

Kväveboost för ökad fröproduktion i unga granfröodlingar

Effekt av enbart kväve eller kväve i kombination med gibberellin

Curt Almqvist



Fröodlingen i FP-518 Sörgärde där försöket utfördes. Bilden från Södra fältet. Foto: Johan Jonsson, Södra skogsägarna.

Innehåll

Förord	3
Summary	4
Sammanfattning.....	5
Inledning	6
Material och metoder	7
Försökslokal	7
Försöksupplägg.....	7
Gödslingsbehandling	8
Gibberellinbehandling	9
Barrprovtagning.....	9
Mätningar och dataregistrering.....	9
Kottanalys.....	10
Statistisk analys	10
Resultat	10
Diskussion	15
Slutsatser	17
Erkännanden	17
Referenser	18



Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
skogforsk@skogforsk.se
skogforsk.se

Kvalitetsgranskning (Intern peer review) har genomförts 15 mars 2023 av
Ulfstand Wennström, Seniorforskare och Thomas Kraft, Programchef. Därefter har Magnus Thor, Forskningschef,
granskat och godkänt publikationen för publicering 13 maj 2023.

Redaktör: Caroline Rothpfeffer, caroline.rothpfeffer@skogforsk.se
©Skogforsk 2023 ISSN 1404-305X

Förord

Denna rapport redovisar resultat från ett försök som anlagts för att undersöka effekten av kraftig kvävegödsling ensamt eller i kombination med gibberellin på granars fröproduktion. Projektet är finansierat av forskningsprogrammet Mer Granfrö.

Uppsala den 10 maj 2023

Curt Almqvist

Summary

The aim of this project was to test whether fertilisation with relatively large doses of nitrogen, alone or in combination with application of gibberellin, will increase cone production in Norway spruce seed orchards. In the experiment two different nitrogen fertilisers were tested – one liquid fertiliser with nitrogen in the form of both ammonium nitrate and urea, and one solid fertiliser with all nitrogen in the form of ammonium nitrate. In earlier experiments, the liquid fertiliser had killed off the ground vegetation, thereby making herbicide treatment unnecessary. The solid nitrogen fertiliser also killed off the ground vegetation at the doses used in this experiment.

The effect on cone production of the lower-dose nitrogen (585-gram N per tree) was negligible. The higher dose (1170 gram per tree) gave a positive cone production effect of similar magnitude to the gibberellin treatment. A combined treatment with a high nitrogen dose and gibberellin resulted in the largest increase in flowering and cone production, with an increase between 85 and 123 percent.

The tested treatment combination had negligible effect on cone and seed quality traits. Analyses of nutrient levels in needles before and after fertiliser treatment showed increased nitrogen levels and reduced K/N ratio, which implies the importance of following nutrient ratios carefully when performing this kind of treatment.

Sammanfattning

Syftet med detta försök var att undersöka om gödsling med relativt höga doser av endast kväve eller kväve i kombination med behandling med gibberellin, kan användas för att öka kottsättningen i fröodlingar av gran. I försöket provades två olika gödselmedel, ett flytande som innehöll kväve både i form av ammoniumnitrat och urea och ett fastgödselmedel som enbart innehöll kväve i form av ammoniumnitrat. Det flytande gödselmedlet hade i tidigare finska försök bränt markvegetationen som därigenom inte kunde konkurrera om kvävet vilket ansågs positivt då det gjorde att markvegetationen inte behövde tas bort med herbicider innan gödslingen. Med den höga dosen kväve som användes i detta försök, brände både det flytande och fasta gödselmedlet bort markvegetationen.

Effekten av en den lägre dosen kväve som testades (585 gram N per träd) gav ingen påtagligt positiv effekt på trädens blomning. Den högre kvävedosen (1170 gram N per träd) gav däremot en positiv effekt mätt som blomning och kottmängd av ungefär samma storleksordning som en gibberellinbehandling. Behandling med både kväve och gibberellin gav större effekt än de enskilda behandlingarna och hög kvävedos tillsammans med gibberellin gav en ökning av blomning och kottmängd i storleksordningen 85–123 procent.

De testade behandlingarna gav ingen påtaglig effekt på kvaliteten hos vare sig kottarna eller fröna. Analyser av näringshalterna i barren före och efter gödslingen visade att kvävehalten i barren ökade av gödslingen och att kvoten mellan kalium och kväve ändrades i en ofördelaktig riktning. Det visar att det är viktigt att följa näringshalterna i barren hos träden då denna typ av behandlingar görs.

Inledning

De nya granfröodlingarna i det svenska TreO-programmet är nu på väg in i produktionsfas. Att snabbt få upp produktionen i dessa är angeläget för att avsevärt öka den genetiska nivån i förnyngningsmaterial som skogsbruket använder vid plantering.

En god näringsstatus hos träden ger bättre förutsättningar för fröproduktion då träden producerar fler skottspetsar vilket ger fler potentiella platser för blomknoppar (Sweet & Hong 1978). Det ger också träden energi till en god kott- och frötutveckling som är en energikrävande process för träden (Rosvall m.fl. 1983).

Gödsling är en av de äldsta metoderna för att öka fröskördarna i fröodlingar av många olika trädslag. I litteraturen i stort är resultaten gällande gödslingens effekt på kott- och fröproduktionen oerhört spretig (Owens & Blake 1985). Det är många faktorer som samverkar med gödslingen som t.ex. markfuktighet och nederbörd vid gödslingen, näringsstatus både i marken och i träden, förekomst av annan vegetation som konkurrerar om den tillförda näringen och markens innehåll av organiskt material med hög kolhalt där mikroorganismer (som är mycket effektiva på att ta upp kväve) konkurrerar ut träden i kampen om den tillförda näringen.

I fröodlingar av *Pinus taeda* är användning av kvävegödsling för att öka fröproduktionen en standardprocedur. Schmidting (1974) påpekar att kväve är det klart viktigaste näringsämnet gällande ökad blomning i barrträd. Enligt försök där appliceringstidpunkten under växtsäsongen undersökts ger gödslingen en ökad blomning oavsett när den utförs under växtsäsongen, eventuellt med undantag av väldigt sent på säsongen (Jett et.al. 1997). Å andra sidan har Schmidting (1975) hittat tydliga skillnader mellan olika gödslingstidpunkter, och den bästa var slutet av juli och början av augusti med samma trädslag i USA. I Kina har "intensivplantager" av *Cunninghamia lanceolata* (Chinese fir) där intensiv gödsling är en av grundpelarna, givit enastående ökning av fröproduktionen (He 2017).

Den generella bilden avseende timing av kvävetillförsel för ökad blomning är att gödselmedlet måste appliceras tillräckligt lång tid före blomknopp-utvecklingen för att träden ska ha hunnit ta upp kvävet och för att det ska ha hunnit börja påverka trädet (Owens & Blake 1985). Tidpunkt för mest effektiva applikation är beroende av trädslag (Schmidting 1983). Vilken typ av kväve som tillförs kan också ha betydelse för resultatet. Litteraturen är även i detta avseende spretig och det är troligen olika former av kväve som är bästa att tillföra för olika trädslag.

Enligt Ebell & McMullan (1972) och Ebell (1970) är det sannolikt så, att för blomningsinitiering behövs det tillräckligt hög nivå av gibberellin i trädet. För den vidare differentieringsprocessen av generativa knoppar behövs det vissa aminosyror, särskilt arginin, för att undvika avbrytandet av deras vidare utveckling. Enligt deras resultat var nitratformen av kvävegödseln tydligt bättre än ammoniumformen för att höja argininnivån och således även honblomningen. Den här teorin betyder att gödslingen borde ges ganska sent på sommaren, och inte minst också därför att nitratformen av kväve inte binds lätt till jordpartiklar utan utlakas ganska lätt. I USA används i praktiken i dag ammoniumnitrat som sommargödsling på sydliga tallfröodlingar för att effektivt öka fröproduktion.

För att undvika konkurrens om näringen har ofta gödslingen kombinerats med herbicidbekämpning, vilket generellt kan sägas ha ökat effekten av gödslingen (Owens & Blake 1985).

Ett gödselmedel som använts i ett experiment i Finland är Yara Typpilious 390 som har ett högt innehåll av kväve, varav 50 % är i form av ammoniumnitrat och 50 % av urea. Det appliceras i vattenlösning och har då det provades i en finsk granfröodling, givit positiv effekt då det gavs i kombination med gibberellin (preliminära resultat, Risto Hagqvist, Luke). Att det kvävet appliceras genom vattning hade även den positiva sidoeffekten att det dödade markvegetationen i området runt ymparna där det applicerades. Denna effekt sågs som positiv, då vegetationskonkurrensen därigenom kraftigt minskas utan att herbicider behövde användas. Herbicider har ofta givit ökat effekt av gödsling genom minskad vegetationskonkurrens (Mikola 1987). Om gödslingsmängden är ganska hög, såsom i det ovannämnda finska experimentet, kan en alternativ orsaksförklaring till en bra kottläggning vara en stresseffekt av gödselmedlet, ett slags kemisk rotbeskränkning.

Syftet med det försök som redovisas här, var att undersöka effekten av en kraftig kvävetillförsel ensamt eller i kombination med gibberellin, på blomning samt på kott- och fröproduktion i en relativt ung fröodling av gran.

Material och metoder

Försökslokal

Försöket anlades i fröodlingen FP-518 TreO G7 Söregärde som är belägen strax norr om Kalmar (Latitud: 56.79° N, Longitud: 16.36° Ö, Altitud: 15 meter över havet). Fröodlingen är anlagd 2005 med kompletteringar åren därefter. Förbandet är 7 x 4,5 meter och träden höjddregleras med toppningar för att underlätta kottskörd. Diameter i brösthöjd på träden i försöksblocken var vid försöksanläggningen 14,2 cm (med en standardavvikelse på 3,4 cm).

Försöksupplägg

Fröodlingen är uppdelad i flera fält som ligger jämte varandra. Försöket anlades med två försöksblock per fält på Västra, Norra och Södra fältet, totalt 6 försöksblock.

Varje försöksled ingick med 10 träd i en radparcell i varje försöksblock. Totalt bestod försöket av 6 block med 8 försöksled och 10 träd per försöksled = 480 träd.

I försöket ingående försöksled (FLed):

1. Ingen gödsling, ingen gibberellinbehandling (kontroll)
I figurer angiven som: 1 Control
2. Ingen gödsling, gibberellinbehandling
I figurer angiven som: 2 Only GA
3. Gödsling med låg dos Yara Typpilious 390, ingen gibberellinbehandling
I figurer angiven som: 3 Low
4. Gödsling med låg dos Yara Typpilious 390, gibberellinbehandling
I figurer angiven som: 4 Low + GA
5. Gödsling med hög dos Yara Typpilious 390, ingen gibberellinbehandling
I figurer angiven som: 5 High
6. Gödsling med hög dos Yara Typpilious 390, gibberellinbehandling
I figurer angiven som: 6 High + GA
7. Gödsling med hög dos YARA Skog-CAN, ingen gibberellinbehandling
I figurer angiven som: 7 Solid

8. Gödsling med hög dos YARA Skog-CAN, gibberellinbehandling
I figurer angiven som: 8 Solid + GA

Gödslingsbehandling

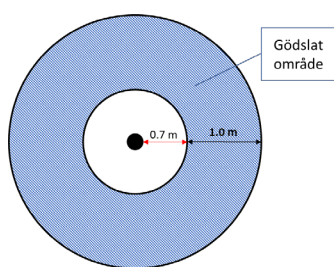
Gödselmedel

Yara Typpilious 390 är ett flytande gödselmedel som innehåller 390 gram kväve (N) per liter. Kvävet är till 50 % i form av ammoniumnitrat och till 50 % i form av urea. Produkten salufördes inte i Sverige, varför den fick importeras från Finland där den tillverkas och saluförs.

YARA Skog-CAN är det gödselmedel som är vanligast vid gödsling av skogsbestånd. Kväveinnehållet är 270 gram N per kg i form av ammoniumnitrat.

Spridning och doser

Ambitionen var att runt varje behandlat träd sprida gödsel på en cirkelyta runt trädet utanför en inre cirkel med en radie av cirka 0,7 meter närmast trädet (Figur 1). I praktiken fick den obehandlade cirkeln närmast träden bli större på grund av det kraftiga grenverket på träden. Den inre cirkelns radie blev 1,5 – 2,5 meter. Den gödslade zonens bredd justerades så att gödseln spreds på lika stor area som ursprungligt var avsett (7,54 m²).



Figur 1. Yta som planerades att gödglas runt varje träd. I praktiken blev dock den ogödslade inre cirkeln vidare (radie på 1,5 -2,5 meter). Den gödslade ytans bredd justerades så att en lika stor area gödglades (7,54 m²).

Gödslingsbehandlingen med det flytande gödselmedlet, Yara Typpilious 390, utfördes med vattenkanna. Det flytande gödselmedlet späddes till 5 liter per träd. Mängden flytande gödselmedel var i försöksled med låg dos (FLed 3 och 4) 1,5 liter per träd och i försöksled med hög dos (FLed 5 och 6) 3,0 liter per träd. Av det fasta gödselmedlet (FLed 7 och 8), YARA Skog-CAN, spreds 4,3 kg per träd. Denna giva gav samma mängd kväve som den höga dosen med det flytande gödselmedlet.

Gödseldoserna motsvarar:

- Låg dos – 585 gram N per träd. Denna giva motsvarar 776 kg N per hektar behandlad yta, och med fröodlingens förband (7 x 4,5 m, 317 träd per hektar) motsvarar den 186 kg N per hektar.
- Hög dos av både flytande och fast gödsel – 1170 gram N per träd. Denna giva motsvarar 1552 kg N per hektar behandlad yta, och med fröodlingens förband motsvarar den 371 kg N per hektar.

Ambitionen var att gödslingen skulle utföras cirka 10 dagar före gibberellinbehandlingen, vilket ett normalår betyder i början av juni. Gödslingen utfördes 2021-05-31, 2021-06-02 och 2022-06-04, vilket innebär att den utfördes cirka 20 dagar före gibberellinbehandlingen.

Gibberellinbehandling

Behandling med gibberellin utfördes enligt standardförfarandet för staminjektion av Gibb Plus Forest. Behandlingen utförs vid den temperatursumma (Tsum₅) som är optimal för gibberellinbehandling (Almqvist 2020). Temperaturdata för beräkning av temperatursumman hämtades från Trafikverkets station i Rockneby, belägen någon kilometer från fröodlingen. Gibberellinbehandlingen utfördes 2022-06-21.

Dosen gibberellin per träd baserades på trädens diameter (Tabell 1).

Tabell 1. Dos gibberellin (GA_{4/7}) per träd samt mängd preparat (Gibb Plus Forest) och hur många nålar preparatet fördelades på vid injiceringen med Arbor systems Direct inject wedge.

Trädets diameter (cm)	Antal nålar	Mängd Gibb Plus Forest (ml)	Dos GA _{4/7} (mg per träd)
< 7	1	2	20
7 – 15	2	3	30
15 – 20	2	4	40
20 – 25	3	6	60
25+	5	10	100

Barrprovtagning

Barrprover samlades in innan försöksstart under vintern 2020/21 och efter behandling vintern 2021/22. Proverna samlades vid båda provtagningstillfällen in från samma träd i respektive yta. Från varje försöksled i varje försöksblock samlades barrprover in från två träd i ett gemensamt prov. Då behandlingen med gibberellin inte antogs påverka näringshalten i barren så slogs prover från samma gödslingsbehandling med och utan gibberellinbehandling ihop till ett prov. Vid provtagningen innan gödningen hölls de två försöksblocken på det södra och de två försöksblocken på det västra fältet inte isär, varför det blev ett generalprov per försöksled och fält från dessa två fält. Försöksblocken på norra fältet hölls isär, därmed blev det ett prov per försöksled och försöksblock från detta fält. Totala antalet barrprover blev 16 (4 gödlingsregimer x 4 prover (1 från södra, 1 från västra och 2 från norra fältet)).

Vid provtagningen vintern 2021/22 togs proverna på samma sätt som året innan.

Proverna analyserades av laboratoriet för mark- och växtnäringsanalyser på Institutionen för mark och miljö, SLU Uppsala. De näringsämnen som analyserades var kväve (N), fosfor (P), kalium (K), kalcium (Ca), magnesium (Mg), mangan (Mn) och bor (B).

Mätningar och dataregistrering

Vid anläggningen av försöket bedömdes vitalitet i fyra klasser (0=död – 3=fullt vital) och diameter mättes i brösthöjd (1,3 m) på alla ingående träd. Träd med låg vitalitet togs inte med i försöket. Vitalitetsskattningen upprepades i samband med uppskattningen av blomning våren efter behandlingen.

Blominventering utfördes våren 2022. Antalet honblommor per träd räknades och hanblommor per träd klassades i fem klasser (0=inga blommor – 5 mycket riklig blomning).

Hösten 2022 samlades kotten in försöksledsvis i varje upprepning och volymen kott registrerades (liter kott). Kottarna från respektive försöksled inom en upprepning hölls separata så att ett stickprov senare kunde plockas ut för analys av kott- och frövariabler.

Kottanalys

Från de insamlade friska kottarna i varje parcell togs ett stickprov på fem kottar. För varje försöksled slogs sedan kottarna från det försöksledet i alla sex blocken ihop till ett generalprov som sedan analyserades. Det som analyserades var kottlängd, antal kottar per liter, utbyte av frö (kg frö per hektoliter kott), antal matade frön per kotte, procent insektskadat frö, tomt och matat frö samt fröets anatomiska potential (som är ett mått på fröets grobarhet baserat på röntgenanalys av fröet, se Simak 1980).

Statistisk analys

Analyserna utfördes i SAS Proc GLM (SAS 9.4) enligt följande modell:

$$y_{ijk} = \mu + b_i + c_j + d_k + e_{ijk}$$

Där:

y_{ijk} = den beroende variabeln, t.ex. antal honblommor 2022

μ = globalt medelvärde

b_i = fix effekt av block

c_j = fix effekt av försöksled

d_k = fix effekt av Klon (nestad inom block och försöksled).

Ej med i analys av kottmängd.

e_{ijk} = residual ($N(0, \sigma_e^2)$)

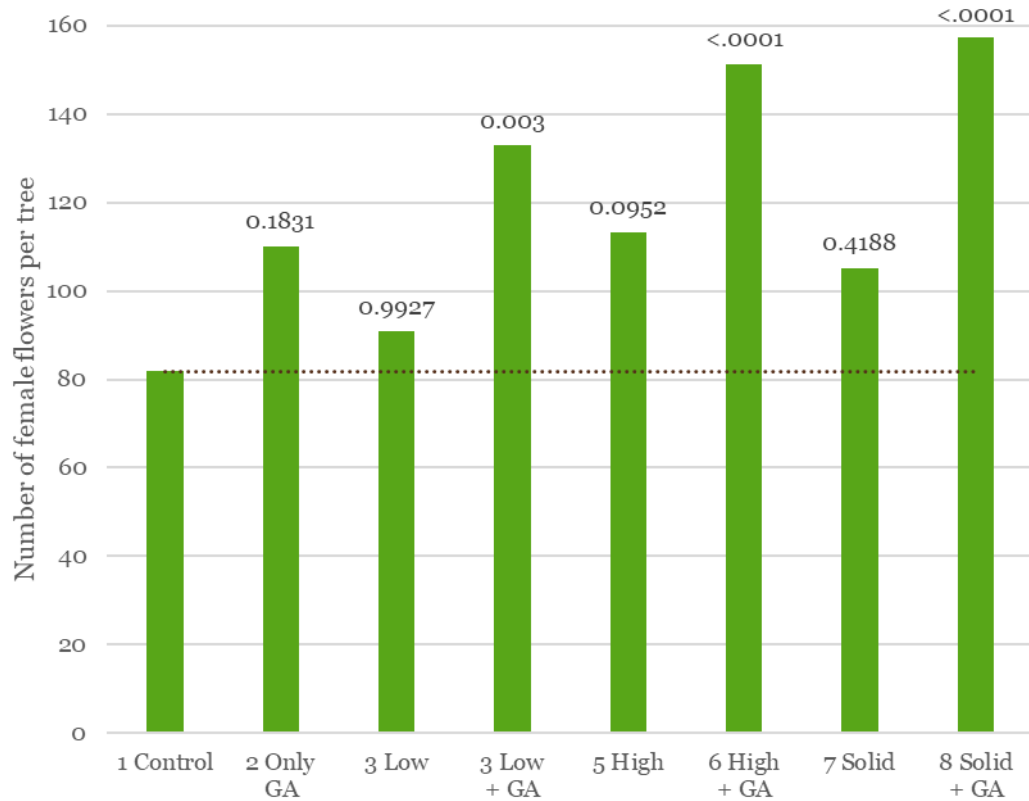
Diameter i brösthöjd var inmätt för alla träd i försöksparcellerna. Denna variabel gav dock ingen förbättring av modellen varför den inte togs med i de slutliga analyserna.

Test av signifikanta skillnader mellan kontroll (Fled 1) och behandlingar utfördes via jämförelser av "least square means" i GLM-proceduren med justering för multipla jämförelser. I figurerna anges signifikansvärdet för jämförelsen ovanför respektive försöksledsstapel. Ett signifikansvärde på 0,05 motsvarar 95 % sannolikhet att skillnaden är statistiskt signifikant.

Resultat

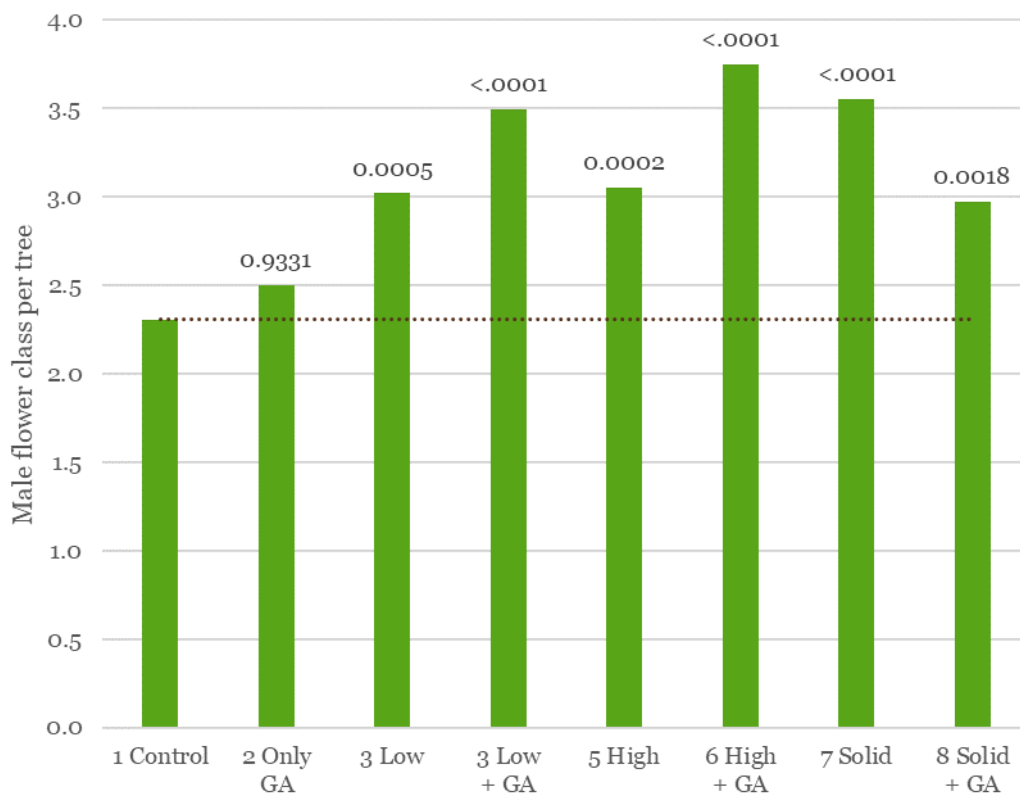
Behandlingarna med kväve och gibberellin påverkade inte trädens vitalitet. Vitaliteten hos de träd som ingick i försöket vid utläggningen var god, eftersom endast vitala träd togs med (Vitalitetsklass 2 och 3, varav 0,8 % var i klass 2). Vitaliteten klassades igen i samband med blominventeringen våren 2022 och det var då totalt fem träd som ändrat vitalitetsklass. Av dessa hade tre träd höjt och två träd sänkt sin vitalitetsklass.

En hög kvävedos gav en ökning av honblomningen av samma storleksordning som en gibberellinbehandling. En kombination av kväve och gibberellin gav en större effekt än behandling med bara ett av ämnena (Figur 2). Störst effekt erhöles av kombinationen hög kvävedos och gibberellin. Det var ingen skillnad mellan det flytande och fasta gödselmedlet.



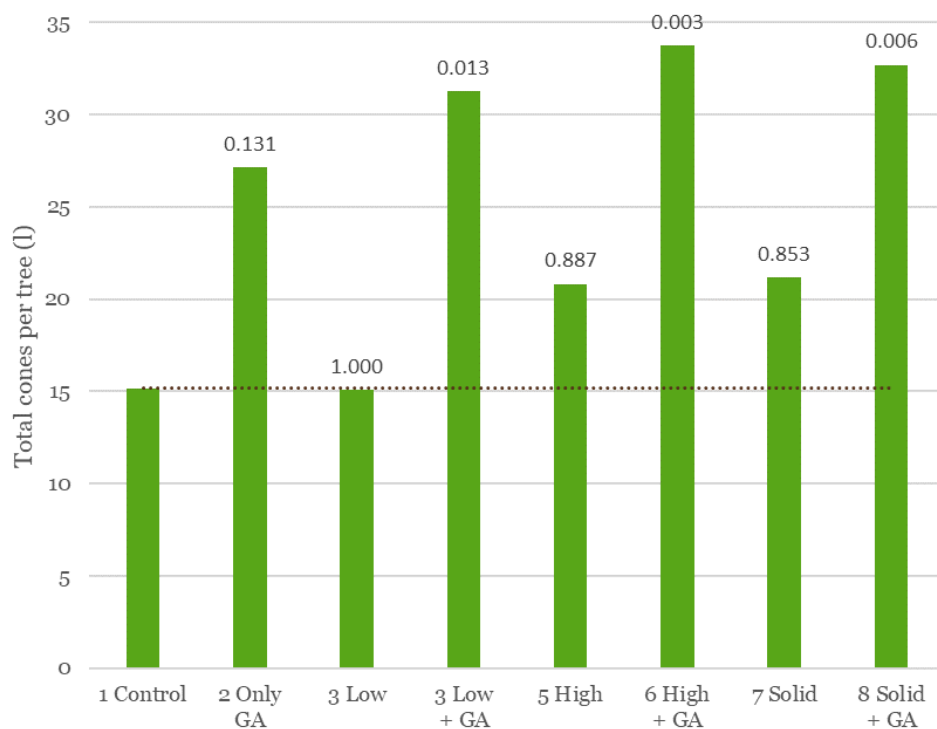
Figur 2. Antal honblommor per träd i de olika försöksleden våren 2022. Prickad linje anger nivån för kontrollen (Control). Signifikansvärdet för jämförelsen med kontrollen är angivet ovanför försöksledets stapel.

Kvävetillförsel ensamt gav större positiv effekt på hanblomningen än enbart behandling med gibberellin. Kombinationen av kväve och gibberellin gav störst effekt på hanblomningen (Figur 3).

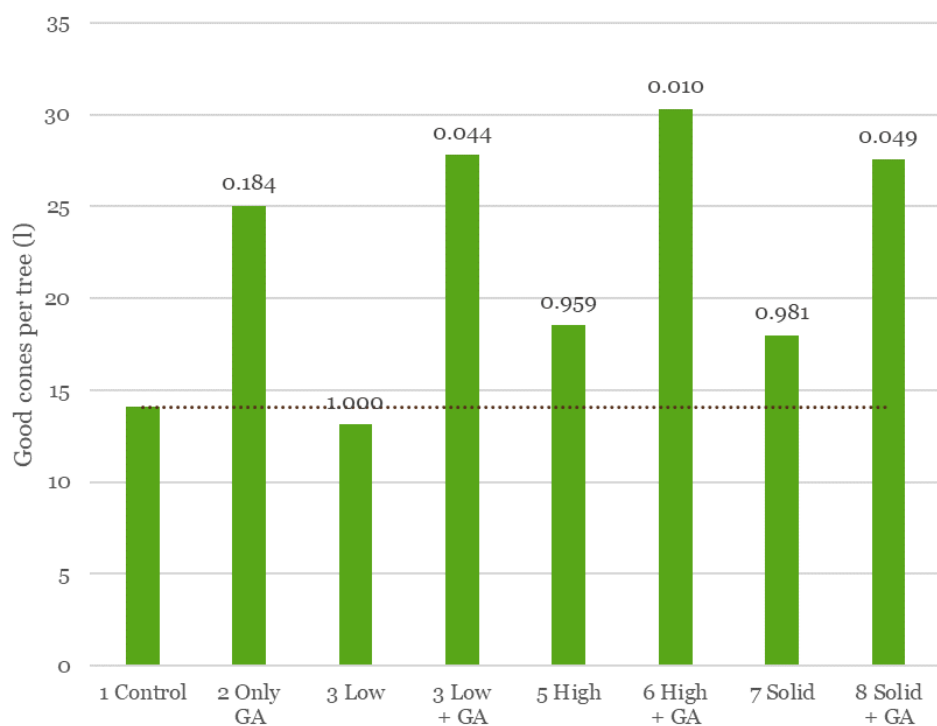


Figur 3. Mängd hanblommor per träd i de olika försöksleden våren 2022. Prickad linje anger nivån för kontrollen (Control). Signifikansvärdet för jämförelsen med kontrollen är angivet ovanför försöksledets stapel.

Effekten av behandlingarna mätt som kottmängd gav samma resultat som skattningen av honblomning, dvs. att hög kvävedos i kombination med behandling med gibberellin gav störst effekt (Figur 4 och 5). För andelen bra kottar (de som bedömts värda att skicka till klängning) av den totala kottmängden fanns det en svag tendens att de högre kvävegivorna hade en lägre andel av kottarna som bedömdes som klängningsvärda, men skillnaderna var små.



Figur 4. Total kottmängd per träd i de olika försöksleden hösten 2022. Prickad linje anger nivån för kontrollen (Control). Signifikansvärdet för jämförelsen med kontrollen är angivet ovanför försöksledets stapel.



Figur 5. Mängd bra kottar per träd (dvs. kottar som bedömts oskadade och som skickas till klängning) i de olika försöksleden hösten 2022. Prickad linje anger nivån för kontrollen (Control). Signifikansvärdet för jämförelsen med kontrollen är angivet ovanför försöksledets stapel.

Kott- och fröanalysen påvisade inte några betydelsefulla skillnader mellan de olika försöksleden (Tabell 2). Det enda avvikande värdet var den lägre anatomiska potentialen (AP) för försöksled 7, hög dos fastgödsel.

Tabell 2. Kott- och fröanalys av stickprov från de olika försöksleden.

FLed	Kott- längd (cm)	Antal kottar per liter	Utbyte (kg/hl)	Matat frö per kotte	Insekts- skadat frö (%)	Tom- frö (%)	Matat frö (%)	Tusen- korn- vikt (gr)	AP ⁽¹⁾ (matat frö)
1 Control	13.5	7.5	1.75	241	0.25	0.75	99.00	9.68	97
2 Only									
GA	13.6	7.5	1.68	243	0.25	1.00	98.75	9.20	97
3 Low	14.3	6.7	1.57	247	0.00	1.00	99.00	9.48	97
4 Low									
+ GA	13.8	7.5	1.58	229	0.00	0.00	100.00	9.21	97
5 High	14.05	7.5	1.94	280	0.25	1.75	98.00	9.25	96
6 High									
+ GA	13.7	8.6	1.92	251	0.00	0.00	100.00	8.91	96
7 Solid	14.2	8.6	1.72	247	0.00	0.00	100.00	8.10	88
8 Solid									
+ GA	13.4	7.5	1.67	251	0.75	0.00	99.25	8.86	96

⁽¹⁾ AP = anatomisk potential i procent. En skattning av grobarheten baserat på röntgenanalys av frön.
Maximal AP=97%.

Före försöksstart hade alla försöksled en god status för alla analyserade näringsämnen förutom kväve som var på bristnivå i jämförelse med de referensvärden som gäller för optimal tillväxt (Tabell 3). Ytor som var lottade att bli gödslade med hög giva fastgödsel hade även en fosfornivå som var suboptimal. Vintern efter gödningen hade kvävestatusen förbättrats för de gödslade ytorna. Fosfornivån låg kvar på optimal nivå för alla ytor utom för de med hög kvävegiva som låg kvar på suboptimal nivå. Nivån på kalium hade sjunkit till suboptimal nivå förutom för den höga kvävegivan med flytande gödselmedel som låg kvar just ovanför gränsen till optimal nivå.

Tabell 3. Halter av makro- och mikronäringsämnen i barr provtagna vintern 2021 innan gödningen och vintern 2022 efter gödningen. Färgkodning av mätvärdena i jämförelse med referensvärden (Tabell 1 i Brække & Salih 2002): ofärgad = optimal nivå, ljusblå = sub-optimal nivå och mörkblå = brist-nivå.

Prov- år	FLed	Tot-N g/kg ts	P mg/kg ts	K mg/kg ts	Ca mg/kg ts	Mg mg/kg ts	Mn mg/kg ts	B mg/kg ts
2021	Control	13.5	2147	6931	9578	1320	291.6	17.91
2021	Low	13.6	2107	6869	8742	1289	300.0	18.74
2021	High	13.2	2342	6801	9535	1317	296.4	19.61
2021	Solid	14.6	1734	6147	7469	1124	248.0	17.60
2022	Control	12.9	1946	5446	7751	1081	270.6	15.94
2022	Low	16.2	1849	5903	7336	1039	232.6	16.28
2022	High	19.6	2080	6021	6803	954	214.0	16.05
2022	Solid	18.3	1783	5522	6591	1001	225.1	32.94

Kvoten (ration) mellan kväve och de övriga näringsämnena var bra för alla ämnen innan gödningen (Tabell 4). Efter gödningen så var P/N-ration för ytorna som gödslats med hög dos fastgödsel precis på gränsen mellan optimal och sub-optimal. För K/N-ration hade de ytor som gödslats med höga kvävedoser sjunkit till sub-optimal.

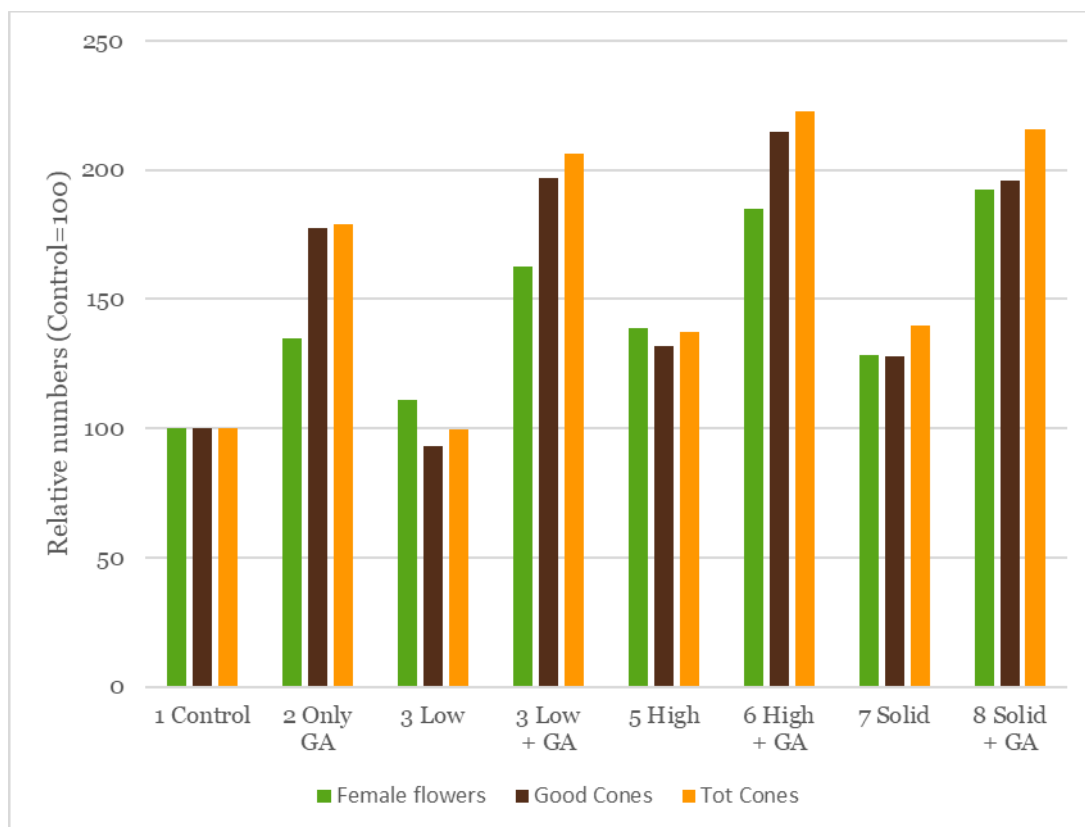
Tabell 4. Förhållandet (ratio) mellan kväve (N) och andra makro- och mikronäringsämnen i barr provtagna vintern 2021 innan gödslingen och vintern 2022 efter gödslingen. Färgkodning av ratio i jämförelse med referensvärden (Tabell 1 i Brække & Salih 2002): ofärgad = över rekommenderad ratio, blå = under rekommenderad ratio.

Prov- år	FLed	P/N- ratio	K/N- ratio	Ca/N- ratio	Mg/N- ratio	Mn/N- ratio	B/N- ratio
2021	Control	16%	51%	71%	10%	2.2%	0.13%
2021	Low	15%	50%	64%	9%	2.2%	0.14%
2021	High	18%	51%	72%	10%	2.2%	0.15%
2021	Solid	12%	42%	51%	8%	1.7%	0.12%
2022	Control	15%	42%	60%	8%	2.1%	0.12%
2022	Low	11%	36%	45%	6%	1.4%	0.10%
2022	High	11%	31%	35%	5%	1.1%	0.08%
2022	Solid	10%	30%	36%	5%	1.2%	0.18%

Diskussion

I ett finskt försök som genomfördes med samma flytande gödselmedel som användes i här redovisat försök, brändes markvegetationen bort på den gödslade ytan (preliminära resultat, Risto Hagqvist, Luke). Detta sågs som positivt då den annars hade konkurrerat om kvävet med granarna. I vårt experiment såg vi en bränningseffekt på markvegetationen av både det flytande och det fasta gödselmedlet med den höga kvävedosen. Även den lägre dosen flytande kväve gav viss bränningseffekt, men där återhämtade sig markvegetationen mycket snabbare. Den brännande effekten på markvegetationen beror därför mer troligt på den höga kvävedosen och inte som antogs i Finland på att gödselmedlet innehöll urea.

Oavsett om effekten av behandlingarna mäts som honblomning, mängd användbara kottar eller total mängd kottar så är skillnaderna mellan den obehandlade kontrollen och de olika behandlingarna i stort sett den samma (Figur 6). En ensam låg gödseldos ger ingen påtaglig ökning medan en hög ensam gödseldos ger en ökning av samma storleksordning som en ensam gibberellinbehandling (27-39 % ökning för en hög kvävegiva och 35-79 % ökning för en gibberellinbehandling). Behandling med både kväve och gibberellin ger större effekt än de enskilda behandlingarna och hög kvävedos och gibberellin ger störst effekt (85-123 % ökning).



Figur 6. Jämförelse av effekt av behandlingarna i relativa tal (Kontroll=100). Effekten skattad som mängd honblommor, mängd användbara kottar och total mängd kottar.

Kott- och fröanalysen påvisade inga stora skillnader mellan försöksleden förutom gällande anatomisk potential (AP) för försöksled 7 hög kvävedos som fastgödsel. I kommentarerna från Monica Lundström (Skogforsk, Sävar) som utförde kott- och fröanalyserna framgår att både försöksled 6 och 7 hade frön som blivit nedklassade i AP-beräkningen på grund av dåligt utvecklad frövit. Detta är ett potentiellt problem som bör följas upp i kommande studier.

Halten av kväve i barren var innan försöksstart låg och klassad som brist enligt de referensvärden som gäller för optimal tillväxt (Brække & Salih, 2002). De var dock över nivån som klassas som allvarlig brist (under 12 gr N/kg ts). Gödslingen höjde kvävehalterna till suboptimala för den låga kvävedosen och optimala för de höga kvävedoserna. De näringsnivåer som förelåg i Söregårde före gödslingen 2021 och som låg kvar på samma nivå i kontrollen 2022 förefaller inte ha påverkat frökvaliteten negativt, då alla kott- och fröparametrar såg bra ut även för den ogödslade kontrollen (Tabell 2). Att kvävehalterna ökade och att halterna av fosfor och kalium minskade efter gödslingen gjorde att kvoten mellan kalium och kväve (K/N-ratio) sjönk till under rekommenderad nivå för de höga kvävegivorna. Även kvoten mellan fosfor och kväve (P/N-ratio) sjönk, men det var bara för den höga kvävedosen av fastgödsel som den tangerade den undre gränsen för den rekommenderade nivån (Tabell 4). Det är viktigt att vid denna typ av gödsling hålla god kontroll på näringsnivåer och förhållandet i halt mellan olika näringsämnen, annars riskerar gödslingsåtgärden att skapa problem som kan påverka trädens vitalitet. Detta gäller speciellt vid upprepade gödslingsbehandlingar.

Slutsatser

Från det här presenterade försöket kan följande slutsatser dras:

- Gödsling med kväve kan användas för att stimulera kottsättningen hos gran.
- Det krävs en hög dos kväve för att erhålla effekt på kottsättningen.
- En hög dos kväve ensamt ger en ökning av kottsättningen av ungefär samma storleksordning som en gibberellinbehandling.
- Bäst effekt erhålls av att kombinera en gödsling med hög dos kväve med en gibberellinbehandling.
- Det finns risk att den höga kvävedosen orsakar näringsobalans. Det är därför viktigt att göra näringsanalyser av barren både före och efter gödslingen.

Erkännanden

Detta projekt har finansierats av forskningsprogrammet *Mer Granfrö* som finansieras av *Föreningen skogsträdsförädling* och de fem största fröproducerande organisationerna i Sverige: Sveaskog, Stora Enso Skog AB, SCA Skog AB, Holmen Skog AB och Södra skogsägarna.

För genomförandet av försöken har författaren haft god hjälp av Johan Jonsson, Södra Skogsägarna och Erik Olsson, Skogforsk. Gibberellinbehandlingen utfördes av Thomas Thernström och Linnea Andrée, Farmartjänst.

Referenser

- Almqvist, C. 2020. Optimal tidpunkt för gibberellinbehandling (GA4/7) i granfröplantager. Skogforsk, Arbetsrapport 1056. 19 s.
- Brække, F.H. & Salih, N. 2002. Reliability of foliar analyses of Norway spruce stands in a Nordic gradient. *Silva Fennica* 36(2): 489–504.
- Ebell, L. F. 1972. Cone-Induction Response of Douglas Fir to Form of Nitrogen Fertilizer and Time of Treatment. *Can. J. For. Res.* 2: 317-326.
- Ebell, L. F., and McMullan, E. E. 1970. Nitrogenous substances associated with differential cone production responses of Douglas fir to ammonium and nitrate fertilization. *Can. J. Bot.* 48: 2169-2177.
- He, Z. 2017. Extremely high seed yields of a new seed orchard concept (NSOC) of Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*): Innovation, techniques and management. I: Proceedings from IUFRO Seed Orchard Conference 2017, Bålsta, Sweden. Editors: Funda, T., Almqvist, C., Hallingbäck, H och Wennström, U. Skogforsk.
- Jett, J. B., et al. 1997. Timing of nitrogen applications in a Loblolly pine seed orchard. 24th Biennial Southern Forest Tree Improvement Conference, Orlando, Florida, USA.
- March R.A., Dashek W.V., Bramlett D.L., Mayfield J.E. 1989. Time of Fertilization in *Pinus Taeda L.* (Loblolly Pine). In: O'Rear C.E., Llewellyn G.C. (eds) Biodeterioration Research 2. Springer, Boston, MA DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4684-5670-7_48
- Mikola, J. 1987. Effects of fertilizer and herbicide application on the growth and cone production of scots pine seed orchards in Finland. *Forest Ecol. Manag.* 19: 183-188.
- Owens, J. N. and M. D. Blake 1987. Forest tree seed production. Forest tree seed production. Information report P1-X-S, Petawawa National Forest Institute. Petawawa, Can. Forest. Scervice: 1-161.
- Rosvall, O., Andersson, B. & Utinen, P. 1983. Markbehandling i tallfröplantager. I: Föreningen skogsträdsförädling, Årsbok 1982, s 71-89.
- Simak, M. 1980. X-radiography in research and testing of forest tree seeds. Res. Notes 3, Department of Silviculture, Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå, Sweden.