

Optimalisert gjødsling i skogplanteskoler

Prosjektperiode 2014-2015

Sluttrapport til Skogtiltaksfondet (ref e-post Thomas Husum 4. desember 2013)

Sammendrag

Gjennom gjødslingen i planteskolefasen legges grunnlaget for kvalitetsplanter for foryngelse. De aller fleste planteskolene har i dag gode rutiner for å produsere planter med godt næringsinnhold. Men utfordringer i dag er at plantene lett blir for høye. Spesielt ved bruk av vekstkraftig frøplantasjefrø er det viktig å etablere rutiner som begrenser høydevekst, samtidig som en diametertilveksten gjerne kan økes. Vi ønsket i dette prosjektet å teste hvilken effekt endret kalium/nitrogen forhold har for plantenes vekst, samt om kortdagsbehandling kan brukes sammen med gjødslingen for å maksimere diametertilveksten. Forsøk under kontrollerte betingelser ble gjennomført i 2014 og i 2015. I forsøket inngikk seks behandlinger, med tre nivåer på gjødslingen, og vekstavslutning henholdsvis under kort dag (KD) eller ved normal daglengde.

Våre resultater kunne ikke bekrefte at hverken kortdagsbehandling eller endret kalium/nitrogen forhold hadde signifikant innvirkning på rothalsdiameteren. Men vi fant for siste års røtter, en tendens til at kortdagsbehandling økte rotlengden for de tynneste røttene, som regnes å være de viktigste i etableringsfasen. Det er mulig dette er årsaken til den forbedrede veksten som ofte registreres etter utplanting av kortdagsbehandlede planter sammenlignet med planter som ikke har vært kortdagsbehandlet. God finrotvekst som vi registrerte etter kortdagsbehandlingen forventes å forbedre plantenes etableringsevne. Ved feltforsøk vil vi studere dette nærmere. Planter følges opp i felt i regi av et annet prosjekt i 2016.

Mål med prosjektet

Hovedmålet med prosjektet var å komme frem til et dyrkingsprogram for skogplanter som gir større rothalsdiameter, det vil si mer kompakte og stammestive planter.

Delmål 1:

Granplanter med økt diameter/høyde forhold etter endrede gjødslingsrutiner

Delmål 2:

Rutiner for kortdagsbehandling som sammen med tilpasset gjødsling gir økt diametertilvekst

Bakgrunn

Gjennom gjødslingen i planteskolefasen legges grunnlaget for kvalitetsplanter for foryngelse. De aller fleste planteskolene har i dag gode rutiner for å produsere planter med godt næringsinnhold. Men utfordringer i dag er at plantene lett blir for høye. Spesielt ved bruk av vekstkraftig frøplantasjefrø er det viktig å etablere rutiner som begrenser høydevekst, samtidig som en diametertilveksten gjerne kan økes.

Siden Ingestad (1979) sine omfattende forsøk på 70-tallet, har vi hatt kjennskap til hvilken sammensetning i mineralnæringen som gir maksimal vekst, og gjødslingsprogrammene i planteskoler har vært lagt opp etter det. Det var lenge en oppfatning av gjødslingen måtte trappes ned i planteskolene tidlig høst for å sikre frostherdige planter, men det er vist at regulering av daglengde gjennom kortdagsbehandlingen har mye større betydning for utvikling av frosttoleranse enn næringsnivået i plantene (Fløistad 2002).

Nå er det behov for kunnskap om hvordan gjødslingen kan optimaliseres for å oppnå mer kompakte planter. Basert på kunnskap fra andre plantekulturer ønsket vi å teste hvilken effekt endret kalium/nitrogen forhold har for plantenes vekst, samt hvordan kortdagsbehandling kan brukes sammen med gjødslingen for å maksimere diametertilveksten. Kortdagsbehandling kan benyttes for å indusere vekstavslutning i skogplanteskolene (Dormling, Gustafsson et al. 1968). Fordi lengdevekst reagerer raskere på behandlingen enn diametertilveksten er det mulig å oppnå et bedre diameter/høydeforhold i plantene (Bjørnseth 1977). Forsøk har vist at både varighet og oppstartdato påvirker rothalsdiameter (Fløistad and Granhus 2013). Det var i dette prosjektet en målsetting å se på hvordan kortdagsbehandling kan optimaliseres sammen med gjødsling for å oppnå mer stammestive granplanter.

Gjennomføring

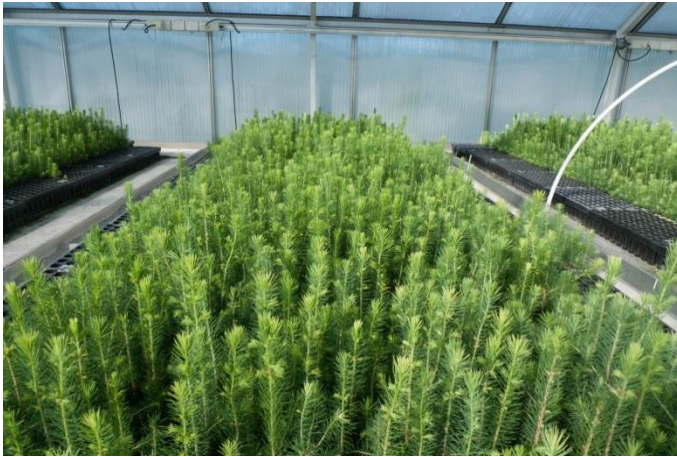
Forsøk under kontrollerte betingelser ble gjennomført både i 2014 og i 2015 i forsøksveksthuset på Hoxmark, Ås (Bilde 1). På grunn av utfordringer med dyrkingen i 2014 gjentok vi forsøksdyrkingen i 2015. To av behandlingene fra dyrkingen i 2014 ble likevel plantet ut i feltforsøk sammen med kommersielt dyrkede planter fra Buskerud (samme frøparti og sådato) og inngikk i en masteroppgave (NMBU) som ble ferdigstilt våren 2016 (Løken 2016).

Plantematerialet var produksjonsplanter av gran, sådd i M60-pottebrett i Buskerud planteskole og deretter flyttet til Ås for gjennomføringen av forsøk med ulik næringsforsyning. I forsøket inngikk seks behandlinger, hver med fire gjentak à tre pottebrett, totalt 72 pottebrett. For å begrense kanteffekter på dyrkingsbordene, hadde vi langs kantene ekstra pottebrett som ikke inngikk i forsøket. Forsøksopplegget i dyrkingsfasen var faktorielt med tre nivåer på gjødslingen og vekstavslutning henholdsvis under kort dag (KD) eller ved normal daglengde. Gjødslingen ble gjennomført som undervanning på dyrkingsbordene, supplert med overvanning med kalksalpeter/calclinit. Forsøket i 2015 startet med likt nivå av kalium (K) for alle plantene fra de ble hentet til Ås 30.04. I perioden 29.05 til 11.08 fikk plantene differensiert K-tilførsel slik at K:N-forholdet (g:g) i

næringsløsningen var 2,5, 3,0 eller 3,9. KD-behandling (14 timer natt, 10 timer dag) varte fra 26.6 til 13.07. Temperatur ble målt med fire dataloggere med sensorer i 20 cm høyde inne mellom plantene.

Nåleprøver fra 15 planter per behandling og gjentak ble tatt for kjemisk analyse av næringsinnholdet 28.05, 13.07 og 20.10. Skuddhøyde og rothalsdiameter ble regelmessig registrert på de samme 10 planter per behandling og gjentak. Den 20.10 ble rotsystemet til åtte planter per behandling og gjentak rensert for jord, og årets røtter ble skilt fra fjorårets. Lengde per diameterfraksjon av årets røtter ble bestemt ved bruk av WinRhizo V 2013a (Regent Instruments Canada Inc). Begge rotfraksjoner ble så tørket i to dager ved 70 °C og veid.

Variansanalyse ble gjort ved bruk av programmet JMP10 (SAS Institute Inc. Cary, NC, USA). Signifikansnivået ble satt til 0,05.



Bilde 1. Fra forsøksveksthuset på Hoxmark, hvor plantematerialet ble dyrket frem.

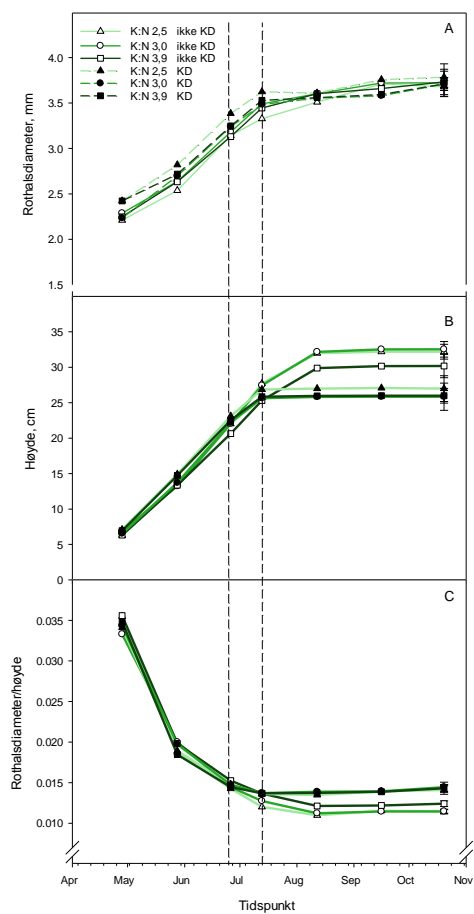
Resultater

Hverken kortdagsbehandling eller endret kalium/nitrogen forhold hadde signifikant innvirkning på rothalsdiameteren ved sluttregistrering (Fig. 1A).

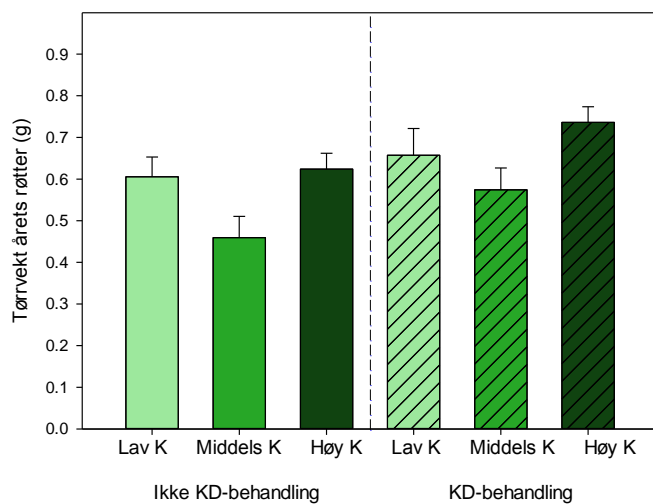
Kortdagsbehandling førte til rask strekningsvekstavslutning uansett kalium/nitrogen forhold (Fig. 1B). Dette medførte signifikant kortere skuddlengde på alle kortdagsbehandlede planter sammenlignet med ikke kortdagsbehandlede planter, ved alle måletidspunkter etter kortdagsbehandlingen. Endret kalium/nitrogen forhold hadde ikke signifikant effekt på skuddlengdene, men i plantene uten kortdagsbehandling var det en tendens (ikke signifikant) til at det høyeste kaliumnivået reduserte skuddlengden (Fig. 1B).

Kortdagsbehandling gav signifikant høyere forhold mellom rothalsdiameter og skuddhøyde (Fig. 1C). Årsaken til dette var den reduserte skuddhøyden ved kortdagsbehandling. kalium/nitrogen forholdet hadde ingen effekt på forholdet mellom diameter og høyde.

Tørrvekten av siste års røtter ble ikke signifikant påvirket hverken av daglengde eller endret kalium/nitrogen forhold (Fig. 2).

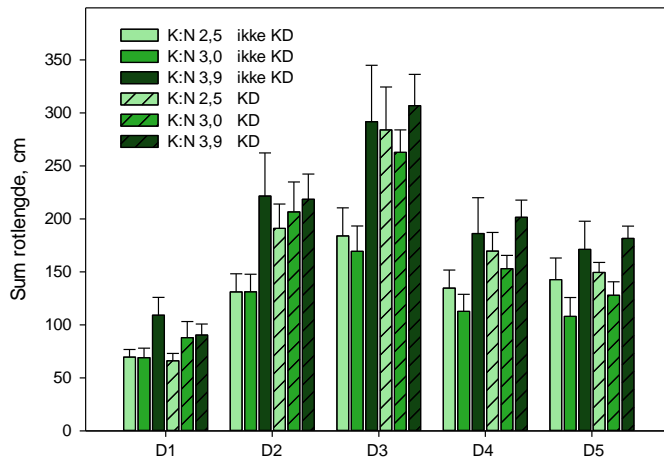


Figur 1. Rothalsdiameter (A), høyde (B) og forholdet mellom rothalsdiameter og høyde (C) i granplanter gitt ulik behandling med hensyn på næringstilførsel og kortdags-behandling. Stiplede linjer indikerer varighet av kortdagsbehandlingen. Variablene ble målt på de samme ti plantene pr behandling og gjentak (n=4 gjentak) ved hvert måletidspunkt.



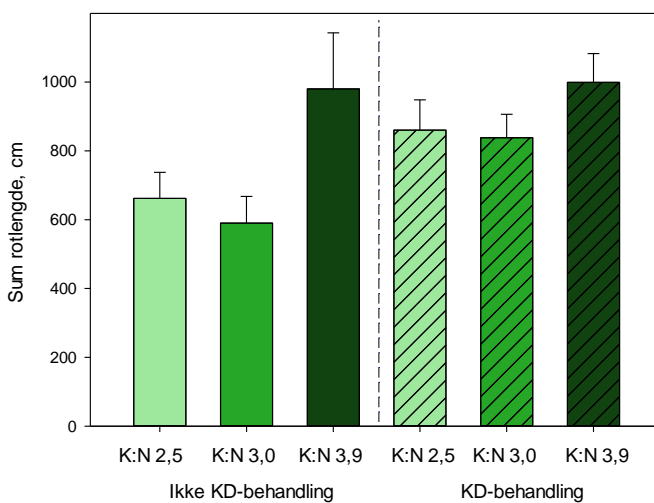
Figur 2. Tørrvekt av årets røtter i granplanter gitt ulik behandling med hensyn på næringstilførsel og kortdagsbehandling. (n=8).

For siste års røtter var det en tendens til at kortdagsbehandling økte rotlengden (Fig. 3). Økningen var signifikant bare for diameterklassene 0,1-0,2 mm (D2) og 0,2-0,3 mm (D3). Det var en tendens til at det høyeste kalium/nitrogen forholdet gav større rotlengder sammenlignet med lavere kalium/nitrogen forhold, spesielt for planter uten kortdagsbehandling. Bare i enkelte diameterklasser var forskjellen signifikant.



Figur 3. Sum rotlengder på årets røtter i diameterklasser fra D1 til D5. Plantene var gitt ulik behandling med hensyn på næringstilførsel og daglengde. Diameterklassene har følgende inndeling (mm): D1 = 0 - 0,1; D2 = 0,1 - 0,2; D3 = 0,2 - 0,3; D4 = 0,3 - 0,4; D5 = 0,4 - 0,5. n=8.

For alle røtter med diameter under 0,5 mm vurdert samlet, var det ingen signifikant effekt av daglengde innen hvert kalium/nitrogen forhold. Men for planter uten KD-behandling resulterte det høyeste kalium/nitrogen forholdet i signifikant større rotlengder enn ved lavere kalium/nitrogen forhold (Fig. 4).



Figur 4. Sum rotlengder <0,5 mm i diameter på røtter av granplanter gitt ulik behandling med hensyn på næringstilførsel og kortdags-behandling. (n=8).

Mengdeforholdet mellom makronæringsstoffene og nitrogen i nålene ved hvert av de tre høstetidspunktene er vist i Tab. 1 Med unntak av kalium og svovel holdt mengdeforholdene seg stabile sammenliknet med 28.05. Nitrogen/kaliumforholdet økte fra 100:60 ved første prøvetidspunkt til ca. 100:100 ved de to siste tidspunktene.

Tabell 1 Konsentrasjon av nitrogen i nålene (% av tørrstoff) samt mengdeforholdet mellom hvert makronæringsstoff og N i nålene, der N er satt til 100. Slutthøstingen var 20.10.15. De to siste radene viser gjennomsnittet for alle behandlingsledd 28.05.15 (før ulike K-nivåer og ulike daglengder ble innført) og 13.07.15 (dato for avslutning av kortdagsbehandling, med ulike K-nivåer).

Behandling og dato	N % av tørrstoff	Vekt-proporsjon P	Vekt-proporsjon K	Vekt-proporsjon Mg	Vekt-proporsjon Ca	Vekt-Proporsjon S
1, 20.10	1,645	14,3	101,7	6,8	16,3	10,6
2, 20.10	1,673	17,2	103,1	6,9	15,2	10,6
3, 20.10	1,630	17,8	107,4	6,9	15,6	11,7
4, 20.10	1,698	15,2	94,7	6,9	17,4	10,6
5, 20.10	1,768	17,3	92,5	7,4	19,0	11,0
6, 20.10	1,678	22,8	102,8	7,9	20,1	11,2
Snitt alle 20.10	1,682	17,4	100,4	7,1	17,3	11,0
Snitt alle 28.05	1,642	14,1	59,5	6,7	17,9	6,3

Diskusjon

Nålene opprettholdt i forsøkene våre omtrent samme konsentrasjoner av nitrogen gjennom dyrkingsforløpet (Tab. 1). Vi påviste som forventet signifikante effekter av daglengde på skuddhøyde og dermed på forholdet mellom rothalsdiameter og skuddhøyde (Fig. 1). Men vi kunne ikke finne grunnlag for å bekrefte målsettingen om økt diametertilvekst med tilpasset gjødsling og kortdagsbehandling. Skogplanteskolene har i perioden jobbet systematisk med gjødselplanene og i møter med hver enkelt planteskole vår og høst har gjødslingsrutinene blitt gjennomgått og evaluert. Det betyr at planteskolene er godt rustet til å produsere kvalitetsplanter, men vi har ikke funnet grunnlag for å bekrefte at et endret kalium/nitrogen forhold påvirker plantenes høydevekst signifikant.

Tilgang på oppgradert utstyr for rotscanning (anskaffet av tidligere Bioforsk) gav oss muligheten til å måle på flere rot diameterklasser i 2015 sammenliknet med de foreløpige undersøkelsene i 2014. Dermed kunne vi vise signifikante effekter av noen kombinasjoner av kalium/nitrogen forhold og daglengde i enkelte av de fineste diameterklassene (Fig. 3). Det var derimot ingen signifikante behandlingseffekter på røttenes totale tørrvekt (Fig. 2). Dette viser betydningen av å kunne bruke mer detaljert rotmålingsverktøy enn kun vekt. Årets resultater for samlet rotlengde i diameterklassene mindre enn 0,5 mm forsterker tendensen vi så i 2014 med økt rotvekst etter kortdagsbehandling og høyt kalium/nitrogen forhold.

Kaliumkonsentrasjonen i plantene var fordoblet ved slutthøsting sammenliknet med forsøksstart (vist som K:N-forhold i Tab. 1). Dette var tilfelle uansett kalium/nitrogen forhold i næringsløsningen. Nitrogeninnholdet i nålene i våre prøver viser et lavere nivå enn gjennomsnittsnivåene i planteskolene. Det kan se ut som at plantene ved lavt nivå på nitrogentilførselen øker kaliumopptaket på bekostningen av nitrogen, selv om de får rikelig tilgang på gjødsel med både kalium og nitrogen. Vi kan se den samme tendensen på barprøver fra planteskoler, det vil si at planter med lavt innhold av nitrogen ofte har et høyt innhold av kalium. Denne økningen kan dermed skyldes luksusopptak av kalium som følge av at plantene ikke var godt nok forsynte med nitrogen i forhold til kalium (Ingestad og Kähr 1985). Nålene fra planter med middels og høyt kalium/nitrogenforhold i næringsløsningen hadde bare marginalt høyere kaliumkonsentrasjon, enn nålene fra planter med det laveste kalium/nitrogenforholdet.

Konklusjon

I tillegg til den velkjente reduksjonen i høydevekst som følge av kortdagsbehandling, viser våre resultater at denne behandlingen har en positiv effekt på lengdetilveksten av de fineste røttene. Det er mulig dette er årsaken til den forbedrede veksten som ofte registreres etter utplanting av kortdagsbehandlede planter sammenlignet med planter som ikke har vært kortdagsbehandlet. Tilførsel av ekstra kalium gir ingen ytterligere forbedring for over- eller underjordisk vekst av kortdagsbehandlede planter. For planter uten kortdagsbehandling kan økt kaliumtilførsel muligens ha en viss positiv effekt i form av høydevekstreduksjon og rotvekststimulans. Men den samme effekten kan oppnås sikrere ved kortdagsbehandling. Effekten er ikke tydelig nok til at økt kaliumtilførsel kan anbefales. God finrotvekst som vi registrerte etter kortdagsbehandlingen forventes å forbedre plantenes etableringsevne. Ved feltforsøk som er etablert i 2016 vil vi få mulighet til å kvantifisere effekten dette har på veksten etter utplanting.

Formidling til brukergruppen

Dato	Sted	Tittel	Arrangement/ målgruppe
5. mars 2014	Hamar	Orientering fra planteskole-tjenesten, blant annet om nytt prosjekt om gjødsling v/Inger Sundheim Fløistad	Planteskolenes vinterkurs
28. januar 2015	Essen, Tyskland	Gjødsel, rutiner og erfaringer v/Søren Munk Andersen og Inger Sundheim Fløistad	Planteskolenes vinterkurs
Veiledningsmøter hos skogplanteskolene mai 2014, oktober 2014, mai 2015, november 2015 sammen med Søren Munk Andersen, Azelis			

I tillegg kommer flere presentasjoner for brukere av skogplanter om generell betydning av plantekvalitet.

Budsjett og regnskap (jfr vedlegg)

Prosjektets totalbudsjett var på 900 000 med 500 000 fra Skogbrukets utviklingsfond, 300 000 fra Skogtiltaksfondet (omsøkt 450 000) og 100 000 i egeninnsats fra planteskolene. Egeninnsatsen fra skogplanteskolene har vært dekket opp av planteskolenes ekstraanalyser (kr 23 201), praktiske utprøvinger og erfaringsdeling, deltagelse på vinterkursene hvor temaet har vært oppe, samt gjennom delprosjektet «næringsforsyning» i veiledningstjenesten planteskolene finansierer. Dette utgjorde timekostnader på kr 47520 i 2014 og 74 980 i 2015, totalt 122 500. Denne egeninnsatsen kommer i tillegg til vedlagt prosjektrekningskap.

For å kunne gjennomføre ekstra analyser av sammenhengen mellom rotvekst og næringsforsyning (basert på plantematerialet fra dette prosjektet), søkte vi i 2015 Borregaards Forskningsfond om støtte på kr 100 000. Tildeling på kr 30 000, supplert med ekstrabevilgning på kr 70 000 fra Skog og landskap, gjorde det mulig å analysere et større antall røtter.

Litteratur

Bjørnseth, I.-P. (1977). "Cessation of cambial activity in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.), its relation to natural daylength, temperature and nutrition." Research Notes **27**: 32-39.

Dormling, I., et al. (1968). "The experimental control of the life cycle in *Picea abies* (L.) Karst. I. Some basic experiments on the vegetative cycle." Silvae Genetica **17**(2-3): 44-64.

Fløistad, I. and A. Granhus (2013). "Timing and duration of short-day treatment influence morphology and second bud flush in *Picea abies* seedlings." Silva Fennica **47**(3).

Fløistad, I. S. (2002). "Effects of excessive nutrient supply and short day treatment on autumn frost hardiness and time of bud break in *Picea abies* seedlings." Scandinavian Journal of Forest Research **17**(4): 295-303.

Ingestad, T. (1979). "Mineral nutrient requirements of *Pinus silvestris* and *Picea abies* seedlings." Physiologia Plantarum **45**: 373-380.

Ingestad, T. and Kähr, M (1985). "Nutrition and growth of coniferous seedlings at varied relative nitrogen addition rate." Physiologia Plantarum **65**: 109-116.

Løken, S. 2015. Effekt av markberedning, næringsstatus og kortdagsbehandling ved planting av gran (*Picea abies*). Masteroppgave NMBU 2015.

SAS Institute Inc. Cary, NC, USA (2007). JMP® Software: Statistical Data Exploration Course Notes.