100) | 1,2 (0,8;1,6) | 26 (20;32) | 113 (44;182) | 40 (18;62) |
| Gjennomsnitt | | 28140 (23910;32370) | 8980 (6150;11810) | 112 (99;126) | 0,8 (0,6;1,0) | 27 (25;29) | 74 (50;97) | 26 (18;36) |

Populasjon *a* produserte flere frø enn populasjon *b* og *c*, men det var ikke signifikant forskjell i antall spiredyktige frø mellom populasjonene. Populasjon *a* hadde en lavere andel spiredyktige frø enn populasjon *b* og *c*, slik at antall spiredyktige frø ble mer ensartet mellom populasjonene (Figur 3.2a). Ved sein såtid produserte populasjon *c* en større andel spiredyktige frø enn populasjon *a* og *b*. Populasjon *c* produserte mindre overjordisk biomasse enn populasjon *a* og *b*.

2. oktober ble det registrert frødryss i 6 av 24 pottes i kontrollbehandlingen, 5 med planter med tidlig såtid og i 1 potte med planter med sein såtid (ikke vist).



Figur 3.2 - Resultat av spireanalyse (a) og produsert biomasse fordelt på blad + stengel og frø pr potte (b) for plantene i ubehandla kontroll.

3.3 Behandlede planter; effekt av ulike behandlinger, behandlingstidspunkt, såtid og populasjon

For å svare på oppgavens forsøksspørsmål og problemstilling blir behandling som hovedfaktor og 2-faktorsamspill hvor behandling inngår vektlagt, selv om variansanalysen viser at flere av 2-faktorsamspillene der behandling ikke inngår, samt flere 3-faktor- og 4-faktorsamspill har signifikant effekt på antall produserte frø, antall spiredyktige frø og overjordisk biomasse (Tabell 3.3). Tabeller med parvise sammenligner for samspill som ikke omtales i resultatene ligger vedlagt (Vedlegg 3-9).

Faktorene behandling, behandlingstidspunkt, såtid og populasjon hadde signifikant effekt på antall produserte frø, antall spiredyktige frø og overjordisk biomasse. I tillegg til dette hadde alle 2-faktorsamspill hvor behandling inngår signifikant effekt på antall produserte frø og antall spiredyktige frø. Samspill mellom behandling og behandlingstidspunkt og behandling og såtid hadde signifikant effekt på overjordisk biomasse, mens samspillet mellom populasjon og behandling ikke var signifikant (Tabell 3.3).

Tabell 3.3 - ANOVA-tabell for antall produserte frø, transformerte verdier av antall spiredyktige frø og biomasse uten kontrollbehandlingen. Antall frø produsert; $R^2=89\%$, antall spiredyktige frø; $R^2=82\%$, biomasse; $R^2=89\%$. Signifikante p-verdier er markert med feit skrift.

| Kilder til varians | DF | Antall frø | | Spiredyktige frø | | Overjordisk biomasse | |
|---------------------------|----|------------|------------------|------------------|------------------|----------------------|------------------|
| | | F-verdi | P-verdi | F-verdi | P-verdi | F-verdi | P-verdi |
| Såtid (ST) | 1 | 429,03 | <0,001 | 11,06 | 0,001 | 313,58 | <0,001 |
| Populasjon (Pop) | 2 | 6,96 | 0,001 | 71,69 | <0,001 | 216,32 | <0,001 |
| Behandlingstidspunkt (BT) | 1 | 392,37 | <0,001 | 35,80 | <0,001 | 164,07 | <0,001 |
| Behandling (B) | 3 | 30,00 | <0,001 | 85,28 | <0,001 | 17,80 | <0,001 |
| ST*Pop | 2 | 30,67 | <0,001 | 6,59 | 0,002 | 27,66 | <0,001 |
| ST*BT | 1 | 62,56 | <0,001 | 7,34 | 0,008 | 6,56 | 0,011 |
| ST*B | 3 | 30,11 | <0,001 | 19,98 | <0,001 | 30,79 | <0,001 |
| Pop*BT | 2 | 0,54 | 0,585 | 8,78 | <0,001 | 0,20 | 0,817 |
| Pop*B | 6 | 2,87 | 0,011 | 3,65 | 0,002 | 1,42 | 0,210 |
| BT*B | 3 | 4,68 | 0,004 | 7,93 | <0,001 | 4,20 | 0,007 |
| ST*Pop*BT | 2 | 5,75 | 0,004 | 3,28 | 0,041 | 0,74 | 0,479 |
| ST*Pop*B | 6 | 1,04 | 0,400 | 3,86 | 0,001 | 1,11 | 0,361 |
| ST*BT*B | 3 | 0,45 | 0,720 | 2,60 | 0,054 | 1,95 | 0,125 |
| Pop*BT*B | 6 | 1,69 | 0,128 | 2,44 | 0,028 | 1,13 | 0,346 |
| ST*Pop*BT*B | 6 | 4,24 | 0,001 | 0,86 | 0,526 | 2,39 | 0,032 |

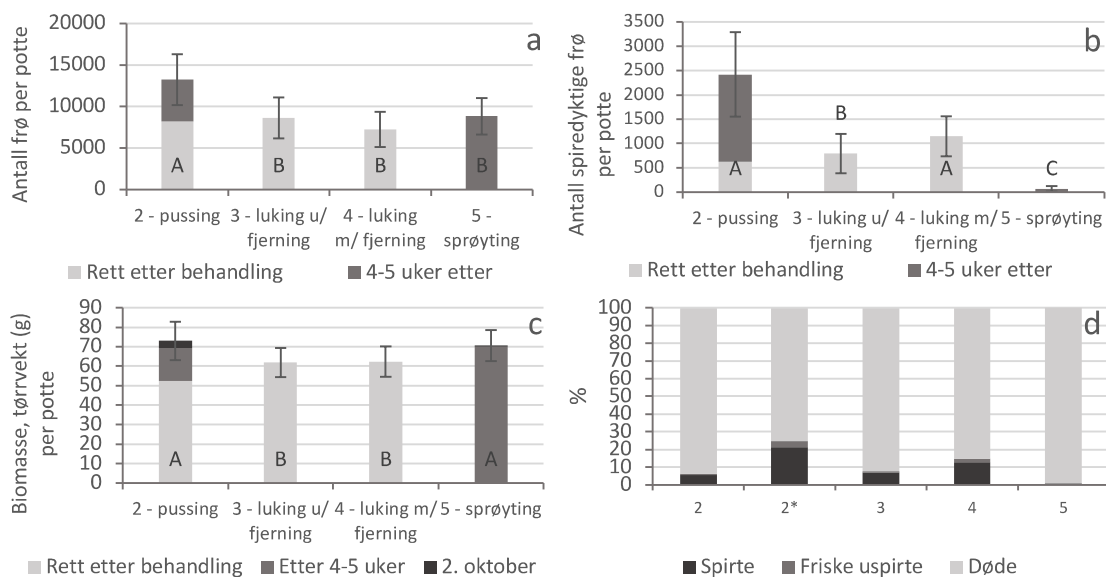
3.3.1 Effekt av behandlinger; pussing, luking og sprøyting

I kontrollbehandlingen ble det produsert omtrent 33 600 frø per potte. Reduksjonen i frøproduksjon hos plantene i behandling 2 var omtrent 60 %. I behandlingene 3, 4 og 5 var reduksjonen i frøproduksjon på omtrent 75 % (Figur 3.3a).

I kontrollbehandlingen ble det produsert omtrent 18 700 spiredyktige frø per potte. Reduksjonen i antall spiredyktige frø i behandling 2 var omtrent 87 %. Av de spiredyktige frøene ble 75 % produsert av gjenveksten etter første kutting. I behandling 3 var reduksjonen i antall spiredyktige frø 96 %, i behandling 4 var reduksjonen 94 %. I behandling 5 ble antall spiredyktige frø redusert med nesten 100 % (Figur 3.3b). Spireanalysen viste variasjon i andel spiredyktige frø mellom de ulike behandlingene. Gjenveksten etter første pussing hadde høyest andel spiredyktige frø. Frø tatt direkte inn til tørking (pussing* og luking m/fjerning) hadde høyere andel spiredyktige frø enn behandlingene hvor frø lå ute i 14 dager (pussing og luking u/ fjerning) (Figur 3.3d).

Plantene i kontrollbehandlingen produserte omtrent 130 gram overjordisk biomasse (tørrvekt) per potte. I behandlingene 2 til 5 ble mengde overjordisk biomasse redusert med omtrent 50 %.

4 til 5 uker etter behandling var det kun gjenvekst i behandling 2, i behandling 5 ble det observert noen friske grønne skudd som kan ha kommet til etter sprøyting. I behandling 2 økte antall buskingsskudd fra basis per potte fra 22 til 38, BBCH-stadium ble vurdert til 67 (median). I behandling 5 økte antall buskingsskudd per potte fra 22 til 23, BBCH-stadium ble vurdert til 93 (median) (ikke vist). 2. oktober ble det registret frødryss fra gjenveksten i omtrent 30 % av pottene i behandling 2 og i 7 % av pottene i behandling 5 (ikke vist).

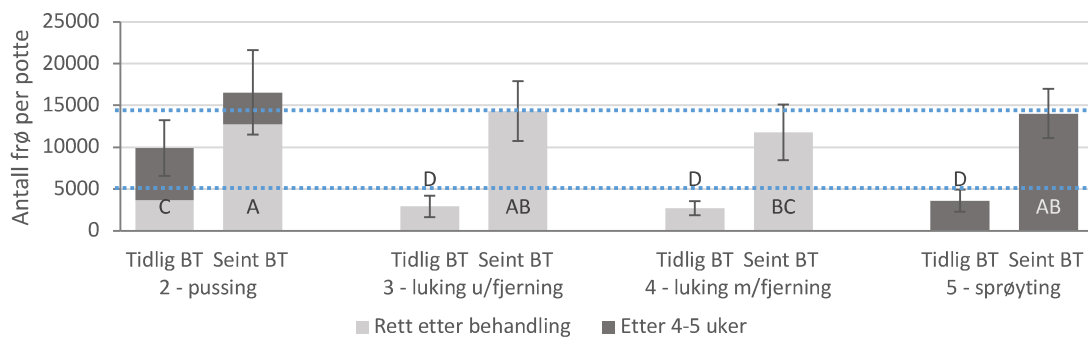


Figur 3.3 - Gjennomsnittlig antall frø (a), antall spiredyktige frø (verdier basert på originaldata med 95 % konfidensintervall, Tukeys-test utført med transformerte verdier) (b) og gram overjordisk biomasse (c) pr potte for hver behandling. Feilfelt markerer 95% konfidensintervall for gjennomsnittet (av total mengde). Ulike bokstaver angir signifikante forskjeller mellom behandling, Tukeys-test ($p < 0,05$). Hver søyle representerer snittet av 48 pottar med 3 planter i hver potte, det vil si gjennomsnitt av behandlingstidspunkt, såttid, populasjon og gjentak. Resultat av spireanalyse for hver behandling (d), 2*gjenvekst etter 1. pussing. Merk: I praksis ville frø og annet plantemateriale blitt fjernet fra jordet i behandling 4 - luking m/fjerning.

3.3.2 Samspill mellom behandlingsmetode og -tidspunkt

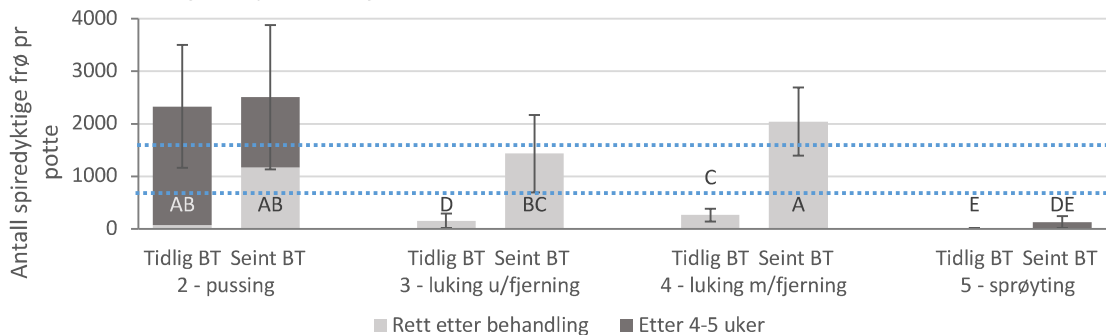
Ved tidlig behandlingstidspunkt var plantene ved BBCH 61 (median), begynnende blomstring, ved seint behandlingstidspunkt var plantene ved BBCH 73 (median), det vil si at de hadde frø i tidlig stadium av deigmodning (Figur 3.1a). Plantene ved seint behandlingstidspunkt hadde flere synlige frøtopper enn plantene ved tidlig behandlingstidspunkt (Figur 3.1d).

Utsatt behandlingstidspunkt førte til en gjennomsnittlig økning i antall produserte frø på omtrent 195 %, fra omtrent 4 800 frø pr potte til 14 200. Ved tidlig behandlingstidspunkt produserte plantene i behandling 2 flere frø enn plantene i behandling 3, 4 og 5. Ved seint behandlingstidspunkt produserte plantene i behandling 2 kun flere frø enn plantene i behandling 4 (Figur 3.4).



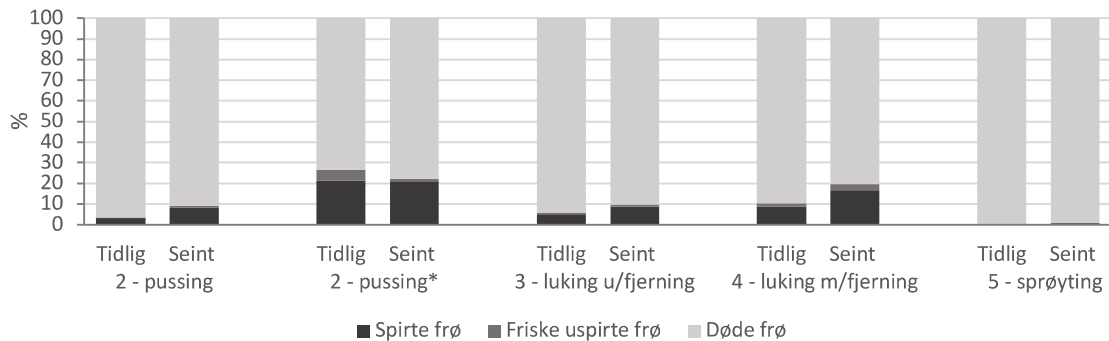
Figur 3.4 - Antall produserte frø pr potte. Feilfelt markerer 95 % konfidensintervall for gjennomsnittet (av totalt antall). Ulik bokstav angir signifikant forskjell i gjennomsnitt, Tukeys-test ($p < 0,05$). Hver søyle representerer snittet av 24 potter med 3 planter i hver potte, gjennomsnitt over såtid, populasjon og gjentak. Horisontale stipla linjer markerer gjennomsnitt for tidlig og seint behandlingstidspunkt over alle behandlingene. Merk: I praksis ville frø og annet plantemateriale blitt fjernet fra jordet i behandling 4 - lusing m/fjerning.

I snitt over behandlingene var omtrent 15 % av de produserte frøene spiredyktige ved tidlig behandlingstidspunkt, ved seint behandlingstidspunkt var omtrent 11 % spiredyktige. Plantene i behandling 2 og 5 produserte omtrent like mange spiredyktige frø uansett behandlingstidspunkt. Plantene i behandling 3 og 4 produserte flere spiredyktige frø ved seint behandlingstidspunkt (Figur 3.5).



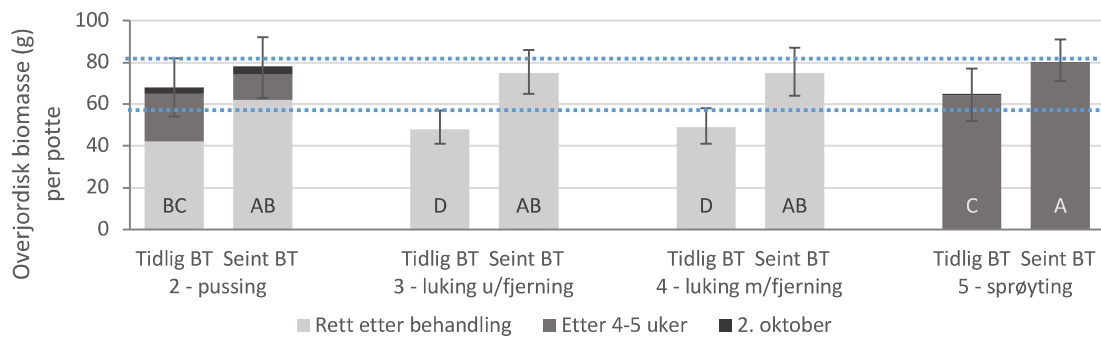
Figur 3.5 - Antall spiredyktige frø pr potte. Feilfelt markerer 95 % konfidensintervall for gjennomsnittet (av totalt antall). Verdier basert på originaldata med 95 % konfidensintervall, Tukeys-test ($p < 0,05$) utført med transformerte verdier. Ulik bokstav angir signifikant forskjell i gjennomsnitt. Hver søyle representerer snittet av 24 potter med 3 planter i hver potte, gjennomsnitt over såtid, populasjon og gjentak. Horisontale stipla linjer markerer gjennomsnitt for tidlig og seint behandlingstidspunkt over alle behandlingene. Merk: I praksis ville frø og annet plantemateriale blitt fjernet fra jordet i behandling 4 - lusing m/fjerning.

Resultater fra spireanalysene viser at det var en større andel spiredyktige frø ved seint behandlingstidspunkt, med unntak av gjenveksten etter 1. pussing som hadde en større andel spiredyktige frø ved tidlig behandlingstidspunkt (Figur 3.6).



Figur 3.6 - Resultater fra spireanalyse. 2 - pussing* = frø fra gjenveksten etter 1. pussing. Gjennomsnitt over såtider, populasjoner og gjentak. Merk: I praksis ville frø og annet plantemateriale blitt fjernet fra jordet i behandling 4 - luring m/fjerning.

Utsatt behandlingstidspunkt førte til en økning i produsert biomasse med 33 % i snitt over alle behandlinger. Ved seint behandlingstidspunkt var det ikke forskjell mellom behandlingene i mengde overjordisk biomasse. Ved tidlig behandlingstidspunkt produserte plantene i behandling 2 og 5 mer overjordisk biomasse enn plantene i behandling 3 og 4 (Figur 3.7).



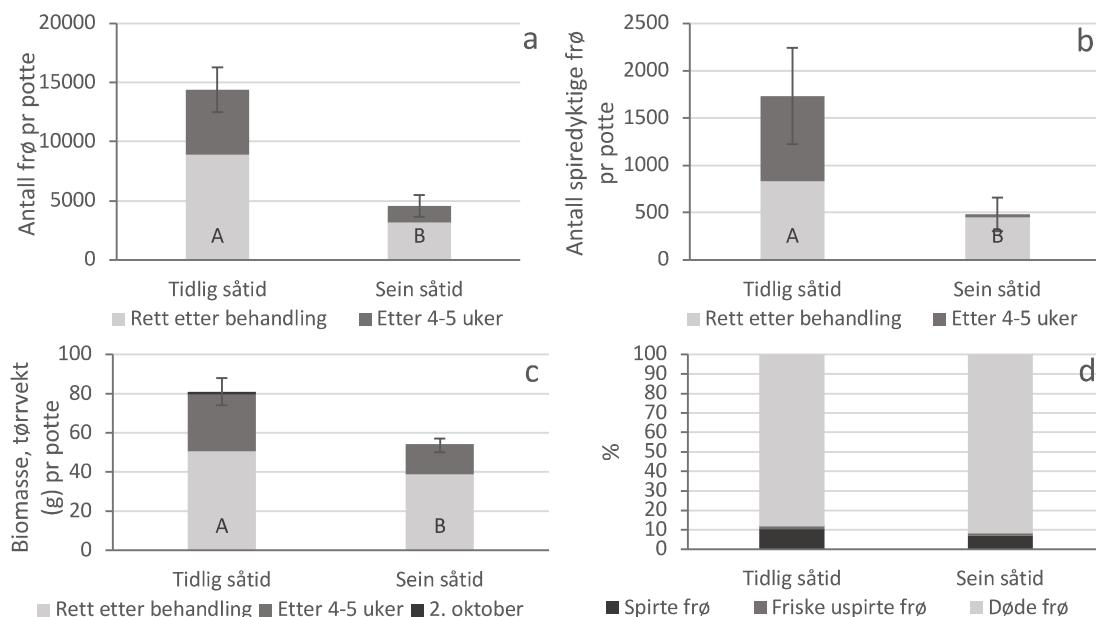
Figur 3.7 - Mengde overjordisk biomasse (g tørrvekt) pr potte. Feilfelt markerer 95 % konfidensintervall for gjennomsnittet (av total vekt). Ulik bokstav angir signifikant forskjell i gjennomsnitt, Tukeys-test ($p < 0,05$). Hver søyle representerer snittet av 24 pottes med 3 planter i hver potte, gjennomsnitt over såtid, populasjon og gjentak. Horisontale stipla linjer markerer gjennomsnitt for tidlig og seint behandlingstidspunkt over alle behandlinger. Merk: I praksis ville frø og annet plantemateriale blitt fjernet fra jordet i behandling 4 - luring m/fjerning.

3.3.3 Effekten av såtid

Fra sådato til behandling ved seint behandlingstidspunkt var det omtrent lik gjennomsnittstemperatur ved begge såtidene, omtrent 20 °C. Daglengden for plantene med tidlig såtid gikk fra 18 t og 19 min ned til 17 t og 26 min fra utflytting til behandling ved seint behandlingstidspunkt. For plantene med sein såtid gikk daglengden fra 17 t og 54 min ned til 15 t for tilsvarende periode. Fra første behandling til høsting av gjenvekst etter 4-5 uker hadde plantene med tidlig såtid i 19 °C i gjennomsnittstemperatur og daglengde fra nesten 17,5 t til 15,5 t. Plantene med sein såtid hadde gjennomsnittstemperatur på 15 °C og daglengde fra omtrent 17 t til 15 t (Figur 2.4).

Plantene med tidlig såtid produserte i gjennomsnitt tre ganger så mange frø som plantene med sein såtid (Figur 3.8a). Plantene med tidlig såtid hadde i snitt 17 synlige frøtopper før behandling, mens plantene med sein såtid hadde 12 (Figur 3.1d). Plantene med tidlig såtid hadde også mange flere frø per frøtopp enn plantene med sein såtid, henholdsvis 800 mot 300 frø. Plantene med tidlig såtid produserte også omtrent 3 ganger så mange spiredyktige frø som plantene med sein såtid (Figur 3.8b). Andelen spiredyktige frø (spireprosent) var noe høyere hos plantene med tidlig såtid (Figur 3.8d). 2. oktober ble det registrert frødryss i 15 potter med tidlig såtid og 3 potter med planter med sein såtid (ikke vist).

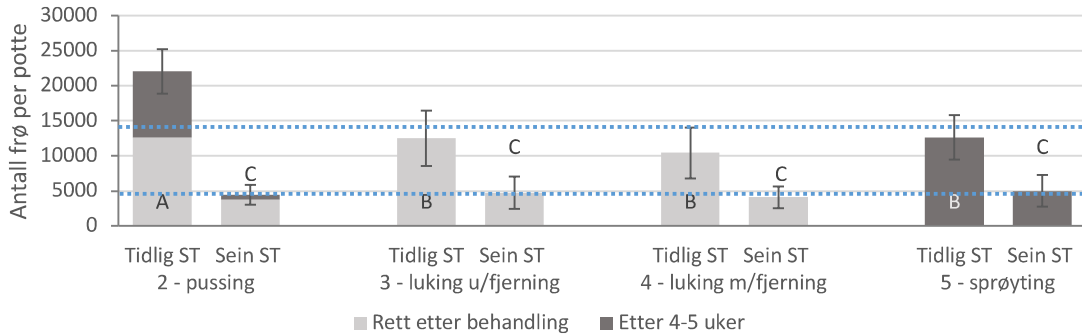
Ved tidlig såtid ble det produsert mer overjordisk biomasse enn ved sein såtid (Figur 3.8c). Ved tidlig såtid produserte plantene flere buskingskudd. Plantene med tidlig såtid hadde i snitt 23 buskingskudd per potte, plantene med sein såtid hadde 20 buskingskudd pr potte (Figur 3.1c). Det var ikke stor forskjell i plantehøyde ved de to såtidene, 117 cm i snitt ved behandlingsstart for tidlig såtid mot 116 cm i snitt ved behandlingsstart for sein såtid (Figur 3.1b).



Figur 3.8 - Gjennomsnittlig antall frø (a), antall spiredyktige frø (verdier basert på originaldata med 95 % konfidensintervall, Tukeys-test utført med transformerte verdier) (b) og biomasse (c) pr potte for de to ulike såtidene, Feilfelt markerer 95 % konfidensintervall for gjennomsnittet. Ulike bokstaver angir signifikante forskjeller mellom såtidene. Tukeys-test ($p < 0,05$). Hver søyle representerer snittet av 96 potter med 3 planter i hver potte, gjennomsnitt over behandlinger, populasjoner, behandlingstid og gjentak. Resultat av spireanalyse for begge såtidene (d). Merk: I praksis ville frø og annet plantemateriale blitt fjernet fra jorden i behandling 4 - luking m/fjerning.

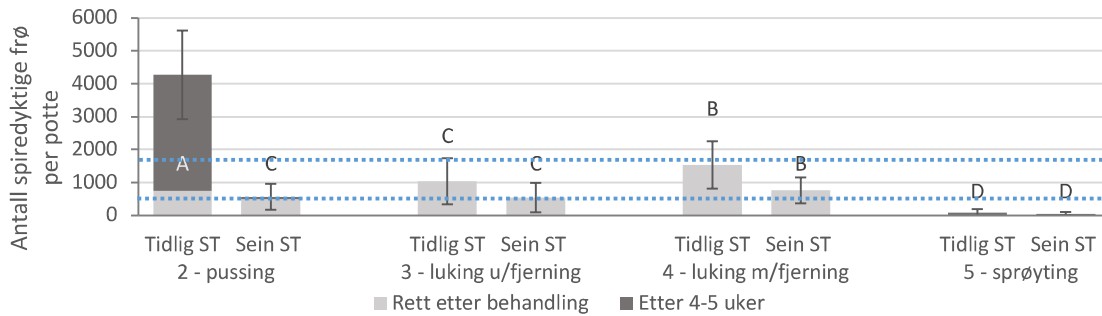
3.3.4 Samspill mellom behandlingsmetode og såtid

Ved tidlig såtid ble det produsert flere frø i behandling 2 enn i behandling 3, 4 og 5. Ved sein såtid var det ikke forskjell mellom behandlingene (Figur 3.9).



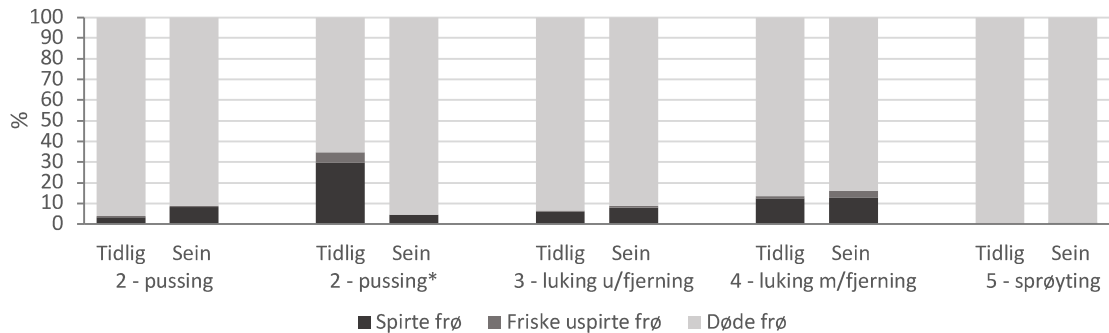
Figur 3.9 - Antall produserte frø per potte. Feilfelt markerer 95 % konfidensintervall for gjennomsnittet (av totalt antall). Ulik bokstav angir signifikant forskjell i gjennomsnitt, Tukeys-test ($p < 0,05$). Hver søyle representerer snittet av 24 pottes med 3 planter i hver potte, gjennomsnitt over behandlingstidspunkt, populasjon og gjentak. Horisontale stipla linjer markerer gjennomsnitt for tidlig og sein såtid over alle behandlingene. Merk: I praksis ville frø og annet plantemateriale blitt fjernet fra jorden i behandling 4 - luking m/fjerning.

Plantene i behandling 2 med tidlig såtid produserte et større antall spiredyktige frø enn plantene i behandling 2 med sein såtid. I de andre behandlingene var det ikke forskjell i antall produserte frø mellom de to såtidene (Figur 3.10).



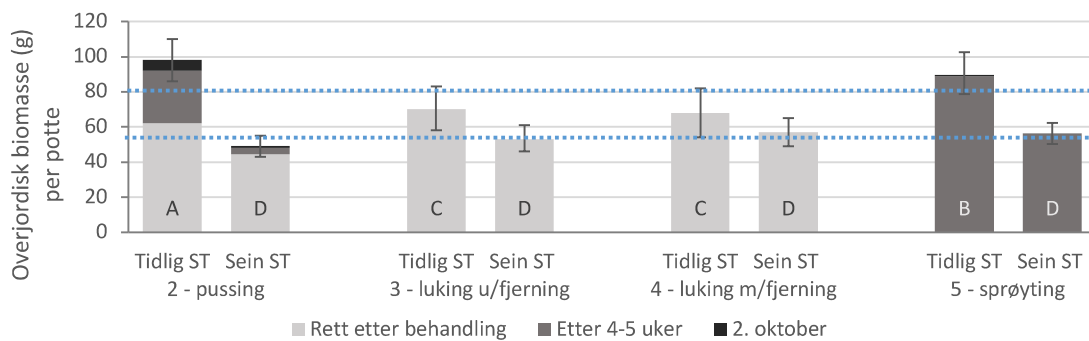
Figur 3.10 - Antall spiredyktige frø pr potte. Feilfelt markerer 95 % konfidensintervall for gjennomsnittet (av totalt antall). Verdier basert på originaldata med 95 % konfidensintervall, Tukeys-test ($p < 0,05$) utført med transformerte verdier. Ulik bokstav angir signifikant forskjell i gjennomsnitt. Hver søyle representerer snittet av 24 pottes med 3 planter i hver potte, gjennomsnitt over behandlingstidspunkt, populasjon og gjentak. Horisontale stipla linjer markerer gjennomsnitt for tidlig og sein såtid over alle behandlingene. Merk: I praksis ville frø og annet plantemateriale blitt fjernet fra jorden i behandling 4 - luking m/fjerning.

Resultater fra spireanalysene viser at det generelt var en lavere andel spiredyktige frø fra planter med tidlig såtid enn sein, med unntak av gjenveksten etter 1. pussing hvor det var en større andel spiredyktige frø fra plantene med tidlig såtid enn sein (Figur 3.11).



Figur 3.11 - Resultater fra spireanalyse. 2 - pussing* = frø fra gjenveksten etter 1. pussing. Gjennomsnitt over behandlingstidspunkt, populasjoner og gjentak. Merk: I praksis ville frø og annet plantemateriale blitt fjernet fra jordet i behandling 4 - luking m/fjerning.

Plantene med sein såtid produserte ikke forskjellig mengde biomasse i de ulike behandlingene. Ved tidlig såtid produserte plantene i behandling 2 og 5 mer biomasse enn plantene i de andre behandlingene (Figur 3.12).



Figur 3.12 - Mengde overjordisk biomasse (g tørrvekt) pr potte. Feilfelt markerer 95 % konfidensintervall for gjennomsnittet (av totalt vekt). Ulik bokstav angir signifikant forskjell i gjennomsnitt, Tukeys-test ($p < 0,05$). Hver søyle representerer snittet av 24 pottes med 3 planter i hver potte, gjennomsnitt over behandlingstid, populasjon og gjentak. Horisontale stipla linjer markerer gjennomsnitt for tidlig og sein såtid over alle behandlingene. Merk: I praksis ville frø og annet plantemateriale blitt fjernet fra jordet i behandling 4 - luking m/fjerning.

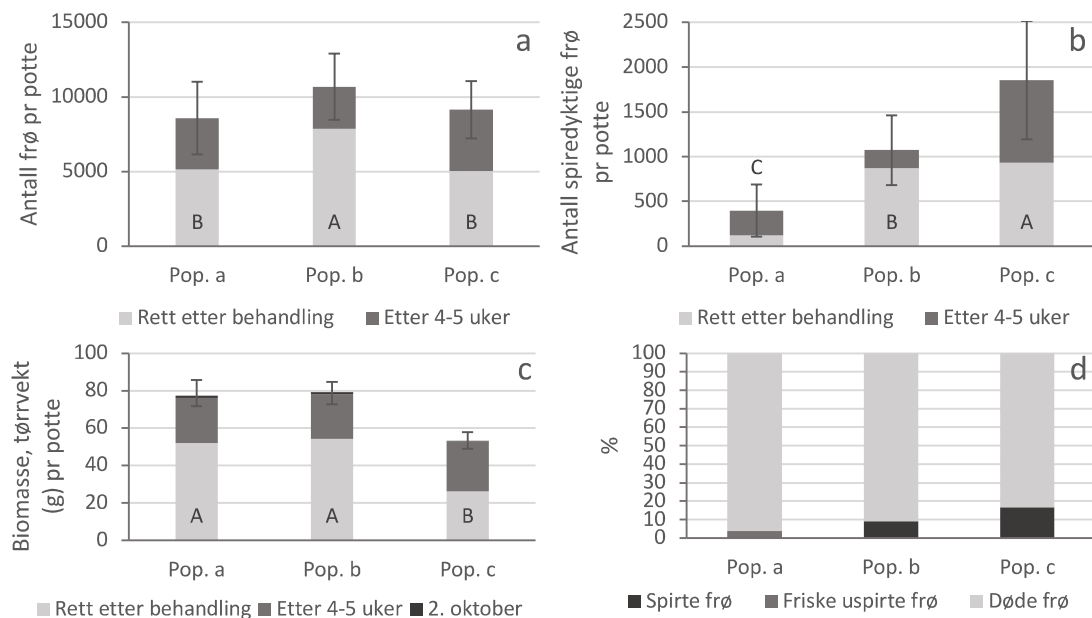
3.3.5 Effekt av populasjon

Populasjon *b* produserte flere frø enn populasjon *a* og *c*, som produserte omtrent like mange frø (Figur 3.13a). Det var forskjell i antall spiredyktige frø mellom alle tre populasjoner.

Plantene i populasjon *c* produserte flest spiredyktige frø, populasjon *b* nest flest og populasjon *a* færrest (Figur 3.13b). Populasjon *a* og *b* produserte mer overjordisk biomasse enn populasjon *c* (Figur 3.13c).

4-5 uker etter tidlig/seint behandlingstidspunkt var populasjon *a* og *b* på BBCH stadium 60, begynnende blomstring mens populasjon *c* var på BBCH 80, begynnende modning (ikke vist). 2. oktober ble det registret flest potter med planter med frødryss i populasjon *c*, der ble det registrert frødryss i 13 potter. I populasjon *a* var det frødryss i 4 potter og i populasjon *b* var det frødryss i 1 potte (ikke vist).

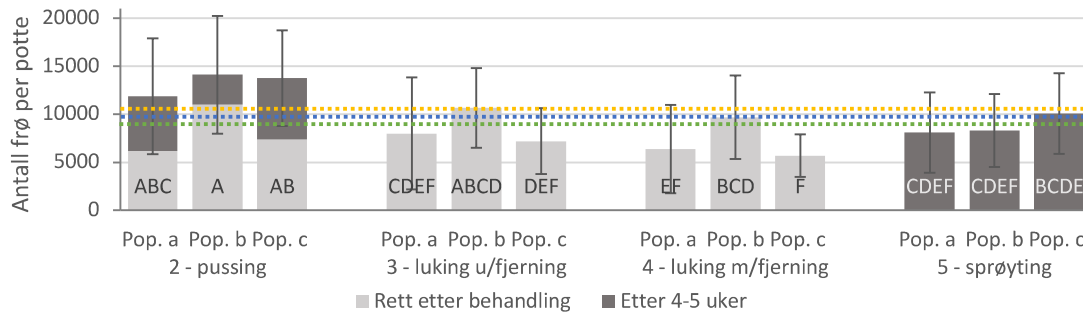
Resultater fra spireanalysen viste at populasjon *a* hadde omtrent 4 % spiredyktige frø, og mesteparten av disse var friske uspirte frø. Populasjon *b* hadde 10 % og populasjon *c* hadde omtrent 20 % spiredyktige frø i snitt over alle behandlinger, behandlingstidspunkt og såtid (Figur 3.13d).



Figur 3.13 - Gjennomsnittlig antall frø (a), antall spiredyktige frø (verdier basert på originaldata med 95 % konfidensintervall, Tukeys-test utført med transformerte verdier) (b) og vekt av overjordisk biomasse (c) per potte for de ulike populasjonene. Feilfelt markerer 95 % konfidensintervall til gjennomsnittet. Ulike bokstaver angir signifikante forskjeller mellom populasjoner. Tukeys-test ($p < 0,05$). Hver søyle representerer snittet av 64 potter med 3 planter i hver potte, det vil si gjennomsnitt av behandling, behandlingstidspunkt, såtid og gjentak. Resultat av spireanalyse for alle populasjonene (d). Merk: I praksis ville frø og annet plantemateriale blitt fjernet fra jordet i behandling 4 - luking m/fjerning.

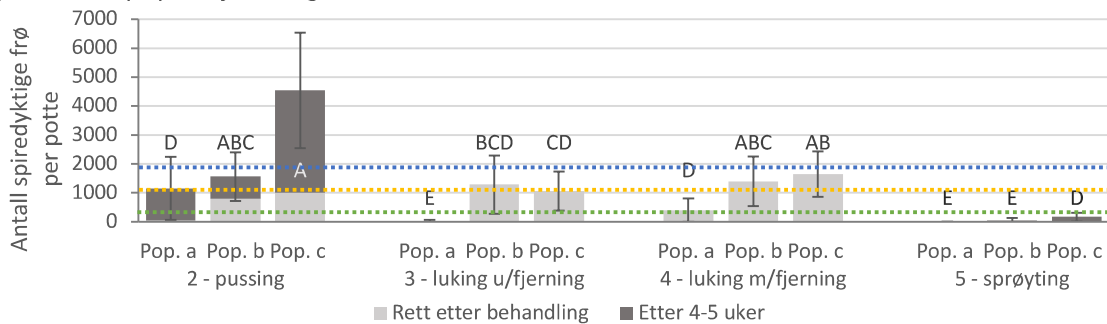
3.3.6 Samspill mellom behandlingsmetode og populasjon

Det var kun i behandling 4 det var forskjell mellom antall produserte frø mellom de tre populasjonene. Populasjon *b* produserte her flere frø enn populasjon *a* og *c* (Figur 3.14).



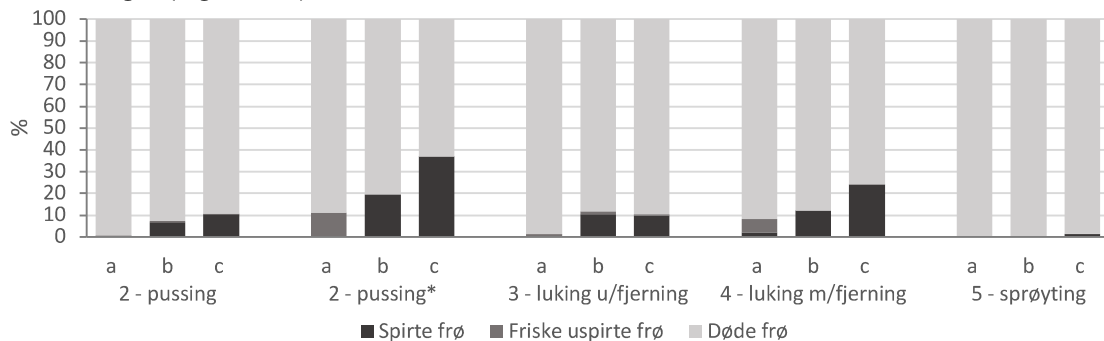
Figur 3.14 - Antall produserte frø per potte. Feilfelt markerer 95 % konfidensintervall for gjennomsnittet (av totalt antall). Ulik bokstav angir signifikant forskjell i gjennomsnitt, Tukeys-test ($p < 0,05$). Hver søyle representerer snittet av 16 potter med 3 planter i hver potte, gjennomsnitt over behandlingstidspunkt, såtid og gjentak. Horisontale stipla linjer markerer gjennomsnitt for pop. *a* (grønn), *b* (gul) og *c* (blå). Merk: I praksis ville frø og annet plantemateriale blitt fjernet fra jordet i behandling 4 - lukiing m/fjerning.

Plantene fra populasjon *a* har færre spiredyktige frø i behandling 2, 3 og 4 enn plantene fra populasjon *b* og *c*. I behandling 5 har plantene i populasjon *c* flere spiredyktige frø enn plantene i populasjon *b* og *c*.



Figur 3.15 - Antall spiredyktige frø pr potte. Feilfelt markerer 95 % konfidensintervall for gjennomsnittet (av totalt antall). Verdier basert på originaldata med 95 % konfidensintervall, Tukeys-test ($p < 0,05$) utført med transformerte verdier. Ulik bokstav angir signifikant forskjell i gjennomsnitt. Hver søyle representerer snittet av 16 potter med 3 planter i hver potte, gjennomsnitt over behandlingstidspunkt, såtid og gjentak. Horisontale stipla linjer markerer gjennomsnitt for pop. *a* (grønn), *b* (gul) og *c* (blå). Merk: I praksis ville frø og annet plantemateriale blitt fjernet fra jordet i behandling 4 - lukiing m/fjerning.

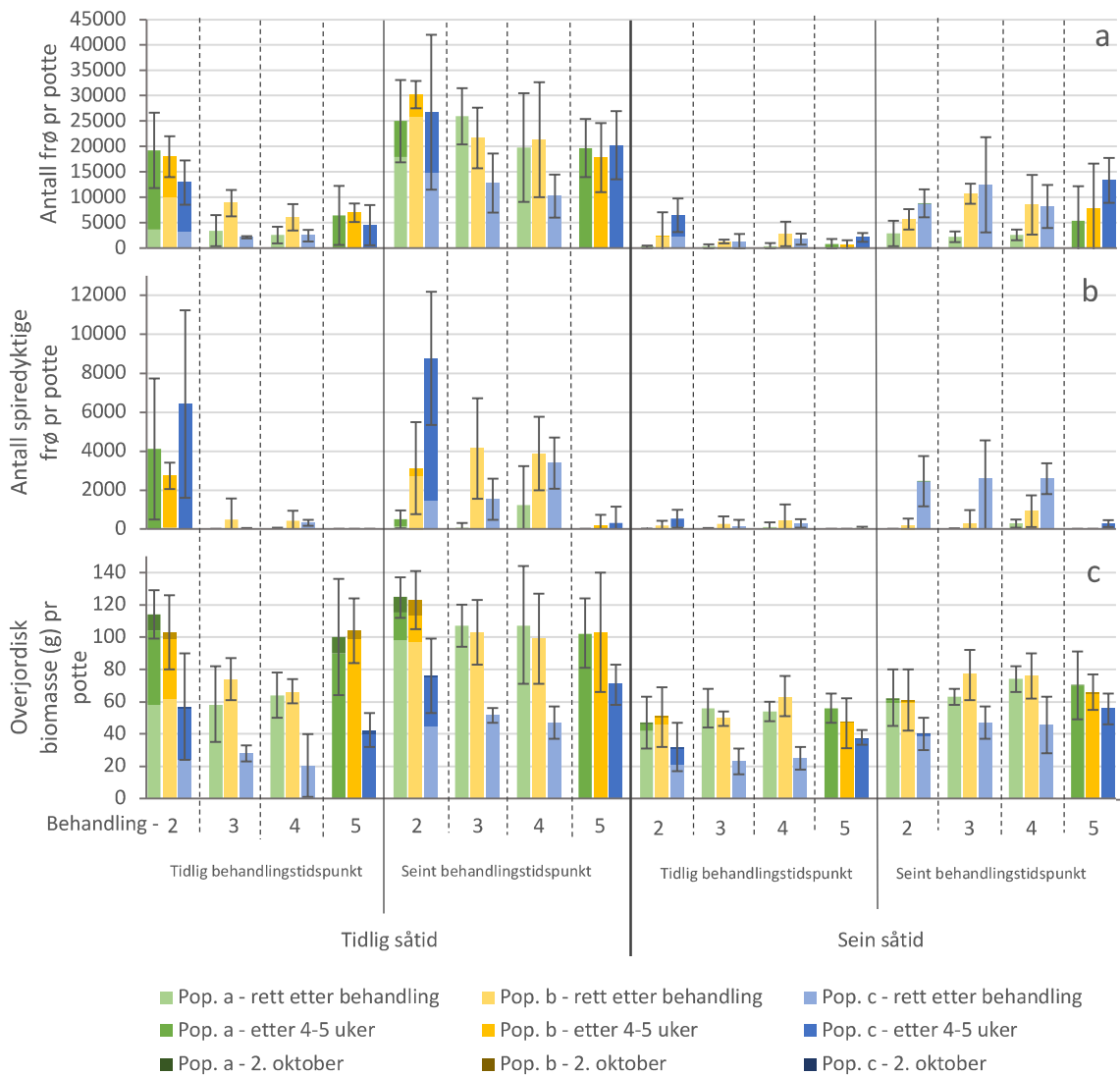
Resultatene fra spireanalysen viser at populasjon *a* har lavest andel spiredyktige frø i alle behandlinger (Figur 3.16).



Figur 3.16 - Resultater fra spireanalyse. 2 - pussing* = frø fra gjenvæksten etter 1. pussing. Gjennomsnitt over behandlingstidspunkt, såtid og gjentak. Merk: I praksis ville frø og annet plantemateriale blitt fjernet fra jordet i behandling 4 - lukiing m/fjerning.

3.3.7 Samspill for alle faktorkombinasjoner

For antall produserte frø per potte indikerer de lave p-verdiene i kombinasjon med høye F-verdier at faktorene såtid og behandlingstidspunkt forklarer mye av variasjonen i resultatene. For antall spiredyktige frø forklarer faktorene behandling og populasjon mye av variasjonen i resultatene, mens behandlingstidspunkt og såtid forklarer mindre av variasjonen. Faktorene såtid, populasjon og behandlingstidspunkt forklarer mye av variasjonen i overjordisk biomasse (Tabell 3.3). Figur 3.17 illustrerer dette og også effekten av de samspillene som ikke har blitt gjennomgått.



Figur 3.17 - Antall produserte frø (a), antall spiredyktige (b) og tørrvekt (g) av overjordisk biomasse (c) per potte for alle faktorkombinasjoner; såtid, behandlingstidspunkt, behandling 2 - pussing, 3 - laking uten fjerning, 4 - laking med fjerning, 5 - sprøyting og populasjon. Hver søyle representerer snittet av 4 potter med 3 planter i hver potte. Verdier basert på originaldata med feilfelt som marker 95 % konfidensintervall til gjennomsnittet. Merk: I praksis ville frø og annet plantemateriale blitt fjernet fra jorden i behandling 4 - laking m/fjerning.

3.3.8 Spireanalyse for alle faktorkombinasjoner

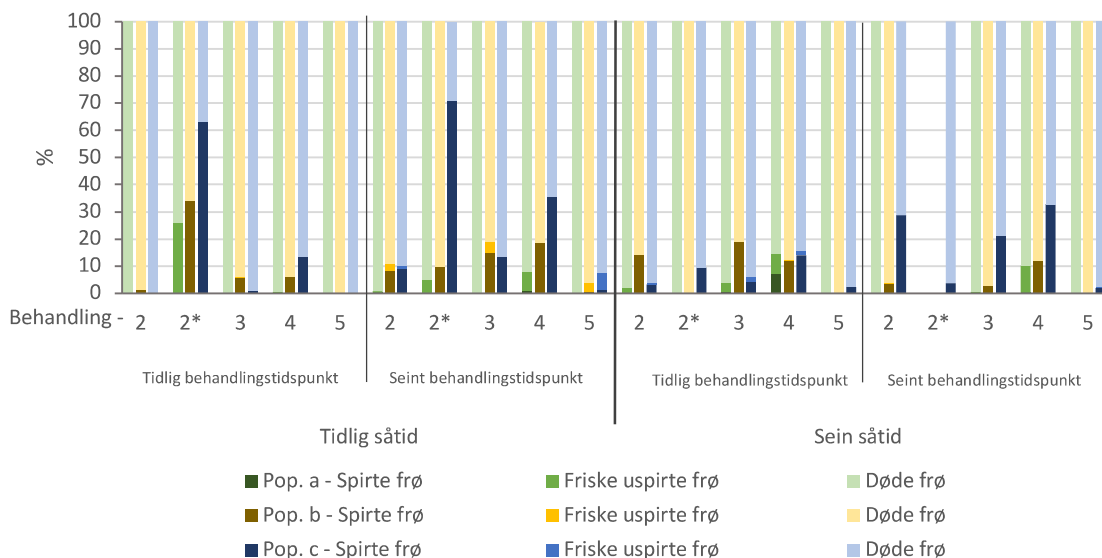
Resultatet av spireanalysene viser at det er variasjon i spireprosenten innenfor hver kombinasjon av faktorer (Figur 3.18).

For plantene med tidlig såtid og tidlig behandlingstidspunkt hadde populasjon a lavest spireprosent og populasjon c høyest. Frøene fra gjenveksten etter 1. pussing (behandling 2) hadde svært høy spireprosent sammenlignet med frøene som ble samlet inn da plantene ble pusset første gang.

Plantene med tidlig såtid ved seint behandlingstidspunkt produserte stort sett en større andel spiredyktige frø i alle behandlinger enn ved tidlig behandlingstidspunkt. Det var kun gjenveksten etter 1. pussing i behandling 2* hvor andelen spiredyktige frø var lavere for planter fra populasjon a og b, planter fra populasjon c som hadde frø med høyere spireprosent ved denne behandlingen.

Plantene med sein såtid behandlet ved tidlig behandlingstidspunkt produserte frø med høyere spireprosent enn plantene med tilsvarende behandling med tidlig såtid. Et unntak fra dette er frø høstet av gjenveksten etter 1. pussing (2*) som har lavere spireprosent enn ved tidlig såtid.

Plantene med sein såtid behandlet ved seint behandlingstidspunkt produserte frø med varierende spiredyktighet, generelt sett var spireprosenten høyere enn ved tidlig behandlingstidspunkt for plantene fra populasjon c og noe lavere for populasjon a og b, spesielt for planter i behandling 3. Plantene i behandling 2 fra populasjon a og b produserte ikke gjenvekst med frø etter første pussing. Plantene fra populasjon c produserte frø, men en lav andel av disse var spiredyktige.



Figur 3.18 - Resultat av spireanalyser for alle faktorkombinasjoner; såtid, behandlingstidspunkt, behandling 2 - pussing, 3 - luking uten fjerning, 4 - luking med fjerning, 5 - sprøyting og populasjon. 2*= Ny pussing etter 4-5 uker. Ved sein såtid og seint behandlingstidspunkt var det ikke gjenvekst med frø fra populasjon a og b etter pussing. Hver søyle representerer snittet av 4 pletter (gjentak). Merk: I praksis ville frø og annet plantemateriale blitt fjernet fra jordet i behandling 4 - luking m/fjerning.

4 Diskusjon

Målet med dette forsøket var å undersøke effekten av tiltakene pussing, luking og sprøyting utført seint i hønsehirseplantenes utvikling og hvordan dette ble påvirket av behandlingstidspunkt, spiretidspunkt (såtid) og ulike hønsehirsepopulasjoner. Det er antall spiredyktige frø etter behandling som hovedsakelig beskriver effekten av behandlingen, siden de spiredyktige frøene fører til fremtidige ugrasproblemer, i og med at hønsehirse er en ettårig planteart (Korsmo et al., 1981).

4.1 Det hjelper å pusse arealer med hønsehirse

I dette forsøket hadde pussing av hønsehirse god effekt sammenlignet med kontrollen, men dårligere effekt sammenlignet med de andre behandlingsmetodene. To pussinger i løpet av vekstsesongen med første pussing mellom begynnende blomstring og begynnende frømodning og andre pussing 4-5 uker etter reduserte antall produserte frø og antall spiredyktige frø i forhold til kontrollbehandlingen.

I motsetning til andre grasarter som *T. caput-medusae* hvor én pussing rett før frødannning hindret produksjon av spiredyktige frø (Brownsey et al., 2017), klarte hønsehirseplantene å produsere spiredyktige frø i gjenveksten etter første og andre pussing. Dette kan skyldes at hønsehirse produserer nye frøtopper fra bladhjørnene og derfor raskt kan produsere flere frø på den gjenværende stengelen etter pussing (Øverland, 2016).

Da plantene ble behandlet ved tidlig behandlingstidspunkt rakk de ikke å produsere like mange frø som ved seint behandlingstidspunkt, og plantene behandlet ved seint behandlingstidspunkt ble pusset så seint at en del av frøene hadde mulighet til å modne før eller rett etter pussing. Pussing bør ikke foretas for seint i plantenes utvikling siden plantene da kan ha produsert frø som er spiredyktige (Brownsey et al., 2017). Likevel var det ikke forskjell på antall spiredyktige frø produsert ved de to behandlingstidspunktene. Dette skyldes antall spiredyktige frø produsert i gjenveksten etter første kutting. I gjenveksten mellom første og andre pussing var andelen spiredyktige frø høyere hos plantene med tidlig behandlingstidspunkt og det ble produsert flere spiredyktige frø. En av årsakene til dette kan være at plantene med tidlig behandlingstidspunkt hadde én uke lenger mellom de to pussingene enn plantene med seint behandlingstidspunkt og derfor bedre tid til å produsere modne frø, en annen årsak kan være at plantene med tidlig behandlingstidspunkt kan ha hatt økt evne til gjenvekst siden en mindre del av tilgjengelige ressurser var allokert til skuddene før kutting (Brownsey et al., 2017; Butler et al., 2013; Meiss et al., 2008).

Det er imidlertid vanskelig å si om den økte andelen spiredyktige frø ved andre pussing skyldes plantenes evne til å produsere spiredyktige frø eller forhold under tørking siden frø fra første og andre pussing ble behandlet forskjellig. Frø som ble høstet ved første pussing lå ute i 14 dager før de ble tatt inn til tørking. Frøene høstet ved andre pussing ble tatt direkte inn til tørking ved 20 °C. Om frø fra andre pussing hadde blitt behandlet likt som frø fra første pussing hadde antakeligvis spireevnen til disse frøene vært noe lavere. Dersom frøene ikke blandes inn i jorda ved jordbearbeiding, men blir liggende på overflaten er det også mer sannsynlig at frøene blir tatt av frøpredatorer eller blir utsatt for andre prosesser som reduserer spireevnen (Bagavathiannan & Norsworthy, 2013; Berge & Antzée-Hyllseth, 2019; Gallandt, 2006).

Om man fjerner det avkutta plantematerialet fra jorden vil antall frø reduseres ytterligere, men man må nok regne med at noe plantemateriale med spiredyktige frø kan bli værende.

Plantene med ulikt spiretidspunkt (såtid) reagerte ulikt på pussingen. Ved sein såtid produserte plantene svært få frø mellom første og andre pussing. Dette kan skyldes den lave temperaturen etter første pussing ved sein såtid, forsøk har vist at hønsehirseplanter produserer færre frø under lave temperaturer (Shrestha & Swanton, 2007; Sjørnsen, 1993; Swanton et al., 2000). Det kan også være en respons på kortere daglengde, plantene kan ha gått raskere over i reprodutiv fase og derfor hatt færre buskingsskudd og med det færre frøtopper (Swanton et al., 2000).

De forskjellige populasjonene reagerte ulikt på pussingen, populasjon *b* produserte flest frø før første pussing og færrest frø etter. Populasjon *b* kan ha hatt svakere gjenvekst etter første pussing fordi plantene hadde produsert såpass mange frø før pussinga, slik at det var mindre ressurser tilgjengelig til gjenvekst (Brownsey et al., 2017; Butler et al., 2013; Meiss et al., 2008). I gjenveksten etter første pussing produserte populasjon *c* omtrent like mange frø som populasjon *a*, men tar en hensyn til spireanalysen hadde plantene i populasjon *c* høyere andel spiredyktige frø. Dette skyldes antakeligvis at plantene i populasjon *c* utviklet seg raskere enn plantene i de to andre populasjonene, slik at disse frøene var mer modne ved pussing. Populasjon *c* ble også behandlet tidligere enn populasjon *a* og *b*, og kan derfor ha hatt litt bedre forhold under gjenveksten etter første pussing på grunn av høyere temperatur.

I forsøk hvor hestehavre ble pusset to ganger i løpet av vekstsesongen over flere år ble frøbanken redusert (Wilson & Clark, 2001). Det er sannsynlig at man også vil kunne redusere antall hønsehirsefrø i frøbanken ved å pusse ved behov. Da burde man imidlertid pusse før begynnende blomstring og gjenta behandlingen er enn to ganger i løpet av vekstsesongen for å minimere antall nye frø i frøbanken. Hvorvidt man kan kombinere pussing som bekjempelsesmetode av hønsehirse med produksjon av ulike kulturplanter er vanskelig å si, kun små forsinkelser i gjennomføringen av pussingen vil kunne ha konsekvenser for antall spiredyktige frø produsert. Det kan derfor være vanskelig få passende behandlingstidspunkt til å sammenfalle med et tidspunkt hvor kulturplantene ikke vil bli påvirket negativt av pussingen.

Det beste alternativet vil antakelig være å legge om de aktuelle arealene til eng, men dette er en bekjempelsesstrategi man foreløpig vet lite om (Brodal et al., 2016). Om man legger om til eng og dermed unngår jordbearbeiding vil færre frø stimuleres til å spire (Håkansson, 2003), og frøene vil da kunne konserveres i jorda. I forsøk har man sett at frøbanken hos hønsehirse kan være spiredyktige i opp til 13 år (Dawson & Bruns, 1975). Det er også en fare for at pussing vil favorisere hønsehirseplantene med krypende vekstform, slik at pussing over tid vil bli mindre effektivt i å kontrollere bestanden. Dette burde testes i feltforsøk.

4.2 Man bør fjerne luka planter fra jorden

I dette forsøket så vi at hønsehirse som ble luka rett etter begynnende blomstring allerede hadde produsert en del frø og antall produserte frø økte med utsatt behandlingstidspunkt. Antall spiredyktige frø var lavere i behandlingen hvor plantene lå ute i 14 dager sammenlignet med behandlingen hvor frøene ble tatt direkte inn til tørking. Det er vanskelig å estimere hvor mange frø som ville holdt seg spiredyktige til neste vår, dette ville antakelig variert, frø kunne blant annet blitt blandet inn i jorda ved høstpløying og blitt konserverte (Dawson & Bruns, 1975). Om man ønsker å luke uten å fjerne plantematerialet risikerer man at frø holder seg spiredyktige til neste sesong om man luker ved eller seinere enn begynnende blomstring og det tryggeste vil da være å fjerne plantene.

Et aspekt ved luking som ikke ble undersøkt i dette forsøket var plantenes evne til å rote seg på nytt dersom plantene blir liggende oppå jorda. Sannsynligheten for at dette skal skje øker dersom det er mye jord rundt røttene og om været er fuktig (Colbach et al., 2010). Man har observert at hønsehirse ofte roter seg på nytt dersom plantene ligger igjen på jorda (NLR Viken, 2019c). Dette er et argument for at plantene burde fjernes fra åkeren for å unngå at det likevel produseres spiredyktige frø.

Dersom man luker før frødryss og fjerner plantene fra åkeren er luking svært effektivt. I dette forsøket ble det registrert at det ikke forekom gjenvekst fra rotsystemet som ble værende igjen i potta. For noen planter som vokser fra frø om våren kan man enkelt kontrollere plantene bare ved å kutte dem helt nede ved jordskorpa (Jones et al., 1996, sitert i Chicouene, 2007), det ser ut til at dette også kan gjelde for hønsehirse. Lukingen kan dermed forenkles ved at man kutter over plantene like under vekstpunktet med en skarp hakke, spesielt om man likevel ikke har tenkt til å ta plantematerialet ut av åkeren.

Antall spiredyktige frø økte når behandlingen ble utsatt med 7 til 10 dager. Dette skyldes at delvis at plantene produserte flere frø totalt, og en større andel av frøene var modne fordi plantene hadde kommet lenger i utviklingen, fra blomstring til frøutvikling. Om lukingen skjer når plantene har begynt å utvikle frø vil det derfor være flere frø som har noe bedre spireevne enn om luking skjer ved blomstring. Om man likevel har tenkt til å fjerne plantene fra åkeren spiller det ingen rolle hvor mange frø plantene har produsert, så lenge man luker frø frøene har begynt å drysse.

Ved tidlig såtid ble det produsert flere frø i behandling 3 og 4 enn ved sein såtid, men antall spiredyktige frø var ikke signifikant forskjellig mellom de to såtidene, dette skyldes at frøene produsert ved sein såtid hadde bedre spireevne enn frøene produsert ved tidlig såtid. Dette kan komme av at plantene med sein såtid utviklet færre buskingskudd og utviklet seg raskere enn plantene med tidlig såtid på grunn av kortere daglengde (Shrestha & Swanton, 2007; Swanton et al., 2000), dette kan ha ført til at frøene var jevnere modnet.

Både populasjon *a* og *c* produserte signifikant færre spiredyktige frø i behandling 3, hvor plantene lå ute enn i behandling 4. For populasjon *b* var det ikke forskjell i antall spiredyktige frø mellom behandling 3 og 4 og spireanalysene viser at det var omtrent like stor andel spiredyktige frø ved begge behandlinene. Frøene fra plantene i populasjon *b* ble altså ikke like påvirket av å ligge ute i 14 dager etter behandling som frøene fra de to andre populasjonene i forsøket, men grunnen til dette er uviss.

4.3 Sprøyting med glyfosat seint i plantenes utvikling har effekt

Sprøyting med glyfosat reduserte antall produserte frø med omtrent 75 % i forhold til kontrollen, og antall spiredyktige frø ble redusert med nesten 100 %. I andre forsøk hvor man har sprøytet hønsehirse i moden bygg har man fått 93 % (Evju, 2014) og 80 % (Sjursen, 1993) reduksjon i antall spiredyktige frø. Dette kan være en effekt av at planter kan stå skjult i kornbestandet og får lite sprøytemiddel på seg, slik at dosen som når hønsehirsas blir lavere (Wærnhus et al., 2014), siden glyfosat er et sprøytemiddel som transporteres rundt i plantene etter å ha blitt tatt opp gjennom bladene og andre grønne plantedeler (Fykse, 2016). Det var muligens enklere å treffe alle hønsehirseplantene godt da de sto i pletter uten andre planter og ikke i en åker.

Hvor langt hønsehirse har kommet i utviklinga i forhold til byggplantene vil være avgjørende for resultatet av sprøytinga. Siden sprøytetidspunktet i forsøkene til Sjursen (1993) og Evju (2014) ble basert på når man kunne sprøyte kornet er det mulig at hønsehirsas hadde kommet lenger i utviklingen i disse forsøkene og at plantene dermed var mindre sensitive for glyfosat (Ahmadi et al., 1980).

Sprøyting i andre ugrasarter har vist at spireevnen reduseres mindre dersom ugrasplantene har mer modne frø (Semb & Skuterud, 1996), så effekten vil sannsynligvis være bedre jo kortere hønsehirseplantene har kommet i utviklinga i forhold til kornplantene. Dette vil sannsynligvis avhenge av temperatur igjennom vekstsesongen siden bygg spirer og utvikler seg ved lavere temperaturer enn det hønsehirse gjør. Bygg spirer i temperaturer fra 4 °C (Grain Research & Development Corporation, 2017), mens hønsehirse spirer ved 13-15°C (Andersson, 2016; Mehmeti et al., 2010). Om man dyrker en tidlig eller sein byggsort, og dermed når kornet er modent slik at en kan behandle med glyfosat-preparater vil antakelig også påvirke resultatet av behandlingen.

Plantene ved tidlig behandlingstidspunkt var i stadier av begynnende blomstring, mens plantene ved seint behandlingstidspunkt hadde begynt å utvikle frø. Siden plantene i behandling 5 ikke produserte signifikant flere frø enn plantene i behandling 3 og 4 ved noen av behandlingstidspunktene stanset sprøytingen sannsynligvis frøproduksjonen like effektivt som lusing. Til tross for stor forskjell i antall produserte frø mellom de to behandlingstidspunktene ved sprøyting var det ikke forskjell i antall spiredyktige frø. Spireanalysen viser at 99 % av frøene var døde ved begge behandlingstidspunkt. Å sprøyte hønsehirse med glyfosat har i dette forsøket like effektivt ved BBCH stadium 61 som 73.

De sprøyta plantene produserte mer biomasse enn luka planter ved tidlig behandlingstidspunkt, men ikke ved seint. Ved tidlig behandlingstidspunkt var plantene i ferd med å gå fra vegetativ til reprodutiv fase og fremdeles i sterk vekst, mens de ved seint behandlingstidspunkt allerede var i reprodutiv fase. Det vil sannsynligvis si at plantene i stor del hadde avsluttet den vegetative veksten til fordel for frøproduksjon. Det ble også registrert frø i noen av pottene 2. oktober, dette tilsier at dosen glyfosat som ble brukt ikke var nok til å drepe alle plantene i dette forsøket.

Plantene med tidlig såtid produserte et større antall frø, men antall spiredyktige frø etter sprøyting var likt ved de to såtidene. I tre av 48 potter ble det registrert nyspirte skudd og skudd med frødryss 2. oktober, alle fra planter med tidlig såtid. Plantene med tidlig såtid ble i dette forsøket sprøytet i første halvdel av juli, og hadde da god tid til å produsere ny biomasse mens det fremdeles var høye temperaturer ute. I praksis vil man nok ikke kunne belage seg på å sprøyte en moden byggåker før i siste halvdel av august, slik Evju (2014) gjorde i sitt forsøk, og hønsehirseplantene vil nok dermed ha redusert sjanse til å produsere ny biomasse etter sprøyting på grunn av lavere temperaturer.

Det var ikke forskjell på i antall produserte frø mellom populasjonene da plantene ble sprøytet, men plantene i populasjon c hadde flere spiredyktige frø per potte enn de to andre populasjonene og spireanalysen viser at en større andel av frøene var spiredyktige etter behandlingen. Forskjellene kan skyldes at plantene i populasjon c er mer tolerante for glyfosat eller at populasjon c utviklet seg raskere enn populasjon a og b, derfor kan ha hatt mer modne frø ved sprøyting, spesielt ved seint behandlingstidspunkt. Populasjon c ble også behandlet ved ulike tidspunkt enn populasjon a og b, og forskjeller i forholdene ved eller rett etter sprøyting kan være en grunn til ulik effekt av behandlingen.

Forsøk i andre arter har vist at selv om frø utsatt for glyfosat spirer, utviklet spirene seg dårligere. Dette skjedde selv om frøene ble utsatt for glyfosat seint i utviklinga (Baig et al., 2003; Hassan, 1988; Steadman et al., 2006). Dette ble ikke undersøkt i dette forsøket, men det er mulig at sprøytinga vil ha samme effekt på hønsehirsefrø og utvikling av spirene. Dette kan øke effektiviteten av sprøytingen selv om den utføres senere enn det som ble gjort i dette forsøket.

4.4 Feilkilder og begrensninger

Høy temperatur, gjødsling og vanning under forsøksperioden førte antakeligvis til at hønsehirseplantene produserte flere frø og mer biomasse enn det man kan forvente under mer normale forhold i en åker. Forholdet mellom antall produserte frø og antall spiredyktige frø vil muligens kunne si noe mer generelt om effekten av de ulike behandlingene enn antall produserte frø og antall spiredyktige frø. Overjordisk biomasse gir et bilde av hvor store plantene ble. Større planter vil kunne konkurrere mer med kulturplantene, som kan føre til avlingsnedgang (Maun & Barrett, 1986), men dette vil avhenge av kulturveksten og tetthet av hønsehirseplanter i åkeren.

Siden hønsehirse kaster frø etterhvert som frøene modner og frøene på frøtoppene ikke modner til samme tidspunkt kan det være vanskelig å estimere antall spiredyktige frø (Pannwitt et al., 2019). Plantene i kontrollbehandlingen kunne kanskje ha produsert et større antall spiredyktige frø dersom frøene ikke ble høstet før alle frøene hadde drysset. I andre forsøk med norske populasjoner har man sett at frø høsta i slutten av august hadde en spireprosent på mellom 60 % og 80 % (Wærnhus et al., 2014). Dette er tilnærmet lik andel spiredyktige frø for planter med tidlig såtid i dette forsøket, plantene med sein såtid hadde lavere andel spiredyktige frø. Det ble registrert mindre frødryss fra plantene med sein såtid, dette tyder på at disse plantene ikke hadde like modne frø som plantene med tidlig såtid ved høsting.

For å undersøke hvordan frøenes spireevne eventuelt ville blitt påvirket av å bli liggende ute på jordet ble plantene fra noen av behandlingene lagt igjen ute på bakken i 14 dager etter behandling. Frøene som lå ute 14 dager hadde lavere andel spiredyktige frø enn i behandlingene hvor plantematerialet ble tatt direkte inn til tørking, det kan være flere årsaker til dette. Plantematerialet som lå ute ble vannet slik at frøene ble holdt fuktige, og de var dermed utsatt for varmgang og soppangrep som kan ha senket spireevnen (Bagavathiannan & Norsworthy, 2013; Frøseth, 2006). I tillegg til dette ble frøposene plassert på et svart underlag som kan i blitt varmt i sola, men hvor varmt er usikkert siden temperaturen ikke ble målt. I forsøk ble ikke fuktige hønsehirsefrø påvirket av temperaturer lavere enn 42 °C, ved 46 °C i omtrent 13 timer ble 90 % av frøene drept (Dahlquist et al., 2007). Plantematerialet som ble tatt direkte inn til tørking ble holdt ved 20 °C, og frøene ble ikke skilt fra øvrig plantemateriale før etter tørking. Dette kan også ha ført til at frøene modnet etter behandling. Å teste spireevnen til hønsehirsefrøene direkte etter behandling ville vært vanskelig ettersom frøene sannsynligvis hadde vært dormante (Sjursen, 1993) og ettermodning er derfor vanskelig å unngå.

Det ble testet for få populasjoner fra hvert område til å kunne si noe generelt om populasjonene Vestfold og Telemark eller Viken fylke, men de observerte forskjellene mellom populasjonene viser hvor viktig det er å inkludere flere ulike populasjoner i slike forsøk. Populasjon *c* utviklet seg blant annet raskere enn populasjon *a* og *b*. Rask utviklingshastighet kan være en tilpasning til vokseplassen og kulturplantene som vanligvis dyrkes i området frøene har blitt samlet inn fra (Altop & Mennan, 2011; Mehmeti et al., 2010; Wærnhus et al., 2014). I andre forsøk med norske populasjoner av hønsehirse er det også observert stor variasjon mellom ulike populasjoner, noe som kan tyde på ulikt genetisk opphav eller tilpasning til voksestedet (Elven et al., 2018; Wærnhus et al., 2014).

Siden hele forsøket kun ble utført en vekstsesong, og vekstsesongen 2018 var spesielt varm burde man være forsiktig med å generalisere resultatene som omhandler antall produserte frø og mengde produsert biomasse til å gjelde for fremtidige kaldere sesonger, men de generelle effektene av behandlingene i form av andel spiredyktige frø vil muligens være overførbart. Forholdene plantene har i et pottforsøk vil kunne skille seg fra forhold planter vil ha i felt hvor de også utsettes for konkurranse fra andre arter, og derfor er det vanskelig å generalisere resultatene fra dette forsøket til å gjelde for planter som opptre som ugras i en åker. Det vil derfor være viktig å undersøke dette nærmere i feltforsøk under mer naturlige forhold i en åker og gjerne i en vekstsesong hvor vær og ikke skiller seg slik fra normalen som det det gjorde under vekstsesongen 2018.

5 Konklusjon

Det hjelper å pusse arealer med hønsehirse. Pussingen slik den ble utført i dette forsøket reduserte antall spiredyktige frø sammenlignet med kontrollen, men det ble fortsatt produsert en del spiredyktige frø som vil kunne gå inn i frøbanken. Dersom man ønsker å pusse hønsehirseplantene for å redusere antall spiredyktige frø mer enn det som ble gjort i dette forsøket burde det antakeligvis pusses noe tidligere enn ved begynnende blomstring og hyppigere enn det som ble gjort i dette forsøket.

Antall spiredyktige frø ble redusert når frøene lå ute i 14 dager, men en andel frø beholdt spireevnen. Forholdene i dette forsøket vil nok ikke tilsvare forholdene frøene blir utsatt for på bakken i en plantebestand. Forsøket viser at plantene som lå igjen ute hadde lavere antall spiredyktige frø enn plantene som ble tatt inn, men hvor mye dette påvirkes vil antakelig avhenge av forhold som fuktighet og temperatur. Det tryggeste vil være å fjerne plantene fra det luka området, dersom dette skjer før frødryss vil man antakeligvis redusere antall nye frø til frøbanken mer enn om man lar plantene ligge.

Sprøyting med glyfosat hadde god effekt og andel spiredyktige frø ble redusert mer enn det man har sett i andre forsøk. Om behandlingsmetoden skal benyttes i bygg hvor man ønsker en salgbar avling må man overholde de bestemmelser som gjelder for dette. Det vil si at man har begrenset mulighet til å velge sprøytetidspunkt og avhengig av hønsehirseplantenes utviklingshastighet kan effekten av behandlingen bli redusert. Før en sprøyter bør en vurdere hønsehirseplantenes utviklingsstadium for å anslå effekten av behandlingen.

For behandling en med pussing og behandlingen med sprøyting hadde ikke behandlingstidspunkt effekt på antall spiredyktige frø. Dersom plantene ble luka ved begynnende frømodning produserte plantene flere spiredyktige frø noe som antakeligvis vil være spesielt viktig å unngå dersom man velger å la plantene ligge igjen i åkeren

Plantene som med seint spiretidspunkt produserte mindre biomasse, gikk tidligere over i reprodutiv fase og hadde et lavere antall frø. Andelen spiredyktige frø var omtrent lik mellom begge spiretidspunkt hos plantene i de ulike behandlingene, men det totale antallet av spiredyktige frø ble lavere ved sein såtid. Plantenes utvikling og vekst ble påvirket av temperatur og daglengde, men siden plantene med ulik såtid både hadde ulik daglengde og ulike gjennomsnittstemperaturer er det vanskelig å skille de to faktorene fra hverandre.

De ulike populasjonene i forsøket responderte ulikt på behandlingene og plantene i kontrollbehandlingen viste at de ulike populasjonene også hadde ulikt potensiale til å produsere spiredyktige frø.

6 Litteraturliste

- Ahmadi, M., Haderlie, L. & Wicks, G. (1980). Effect of growth stage and water stress on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control and on glyphosate absorption and translocation. *Weed Science*, 28 (3): 277-282.
- Altop, E. K. & Mennan, H. (2011). Genetic and morphologic diversity of *Echinochloa crus-galli* populations from different origins. *Phytoparasitica*, 39 (1): 93-102.
- Andersson, L. (2016). Hönshirs - ett ökande problem i vårsäd. *Arvensis*, 8: 24-25.
- Andreasen, C., Hansen, C. H., Møller, C. & Kjær-Pedersen, N. (2002). Regrowth of weed species after cutting. *Weed Technology*, 16 (4): 873-879.
- Artsdatabanken. (2018). *Fremmedartslista 2018*. Tilgjengelig fra: <https://www.artsdatabanken.no/fremmedartslista2018> (lest 11.5.2020).
- Bagavathiannan, M. V. & Norsworthy, J. K. (2013). Postdispersal loss of important arable weed seeds in the midsouthern United States. *Weed science*, 61 (4): 570-579.
- Bagavathiannan, M. V., Norsworthy, J. K., Smith, K. L. & Neve, P. (2013). Modeling the evolution of glyphosate resistance in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in cotton-based production systems of the midsouthern United States. *Weed Technology*, 27 (3): 475-487.
- Baig, M. N., Darwent, A. L., Harker, K. N. & O'Donovan, J. T. (2003). Preharvest applications of glyphosate affect emergence and seedling growth of field pea (*Pisum sativum*). *Weed Technology*, 17 (4): 655-665.
- Balvoll, G. (1985). Barnyard grass. *Norsk Landbruk*, 104 (1).
- Barrett, S. C. H. & Wilson, B. F. (1983). Colonizing ability in the *Echinochloa crus-galli* complex (barnyard grass). II. Seed biology. *Canadian Journal of Botany*, 61 (2): 556-562.
- Barthram, G. T., Bolton, G. R. & Elston, D. A. (1999). The effects of cutting intensity and neighbour species on plants of *Lolium perenne*, *Poa annua*, *Poa trivialis* and *Trifolium repens*. *Agronomie*, 19 (6): 445-456.
- Batlla, D. & Benech-Arnold, R. L. (2010). Predicting changes in dormancy level in natural seed soil banks. *Plant molecular biology*, 73 (1-2): 3-13.
- Berge, T. W. & Antzée-Hyllseth, H. (2019). *Predation of weed seeds (Echinochloa crus-galli) in SE Norway*. 7th meeting of the EWRS working group «Weeds and biodiversity», Stuttgart, Germany.
- Berner, E. (2012). *Fotoperiodisme*: Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/fotoperiodisme> (lest 17.3.2020).
- Berner, E. (2018). *Meristem*. Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/meristem> (lest 13.4.2020).
- Borchsenius, R. (2016). *Hønsesirise, den nye landeplagen*: Norsk Landbruksrådgiving. Tilgjengelig fra: <https://trondelag.nlr.no/fagartikler/hoensehirse-den-nye-landeplagen/> (lest 3.4.2020).
- Brandsæter, L. O., Birkenes, S. M., Henriksen, B., Meadow, R., Ruissen, T., Holmøy, R., Mangerud, K. & Sjursen, H. (2006). *Plantevern og plantehelse i økologisk landbruk. Bind 1: Bakgrunn, biologi og tiltak*. Oslo: GAN Forlag AS.
- Brandsæter, L. O., Mangerud, K. & Rasmussen, J. (2012). Interactions between pre-and post-emergence weed harrowing in spring cereals. *Weed research*, 52 (4): 338-347.
- Brodal, G., Netland, J., Lid, E. T., Ergon, Å., Magnusson, C., Sletten, A., Solheim, H., Sundheim, L., Sæthre, M. & Tronsmo, A. M. (2016). Risk assessment of cockspur grass

- (*Echinochloa crus-galli*). Scientific Opinion of the Panel on Plant Health of the Norwegian Scientific Committee for Food Safety. *VKM Report*.
- Brownsey, P., James, J. J., Barry, S. J., Becchetti, T. A., Davy, J. S., Doran, M. P., Forero, L. C., Harper, J. M., Larsen, R. E. & Larson-Praplan, S. R. (2017). Using phenology to optimize timing of mowing and grazing treatments for medusahead (*Taeniatherum caput-medusae*). *Rangeland Ecology & Management*, 70 (2): 210-218.
- Butler, R. A., Brouder, S. M., Johnson, W. G. & Gibson, K. D. (2013). Response of four summer annual weed species to mowing frequency and height. *Weed technology*, 27 (4): 798-802.
- Chauhan, B. S. & Johnson, D. E. (2010). Implications of narrow crop row spacing and delayed *Echinochloa colona* and *Echinochloa crus-galli* emergence for weed growth and crop yield loss in aerobic rice. *Field Crops Research*, 117 (2-3): 177-182.
- Chauhan, B. S. (2013). Shade reduces growth and seed production of *Echinochloa colona*, *Echinochloa crus-galli*, and *Echinochloa glabrescens*. *Crop Protection*, 43: 241-245.
- Chicouene, D. (2007). Mechanical destruction of weeds. A review. *Agronomy for sustainable development*, 27 (1): 19-27.
- Claerhout, S., Dewaele, K., de Riek, J., Reheul, D. & de Cauwer, B. (2016). Morphological and genetic variability of local *Echinochloa* accessions and the link with herbicide sensitivity. *Weed Research*, 56 (2): 137-148.
- Clay, P. A. & Griffin, J. L. (2000). Weed seed production and seedling emergence responses to late-season glyphosate applications. *Weed Science*, 48 (4): 481-486.
- Colbach, N., Kurstjens, D., Munier-Jolain, N., Dalbiès, A. & Doré, T. (2010). Assessing non-chemical weeding strategies through mechanistic modelling of blackgrass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) dynamics. *European journal of agronomy*, 32 (3): 205-218.
- Dahlquist, R. M., Prather, T. S. & Stapleton, J. J. (2007). Time and temperature requirements for weed seed thermal death. *Weed Science*, 55 (6): 619-625.
- Dawson, J. & Bruns, V. (1962). Emergence of barnyardgrass, green foxtail, and yellow foxtail seedlings from various soil depths. *Weeds*, 10 (2): 136-139.
- Dawson, J. H. & Bruns, V. F. (1975). Longevity of barnyardgrass, green foxtail, and yellow foxtail seeds in soil. *Weed Science*, 23 (5): 437-440.
- Elven, R., Alm, T., Berg, T., Båtvik, J., Fremstad, E. & Pedersen, O. (2005). Johannes Lid & Dagny Tande Lid: Norsk flora. *Oslo: Det norske samlaget*.
- Elven, R., Hegre, H., Solstad, H., Pedersen, O., Pedersen, P. A., Åsen, P. A. & Vandvik, V. (2018). *Echinochloa crus-galli*, vurdering av økologisk risiko. *Fremmedartslista 2018*.: Artsdatabanken. Tilgjengelig fra: <https://artsdatabanken.no/Fab2018/N/960> (lest 15.4.2020).
- Evju, I. (2014). Bekjempelse av hønsehirse i bygg. *Norsk Landbruksrådgiving Viken, Forsøksresultater 2013*, Forsøksmelding nr 3.
- Frøseth, R. B. (2006). Økologisk kornproduksjon: Såkorndyrking. *Bioforsk TEMA*.
- Fykse, H. & Sjørnsen, H. (1998). *Forelesningar i herbologi: 1. ugras biologiske og økologiske eigenskapar*. Ås: Norwegian University of Life Sciences.
- Fykse, H. (2009). *Frøugress*: Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/fr%C3%B8ugress> (lest 20.5.2020).
- Fykse, H. (2016). *Glyfosat*: Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/glyfosat> (lest 10.3.2020).

- Gallandt, E. R. (2006). How can we target the weed seedbank? *Weed Science*, 54 (3): 588-596.
- Gornish, E. S. & James, J. J. (2016). Interactions among habitat, management, and demography for an invasive annual grass. *Plant Ecology*, 217 (10): 1247-1258.
- Grain Research & Development Corporation. (2017). *GrowNotes Barley*.
- Hansen, M. S., Bromand, B. & Schulz, H. (1995). Fælles decimalskala for vækststudviklingen af planter (BBCH skala). *Grøn Viden-Landbrug* (146): 1-16.
- Hassan, E. A. (1988). The influence of glyphosate on germination behaviour of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 161 (2): 73-78.
- Heap, I. (u.å.). *The International Herbicide-Resistant Weed Database*. Tilgjengelig fra: www.weedscience.org (lest 15.4.2020).
- Heijting, S., van der Werf, W., Stein, A. & Kropff, M. J. (2007). Are weed patches stable in location? Application of an explicitly two-dimensional methodology. *Weed Research*, 47 (5): 381-395.
- Holm, L. G., Plucknett, D. L., Pancho, J. V. & Herberger, J. P. (1977). *The world's worst weeds. Distribution and biology*. Honolulu: University press of Hawaii.
- Håkansson, S. (2003). *Weeds and weed management on arable land: an ecological approach*. UK: CABI publishing.
- Kartverket. (2020). *Kart Oslofjordområdet*: Kartverket. Tilgjengelig fra: <https://norgeskart.no/> (lest 26.3.2020).
- Kimen såvarelaboratoriet AS. (2018). *Analyserapport fra Overvåking- og Kartleggingsprogrammet: Uønskede frø (arter) i fôr, mat og såvare*: Mattilsynet Kimen såvarelaboratoriet AS.
- Korsmo, E., Vidme, T. & Fykse, H. (1981). *Korsmos ugrasplansjer*. Oslo: Landbruksforlaget.
- Landbruksmeteorologisk tjeneste (LMT). (u.å.). *Landbruksmeteorologisk Tjeneste (LMT)*. I: Nordskog, T. (red.): NIBIO. Tilgjengelig fra: https://lmt.nibio.no/agrometbase/getweatherdata_new.php?weatherStationId=5 (lest 4.2.2020).
- Martinez-Ghersa, M. A., Ghersa, C. M., Benech-Arnold, R. L., Donough, R. M. & Sanchez, R. A. (2000). Adaptive traits regulating dormancy and germination of invasive species. *Plant Species Biology*, 15 (2): 127-137.
- Mattilsynet. (2017). *Hvilke regler gjelder ved sprøyting med glyfosat i modent bygg?*: Mattilsynet. Tilgjengelig fra: https://www.mattilsynet.no/planter_og_dyrking/plantevernmidler/bruk_av_plantevernmidler/hvilke_regler_gjelder_ved_sprøyting_med_glyfosat_i_modent_bygg.27013 (lest 20.3.2020).
- Maun, M. A. & Barrett, S. C. H. (1986). THE BIOLOGY OF CANADIAN WEEDS.: 77. *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. *Canadian journal of plant science*, 66 (3): 739-759.
- Mehmeti, A., Demaj, A. & Waldhardt, R. (2010). Germination traits of three weed species in Kosovo. *Web Ecol*, 10: 15-22.
- Meiss, H., Munier-Jolain, N., Henriot, F. & Caneill, J. (2008). Effects of biomass, age and functional traits on regrowth of arable weeds after cutting. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 21: 493-499.
- Mossberg, B. (2003). *Gyldendals store nordiske flora*. Oslo: Gyldendal.
- NIBIO. (2017). *ECRUSLI: Bekjemping av hønsehirse i korn, potet og grønnsaker*: Norsk institutt for bioøkonomi. Tilgjengelig fra: <https://www.nibio.no/prosjekter/ecrusli-bekjemping-av-honsehirse-i-korn-potet-og-gronnsaker> (lest 4.2.2020).

- NLR Viken. (2019a). *Bekjemping av hønsehirse i potet under plast 2017*: Norsk Landbruksrådgiving Viken. Tilgjengelig fra: <https://viken.nlr.no/media/3236463/bekjemping-av-hoensehirse-i-potet-under-plast-2017.pdf> (lest 11.3.2020).
- NLR Viken. (2019b). *Hønsehirse - Like stor trussel som floghavre!*: Norsk Landbruksrådgiving Viken. Tilgjengelig fra: <https://kornforum.nlr.no/media/3237308/hirse-info-brosjyre-juni-2019.pdf> (lest 11.3.2020).
- NLR Viken. (2019c). *Kontroll av hønsehirse*: Norsk Landbruksrådgiving Viken. Tilgjengelig fra: <https://kornforum.nlr.no/media/3237309/hoensehirse-kokebok-juni-2019.pdf> (lest 11.3.2020).
- Norris, R. F. (1996). Morphological and phenological variation in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in California. *Weed Science*, 44 (4): 804-814.
- Oerke, E. C. (2006). Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, 144 (1): 31-43.
- Ogg, A. G. & Dawson, J. H. (1984). Time of emergence of eight weed species. *Weed Science*, 32 (3): 327-335.
- Pannwitt, H., Westerman, P., de Mol, F. & Gerowitt, B. (2019). Using panicle dry weight to estimate seed production in *Echinochloa crus-galli*. *Weed Research*, 59 (6): 437-445.
- Røeggen, O. (1974). *Frø og spiring (Anatomi, biologi, spiring og frøformering)*. Ås: Norges Landbrukshøgskole.
- Semb, K. & Skuterud, R. (1996). *Effect on the production of weed seeds in a reduced tillage system by autumn spraying: A pot experiment*. Second International Weed Control Congress, Copenhagen, Denmark.
- Shrestha, A. & Swanton, C. J. (2007). Parameterization of the phenological development of select annual weeds under noncropped field conditions. *Weed science*, 55 (5): 446-454.
- Sikkema, P. H., Shropshire, C., Hamill, A. S., Weaver, S. E. & Cavers, P. B. (2005). Response of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) to glyphosate application timing and rate in glyphosate-resistant corn (*Zea mays*). *Weed technology*, 19 (4): 830-837.
- Sjursen, H. (1993). Hirse som ugras—et økende problem. *Informasjonsmøte i plantevern*: 91-97.
- Sjursen, H. (2013). *Hønsehirse*. Plantevernleksikonet: NIBIO. Tilgjengelig fra: <https://www.plantevernleksikonet.no/l/oppslag/208/> (lest 5.3.2020).
- SNL. (2018). *Populasjon*: Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/populasjon> (lest 3.4.2020).
- Steadman, K. J., Eaton, D. M., Plummer, J. A., Ferris, D. G. & Powles, S. B. (2006). Late-season non-selective herbicide application reduces *Lolium rigidum* seed numbers, seed viability, and seedling fitness. *Australian journal of agricultural research*, 57 (1): 133-141.
- Swanton, C. J., Huang, J. Z., Shrestha, A., Tollenaar, M., Deen, W. & Rahimian, H. (2000). Effects of temperature and photoperiod on the phenological development of barnyardgrass. *Agronomy Journal*, 92 (6): 1125-1134.
- Thompson, K., Bakker, J. P. & Bekker, R. M. (1997). *The soil seed banks of North West Europe: methodology, density and longevity*. Cambridge: Cambridge university press.
- Time and Date AS. (u.å.). *2018 Solgraf for Ås*: Time and Date AS. Tilgjengelig fra: <https://www.timeanddate.no/astronomi/sol/norge/as?month=6&year=2018> (lest 16.3.2020).

- Tørresen, K., Brandsæter, L. O., Netland, J., Berge, T. W., Ringselle, B. & Strand, E. (2018). Alternativer til glyfosat i korn og grasmark. *NIBIO Rapport*, vol. 4 (79).
- Ugelvik, N. I. (2017). *Pussing av beite*: Norsk Landbruksrådgiving nordvest. Tilgjengelig fra: <https://nordvest.nlr.no/fagartikler/pussing-av-beite/> (lest 23.5.2020).
- Vezina, L. (1992). Influence of sowing date on the competitive effects of *Setaria pumila* and *Echinochloa crus-galli* on barley and spring wheat. *Weed Research*, 32 (1): 57-65.
- Walker, E. R. & Oliver, L. R. (2008). Weed seed production as influenced by glyphosate applications at flowering across a weed complex. *Weed Technology*, 22 (2): 318-325.
- Wilson, M. V. & Clark, D. L. (2001). Controlling invasive *Arrhenatherum elatius* and promoting native prairie grasses through mowing. *Applied Vegetation Science*, 4 (1): 129-138.
- Wolff, M., Thue-Hansen, V. & Grimenes, A. A. (2019). *Meteorologiske data for Ås 2018* Fakultet for realfag og teknologi ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet Tilgjengelig fra: <https://www.nmbu.no/download/file/fid/36524> (lest 2.2.2020).
- Wærnhus, K., Fløistad, I., Helgheim, M., Netland, J., Tørresen, K., Christiansen, A., Odenmarck, S. R., Abrahamsen, U. & Øverland, J. I. (2014). *Biologisk godkjenningssprøving og utviklingsprøving 2014. Ugrasmidler*. I: Wærnhus, K. (red.). Bioforsk Rapport: Bioforsk plantehelse.
- Øverland, J. I. (2016). *Hønsehirse*: Norsk Landbruksrådgiving Viken. Tilgjengelig fra: <https://viken.nlr.no/fagartikler/hoensehirse/> (lest 20.4.2020).
- Øverland, J. I. (2017). *Ta hønsehirsas nå!*: Norsk Landbruksrådgiving Viken. Tilgjengelig fra: <https://viken.nlr.no/nyhetsarkiv/2017/ta-hoensehirsas-naa/> (lest 11.3.2020).
- Aarnes, H. (2011). *C4-fotosyntese*. Botanisk og plantefysiologisk leksikon: UiO, Institutt for biovitenskap. Tilgjengelig fra: <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/c/c4fotos.html> (lest 2.4.2020).

Vedlegg 1

Tidspunkt for ulike registreringer og behandlinger

Tidspunkt for utføring av behandlinger og registreringer fra første behandling til ferdig rensing og opptelling av frø til spireanalyser. Alle datoer er for 2018 med mindre annet oppgitt. *2019

| Såtid | Tidlig såtid | | | Sein såtid | | |
|---|--------------|-----------|----------|------------|-----------|------------|
| | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>c</i> | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>c</i> |
| Populasjon | | | | | | |
| Såing | 15.5. | 15.5. | 15.5. | 25.6. | 25.6. | 25.6. |
| Prikling | 28.5. | 28.5. | 28.5. | 9.7. | 9.7. | 9.7. |
| Utflytting av planter | 4.6. | 5.6. | 5.6. | 16.7. | 16.7. | 16.7. |
| Behandling 2-5, tidlig behandlingstidspunkt. Tørking av frø og planter, behandling 4 - tidlig behandlingstidspunkt. | 10.7. | 10.7. | 26.6. | 13.8. | 13.8. | 31.7. |
| Behandling 2-5, seint behandlingstidspunkt. Tørking av frø og planter, behandling 4 - seint behandlingstidspunkt. | 18-20.7. | 18-20.7. | 4.-5.7. | 21.8. | 21.8. | 9.-10.8. |
| Tørking av frø og planter fra behandling 2 og 3 - tidlig behandlingstidspunkt | 25.7. | 25.7. | 11.7. | 27.7. | 27.7. | 14.8. |
| Tørking av frø og planter fra behandling 2 og 3 - seint behandlingstidspunkt | 2.-3.8. | 2.-3.8. | 25.7. | 5.9. | 5.9. | 23.-24.8. |
| Gjenvekstregistrering 4-5 uker etter behandling. Tørking av frø og planter fra behandling 1, gjenvekst fra behandling 2, og 5. | 15.-17.8. | 15.-17.8. | 2.-3.8. | 18.-20.9. | 18.-20.9. | 5.-6.9. |
| Rensing av frø fra behandling 2, 3, og 4 | 24.8. | 23.8. | 2.-3.8. | 18.-20.9. | 18.-20.9. | 5.-6.9. |
| Rensing av frø fra behandling 1, gjenvekst fra behandling 2 og 5, 4-5 uker etter tidlig/seint behandling | 30.-31.8. | 30.-31.8. | 28.8. | 3.-5.10. | 3.-5.10. | 21.-22.9. |
| Gjenvekstregistrering 2.10 | 2.10. | 2.10. | 2.10. | 2.10. | 2.10. | 2.10. |
| Spireanalyser | 13.-18.2.* | 7.1.* | 23.11. | 12.-19.2.* | 19.3.* | 18.-20.2.* |

Vedlegg 2

Varmesum ved de forskjellige behandlingene og registreringene for tidlig og sein såtid. Basistemperatur 0 °C. Temperatur fra 4.6.2018 til 2.10.2018 hentet fra Landbruksmeteorologisk tjeneste. Der registrering eller behandling har gått over flere dager er varmesum til og med første dag av registreringen med i tabellen. Dager etter såing. Varmesum fra og med sådato.

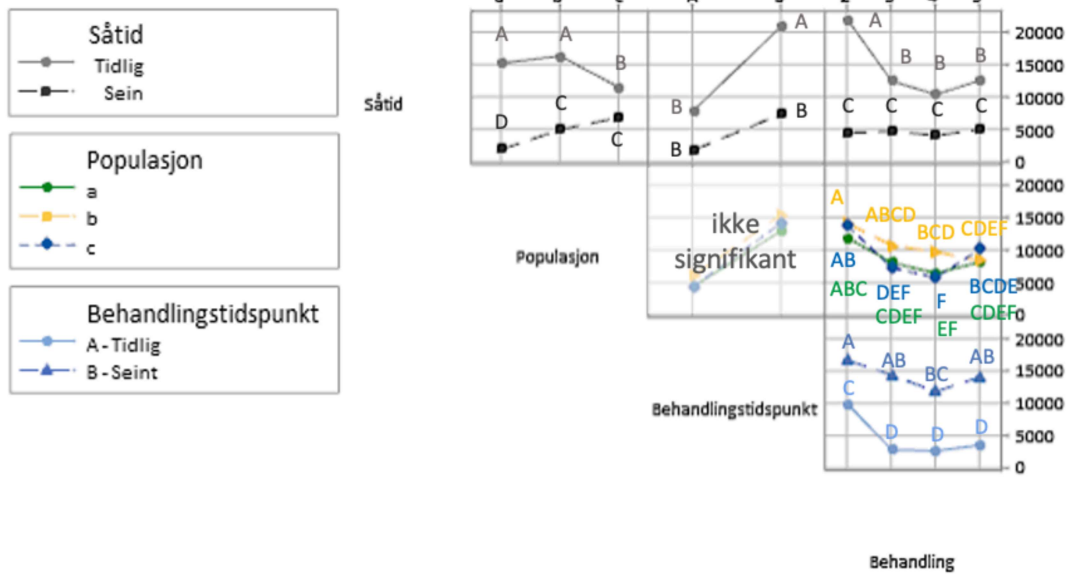
| Handling | Tidlig såtid | | | Sein såtid | | |
|--|--------------|-------|----------|------------|-------|----------|
| | Dato | Dager | Varmesum | Dato | Dager | Varmesum |
| Såing | 15.5. | 0 | 24 | 25.6. | 0 | 26 |
| Utflytting | 4.6. | 20 | 506 | 16.7. | 21 | 551 |
| Tidlig behandlingstidspunkt - pop. c | 26.6. | 42 | 850 | 31.7. | 36 | 864 |
| Seint behandlingstidspunkt - pop. c | 4.7 | 50 | 1005 | 9.8. | 45 | 1030 |
| Tidlig behandlingstidspunkt - pop. a+b | 10.7. | 56 | 1120 | 13.8. | 49 | 1086 |
| Seint behandlingstidspunkt - pop. a+b | 18.7. | 64 | 1281 | 21.8. | 57 | 1203 |
| 4-5 uker etter behandling - pop. c | 2.8. | 79 | 1590 | 5.9. | 72 | 1414 |
| 4-5 uker etter behandling - pop. a+b | 15.8. | 92 | 1801 | 18.9. | 85 | 1585 |
| Gjenvestregistrering 2.10 | 02.10. | 140 | 2401 | 02.10. | 99 | 1714 |

Vedlegg 3

2-faktorsamspill med signifikant effekt på antall produserte frø.

Interaksjonsplott, antall produserte frø pr potte. Ulik bokstav ved indikatorpunkt angir signifikant forskjell i gjennomsnitt i følge Tukeys-test ($p < 0,05$).

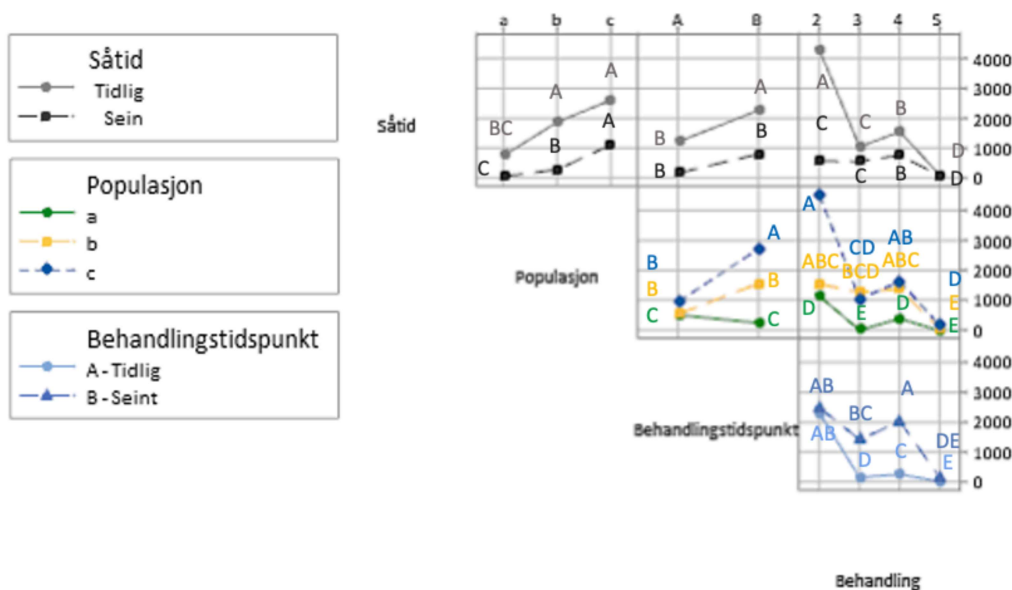
Vertikal akse = antall frø per potte



2- faktorsamspill med signifikant effekt på antall spiredyktige frø

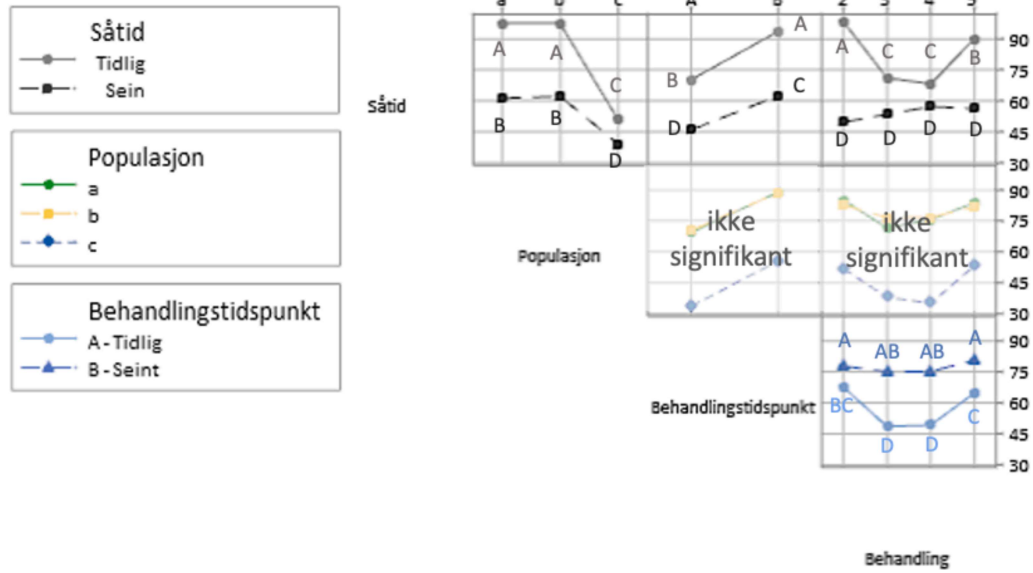
Interaksjonsplott for antall spiredyktige frø pr potte. Ulik bokstav ved indikatorpunkt angir signifikant forskjell i gjennomsnitt i følge Tukeys-test ($p < 0,05$). Tukeys test på antall spiredyktige frø ble utført med transformerte verdier ($\ln(y+1)$), i figuren er uttransformerte verdier presentert.

Vertikal akse = antall spiredyktige frø per potte.



2- faktorsamspill med signifikant effekt på overjordisk biomasse.

Interaksjonsplott (2-faktorsamspill) for overjordisk biomasse pr potte. Ulik bokstav ved indikatorpunkt angir signifikant forskjell i gjennomsnitt i følge Tukeys-test ($p < 0,05$). Vertikal akse = overjordisk biomasse (gram tørrvekt) per potte



Vedlegg 4

3-faktorsamspill (Såtid*Populasjon*Behandlingstidspunkt) for antall produserte frø.

Grupperingsinformasjon funnet ved bruk av Tukeys test og 95% konfidensintervall.

Gjennomsnitt som ikke deler bokstav er signifikant ulike. Såtid: 1 = tidlig, 2 = sein. Liten bokstav = populasjon. Behandlingstidspunkt: A = tidlig, B = seint.

| Såtid*Populasjon*Behandlingstidspunkt | N | Snitt | Gruppering |
|---------------------------------------|----|---------|------------|
| 1 b B | 16 | 22773,6 | A |
| 1 a B | 16 | 22614,1 | A |
| 1 c B | 16 | 17532,6 | B |
| 2 c B | 16 | 10720,6 | C |
| 1 b A | 16 | 9987,6 | C |
| 2 b B | 16 | 8167,9 | C D |
| 1 a A | 16 | 7945,9 | C D |
| 1 c A | 16 | 5523,4 | D E |
| 2 a B | 16 | 3280,3 | E F |
| 2 c A | 16 | 2930,1 | E F |
| 2 b A | 16 | 1810,8 | E F |
| 2 a A | 16 | 487,3 | F |

Vedlegg 5

4-faktorsamspill for antall produserte frø.

Grupperingsinformasjon funnet ved bruk av Tukeys test og 95% konfidensintervall.

Gjennomsnitt som ikke deler bokstav er signifikant ulike. Såtid: 1 = tidlig, 2 = sein. Liten

bokstav = populasjon. Behandlingstidspunkt: A = tidlig, B = seint. Behandling 2 = pussing, 3 = luking uten fjerning av planter, 4 = luking med fjerning av planter, 5 = sprøyting.

| Såtid*Populasjon*Behandlingstidspunkt*Behandling | N | Snitt | Gruppering |
|--|---|---------|---------------|
| 1 b B 2 | 4 | 30234,0 | A |
| 1 c B 2 | 4 | 26767,8 | A B |
| 1 a B 3 | 4 | 25958,9 | A B |
| 1 a B 2 | 4 | 25000,2 | A B |
| 1 b B 3 | 4 | 21707,8 | A B C |
| 1 b B 4 | 4 | 21341,7 | A B C |
| 1 c B 5 | 4 | 20271,0 | B C |
| 1 a B 4 | 4 | 19789,8 | B C D |
| 1 a B 5 | 4 | 19707,5 | B C D |
| 1 a A 2 | 4 | 19258,5 | B C D E |
| 1 b a 2 | 4 | 18013,3 | B C D E F |
| 1 b B 5 | 4 | 17811,0 | B C D E F G |
| 2 c B 5 | 4 | 13323,4 | C D E F G H |
| 1 c a 2 | 4 | 12900,6 | C D E F G H I |
| 1 c B 3 | 4 | 12840,6 | C D E F G H I |
| 2 c B 3 | 4 | 12479,0 | C D E F G H I |
| 2 b B 3 | 4 | 10723,9 | D E F G H I J |
| 1 c B 4 | 4 | 10251,1 | E F G H I J K |
| 1 b a 3 | 4 | 8863,7 | F G H I J K L |
| 2 c B 2 | 4 | 8843,9 | F G H I J K L |
| 2 b B 4 | 4 | 8540,8 | G H I J K L |
| 2 c B 4 | 4 | 8236,2 | H I J K L |
| 2 b B 5 | 4 | 7730,3 | H I J K L |
| 1 b a 5 | 4 | 6993,8 | H I J K L |
| 2 c a 2 | 4 | 6491,3 | H I J K L |
| 1 a A 5 | 4 | 6462,2 | H I J K L |
| 1 b a 4 | 4 | 6079,7 | H I J K L |
| 2 b B 2 | 4 | 5676,5 | H I J K L |
| 2 a B 5 | 4 | 5344,4 | H I J K L |
| 1 c a 5 | 4 | 4537,5 | H I J K L |
| 1 a A 3 | 4 | 3462,2 | I J K L |
| 2 a B 2 | 4 | 2908,8 | J K L |
| 2 b a 4 | 4 | 2829,1 | J K L |
| 2 a B 4 | 4 | 2624,5 | J K L |
| 1 a A 4 | 4 | 2600,7 | J K L |
| 1 c a 4 | 4 | 2481,0 | J K L |
| 2 b a 2 | 4 | 2471,6 | J K L |
| 2 a B 3 | 4 | 2243,5 | J K L |
| 1 c a 3 | 4 | 2174,5 | J K L |
| 2 c a 5 | 4 | 2143,9 | J K L |
| 2 c a 4 | 4 | 1778,1 | J K L |
| 2 b a 3 | 4 | 1324,3 | J K L |
| 2 c a 3 | 4 | 1307,0 | J K L |
| 2 a A 5 | 4 | 878,5 | K L |
| 2 b a 5 | 4 | 618,3 | L |
| 2 a A 4 | 4 | 430,0 | L |
| 2 a A 3 | 4 | 363,0 | L |
| 2 a A 2 | 4 | 277,8 | L |

Vedlegg 6

3-faktorsamspill (Såtid*Populasjon*Behandlingstidspunkt) for antall spiredyktige frø
 Grupperingsinformasjon funnet ved bruk av Tukeys test og 95% konfidensintervall.

Gjennomsnitt som ikke deler bokstav er signifikant ulike. Såtid: 1 = tidlig, 2 = sein. Liten bokstav = populasjon. Behandlingstidspunkt: A = tidlig, B = seint.

| Såtid*Populasjon*Behandlingstidspunkt | N | Snitt | Gruppering |
|---------------------------------------|----|---------|------------|
| 2 c B | 16 | 7,24362 | A |
| 1 c B | 16 | 6,86194 | A |
| 1 b B | 16 | 6,51954 | A |
| 2 c A | 16 | 4,45028 | B |
| 1 c A | 16 | 4,02301 | B C |
| 1 b A | 16 | 3,99124 | B C |
| 2 b A | 16 | 3,84519 | B C |
| 2 b B | 16 | 3,40506 | B C D |
| 1 a B | 16 | 3,20836 | B C D |
| 1 a A | 16 | 2,31761 | C D |
| 2 a B | 16 | 1,59597 | D |
| 2 a A | 16 | 1,59168 | D |

Vedlegg 7

3-faktorsamspill (Såtid*Populasjon*Behandling) for antall spiredyktige frø

Grupperingsinformasjon funnet ved bruk av Tukeys test og 95% konfidensintervall.

Gjennomsnitt som ikke deler bokstav er signifikant ulike. Såtid: 1 = tidlig, 2 = sein. Liten bokstav = populasjon. Behandling 2 = pussing, 3 = luring uten fjerning av planter, 4 = luring med fjerning av planter, 5 = sprøyting.

| Såtid*Populasjon*Behandling | N | Snitt | Gruppering |
|-----------------------------|---|----------|------------|
| 1 c 2 | 8 | 8,83947 | A |
| 1 b 2 | 8 | 7,92613 | A B |
| 1 a 2 | 8 | 7,15880 | A B C |
| 1 c 4 | 8 | 6,92672 | A B C D |
| 2 c 2 | 8 | 6,91356 | A B C D |
| 2 c 4 | 8 | 6,70660 | A B C D |
| 1 b 4 | 8 | 6,45406 | A B C D |
| 2 b 4 | 8 | 5,95906 | A B C D E |
| 1 b 3 | 8 | 5,82313 | A B C D E |
| 2 c 3 | 8 | 5,14141 | B C D E |
| 2 c 5 | 8 | 4,62622 | C D E |
| 1 c 3 | 8 | 4,48451 | C D E F |
| 2 b 2 | 8 | 4,48166 | C D E F |
| 2 a 4 | 8 | 4,39399 | C D E F G |
| 2 b 3 | 8 | 4,05979 | D E F G |
| 1 a 4 | 8 | 3,17968 | E F G H |
| 1 c 5 | 8 | 1,51920 | F G H I |
| 2 a 3 | 8 | 1,34719 | G H I |
| 1 b 5 | 8 | 0,81824 | H I |
| 1 a 3 | 8 | 0,71346 | H I |
| 2 a 2 | 8 | 0,63414 | H I |
| 2 b 5 | 8 | 0,00000 | I |
| 1 a 5 | 8 | -0,00000 | I |
| 2 a 5 | 8 | -0,00000 | I |

Vedlegg 8

3-faktorsamspill (Populasjon*Behandlingstidspunkt*Behandling) for antall spiredyktige frø

Grupperingsinformasjon funnet ved bruk av Tukeys test og 95% konfidensintervall.

Gjennomsnitt som ikke deler bokstav er signifikant ulike. Liten bokstav = populasjon.

Behandlingstidspunkt: A = tidlig, B = seint. Behandling 2 = pussing, 3 = lusing uten fjerning av planter, 4 = lusing med fjerning av planter, 5 = sprøyting.

| Populasjon*Behandlingstidspunkt*Behandling | N | Snitt | Gruppering |
|--|---|----------|------------|
| c B 2 | 8 | 8,41174 | A |
| c B 4 | 8 | 7,97454 | A B |
| c B 3 | 8 | 7,50408 | A B C |
| b B 4 | 8 | 7,44236 | A B C |
| c a 2 | 8 | 7,34129 | A B C D |
| b a 2 | 8 | 6,39119 | A B C D |
| b B 2 | 8 | 6,01660 | A B C D E |
| c a 4 | 8 | 5,65878 | A B C D E |
| b B 3 | 8 | 5,57201 | A B C D E |
| a B 4 | 8 | 5,39728 | A B C D E |
| b a 4 | 8 | 4,97076 | B C D E F |
| a a 2 | 8 | 4,73619 | C D E F G |
| c B 5 | 8 | 4,32076 | D E F G |
| b a 3 | 8 | 4,31091 | D E F G |
| a B 2 | 8 | 3,05675 | E F G H |
| a a 4 | 8 | 2,17639 | F G H |
| c a 3 | 8 | 2,12185 | F G H |
| c a 5 | 8 | 1,82466 | G H |
| a B 3 | 8 | 1,15464 | H |
| a a 3 | 8 | 0,90601 | H |
| b B 5 | 8 | 0,81824 | H |
| b a 5 | 8 | -0,00000 | H |
| a B 5 | 8 | -0,00000 | H |
| a a 5 | 8 | -0,00000 | H |

Vedlegg 9

4-faktorsamspill for overjordisk biomasse.

Grupperingsinformasjon funnet ved bruk av Tukeys test og 95% konfidensintervall.

Gjennomsnitt som ikke deler bokstav er signifikant ulike. Såtid: 1 = tidlig, 2 = sein. Liten

bokstav = populasjon. Behandlingstidspunkt: A = tidlig, B = seint. Behandling 2 = pussing, 3 = luking uten fjerning av planter, 4 = luking med fjerning av planter, 5 = sprøyting.

| Såtid*Populasjon*Behandlingstidspunkt*Behandling | N | Snitt | Gruppering |
|--|---|--------|-----------------|
| 1 a B 2 | 3 | 125,35 | A |
| 1 b B 2 | 3 | 123,60 | A |
| 1 a A 2 | 4 | 114,74 | A |
| 1 a B 4 | 4 | 107,80 | A B |
| 1 b B 5 | 4 | 107,57 | A B |
| 1 a B 3 | 4 | 107,10 | A B |
| 1 a B 5 | 4 | 106,90 | A B |
| 1 b a 5 | 4 | 104,56 | A B C |
| 1 b a 2 | 4 | 103,64 | A B C |
| 1 b B 3 | 4 | 103,50 | A B C |
| 1 a A 5 | 4 | 100,33 | A B C D |
| 1 b B 4 | 4 | 99,407 | A B C D |
| 2 b B 3 | 4 | 77,263 | B C D E |
| 1 c B 2 | 4 | 76,588 | B C D E |
| 1 c B 5 | 4 | 76,290 | B C D E |
| 2 b B 4 | 4 | 76,218 | B C D E |
| 1 b a 3 | 4 | 74,652 | C D E |
| 2 a B 4 | 4 | 74,640 | C D E |
| 2 a B 5 | 4 | 70,525 | D E F |
| 1 b a 4 | 4 | 66,815 | E F G |
| 2 b B 5 | 4 | 66,692 | E F G |
| 1 a A 4 | 4 | 64,710 | E F G |
| 2 b a 4 | 4 | 63,923 | E F G H |
| 2 a B 3 | 4 | 63,390 | E F G H |
| 2 a B 2 | 4 | 62,570 | E F G H |
| 2 b B 2 | 4 | 61,955 | E F G H |
| 1 a A 3 | 4 | 58,622 | E F G H I |
| 1 c a 2 | 4 | 57,669 | E F G H I |
| 2 a A 5 | 4 | 56,860 | E F G H I J |
| 2 a A 3 | 4 | 56,512 | E F G H I J |
| 2 c B 5 | 4 | 56,290 | E F G H I J |
| 2 a A 4 | 4 | 54,680 | E F G H I J K |
| 1 c B 3 | 4 | 52,242 | E F G H I J K L |
| 2 b a 2 | 4 | 51,008 | E F G H I J K L |
| 2 b a 3 | 4 | 50,343 | E F G H I J K L |
| 2 c B 3 | 4 | 47,513 | E F G H I J K L |
| 2 a A 2 | 4 | 47,287 | E F G H I J K L |
| 2 b a 5 | 4 | 47,245 | E F G H I J K L |
| 1 c B 4 | 4 | 47,145 | E F G H I J K L |
| 2 c B 4 | 4 | 46,462 | E F G H I J K L |
| 1 c a 5 | 4 | 42,930 | F G H I J K L |
| 2 c B 2 | 4 | 40,270 | F G H I J K L |
| 2 c a 5 | 4 | 37,620 | G H I J K L |
| 2 c a 2 | 4 | 32,333 | H I J K L |
| 1 c a 3 | 4 | 28,383 | I J K L |
| 2 c a 4 | 4 | 25,230 | J K L |
| 2 c a 3 | 4 | 23,725 | K L |
| 1 c a 4 | 4 | 20,933 | L |



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway