RØDE NÅLE OG BARE SKULDRE

– hvorfor opstår det?

Røde nåle og bare skuldre har redet branchen som en mare og har gennem de sidste mange år ført til store økonomiske tab for den enkelte dyrker. Nye videnskabelige undersøgelser finansieret af Forskningsenheden og GAU har nu kastet nyt lys over sygdommene. Mikroskopundersøgelser af de nye nåles vokslag er blevet sammenholdt med kemiske analyser af, hvor de nyoptagne næringsstoffer befinder sig i træerne. Undersøgelserne peger på, at underforsyning med kalcium er afgørende for opståen af røde nåle, mens timingen og doseringen samt opfyldning af træets interne lagre af magnesium er afgørende for udviklingen af bare skuldre. Vejret og jordbund er andre forhold, der har stor betydning for, om disse sygdomme opstår.

BJARKE VEIERSKOV[1], DANIEL PERSSON[1], HELLE JUEL MARTENS[1] OG LARS BO PEDERSEN[2]
1) KØBENHAVNS UNIVERSITET, INSTITUT FOR PLANTE- OG MILJØVIDENSKAB
2) DANSKE JULETRÆER.

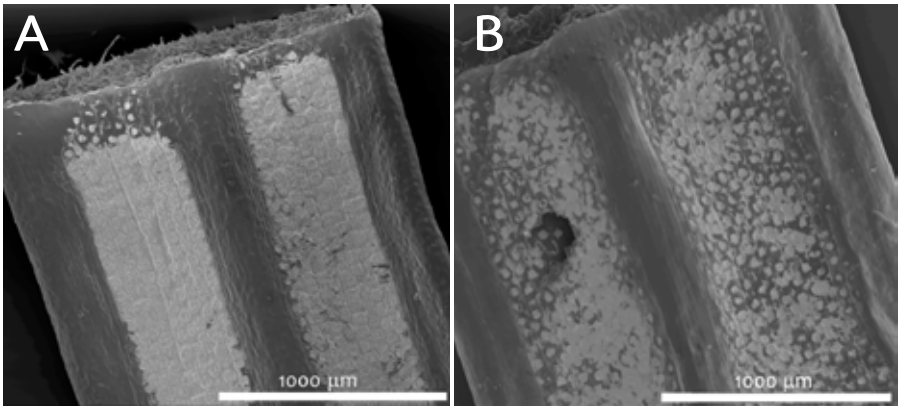
Røde nåle og bare skuldre er sygdomme, som er relateret til næringsstofmangel. Desværre er det ikke ligetil at gødske sig ud af problemet, fordi problemet for begge sygdomme er relateret til, hvad planten gør, eller rettere ikke gør med næringsstofferne, efter de er optaget. På baggrund af vores forsøg i 2018, finansieret af "Forskningsfonden" og "GAU" har vi nu en god dokumentation for, at røde nåle opstår, fordi der som tidligere antaget (Nåledrys 26, 47, 48, 56, 81, 83, 86 m.fl.) er problemer med kalciumbalancen i nålene på de nye skud, og at

Problemstillingen med røde nåle og bare skuldre belyses i tre adskilte forsøg. Her ses forsøgsopstillingen til fremprovokering af sygdommene i et af markforsøgene på Kirstinebjerg 15 dage efter, at skyggenettet var fjernet og tågevandingen ophørt.

bare skuldre kan relateres til problemer med magnesium (Nåledrys 90, 93, 95, 103, 104, 105). Vores forståelse af, hvorledes klimaet påvirker forekomsten af syndromerne, er mere usikker, især fordi klimaet i to år aldrig er helt ens og derfor meget svært at undersøge.

Vækststrategi

Den klassiske løsning på problemer med lave niveauer af næringsstoffer er at gødske mere, men dette er tilsyneladende ikke altid løsningen. For at finde årsagen til at sygdomme opstår, må man derfor gå et skridt længere tilbage for at se på planternes evne til at optage næringsstofferne, og hvor de kommer hen, efter de er optaget.



Figur 1. Læbecellerne ligger som to bånd på undersiden af nålene. Læbecellerne er dækket af et vokslag. A. Vokslag over læbecellerne på undersiden af en ung nål i vækstperioden. B. Vokslaget på undersiden af en et år gammel nål.

Den gødningsstrategi, der benyttes i al plantedyrkning, går ud på, at når planter er i vækst, skal de bruge en større mængde næringsstoffer, som tilgår planteroden fra jordbunden selv eller fra gødskning. Roden optager disse næringsstoffer, hvorefter den sender dem direkte op til de nye voksende skud. Det er en fornuftig strategi for en plante, som kun har vinterknopper til at starte med om foråret, for når væksten påbegyndes, skal der dannes en masse nye blade, der skal lave hele den fotosyntese, som er grundlaget for væksten. Det vil sige, at løvfældende planter og enårige afgrøder skal lave blade, der fungerer fra det øjeblik de anlægges. Sådan er det ikke med stedsegrønne planter, som har hele fotosynteseapparatet klar i de ældre nåle. De kan således bruge de gamle nåle til at lave sukker og sende det til de nye blade/nåle, alt imens planten bruger tid på at udvikle de nye nåle. De stedsegrønne planter har således en vækststrategi, der bygger på at beskytte de nydannede nåle til et langt liv samtidig med at de ældre nåle/blade laver den nødvendige fotosyntese.

Nordmannsgranens vækststrategi har konsekvenser

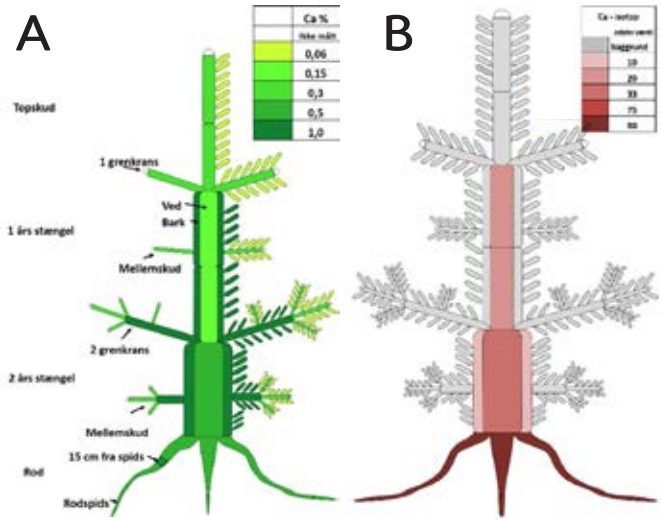
Meget tyder på, at nordmannsgranjuletræer benytter en sådan strategi, men det har nogle konsekvenser for træerne. To af dem er, at røde nåle og bare skuldre kan opstå. Vores hypotese er, at om foråret starter rodvæksten først (Nåledrys 56). Hvis det er en våd og kold forsommer vokser roden ikke ret meget. Dette kan få fatal betydning (se senere). Herefter bryder knopperne og de nye skud vokser frem. På det tidspunkt er læbecellerne på undersiden af de nye nåle beskyttet af så meget voks, at der kun sker en lille fordampning (se figur 1). Dette betyder, at det vand og de næringsstoffer, som roden har optaget, kun i begrænset mængde kommer ud til de

Boks 1. Forsøget

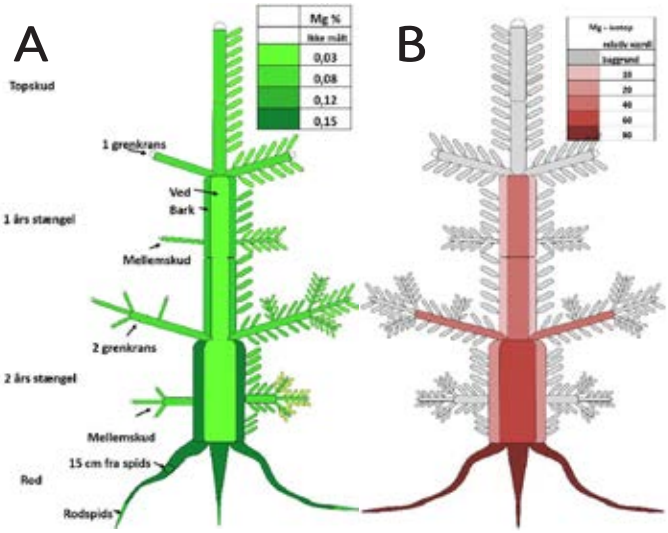
Forsøg 1. I marts 2018 startede vi isotopforsøget med 24 2/1 nordmannsgraner som var oppottet i efteråret 2017. Jorden blev vasket af planterødderne, og planterne blev overført til 1 l potter. Dyrkningsmediet var sand, hvorfra alle næringsstoffer var udvasket. Planterne blev vandet to gange om ugen med 100 ml af en afbalanceret gødning med alle makro- og mikronæringsstoffer. Den 15. juni inddeltes planterne i tre grupper. I gruppe 1 tilførtes en gødning, hvor det normale kalcium var erstattet med kalciumisotopen ^{43}Ca. Gruppe 2 blev tilført en gødning, hvor det normale magnesium var blevet erstattet af isotopen ^{25}Mg. Gruppe 3 udgjorde kontrolgruppen som fik normal gødning. Planterne blev vandet 2 gange med denne opløsning med 5 dages mellemrum. Efter 10 dage blev planterne høstet. Den overjordiske del af træerne blev adskilt i forskellige grentyper og årgange. Nåle og stængelstykker blev også adskilt. Hovedstammen fra hvert år blev opdelt i to; en øvre og nedre halvdel. Fra hver af disse blev bark og ved adskilt. Fra roden blev der udtaget prøver fra de yderste 2 cm og et 2 cm stykke ca. 15 cm fra rodspidsen. I alt blev hver plante inddelt i 32 forskellige fraktioner. Den 25. juni blev der således udtaget 192 prøver til næringsstofanalyse og for lokalisering af isotoperne. Fra alle fraktioner blev der også udtaget prøver, der blev indstøbt til anatomiske undersøgelser. Fra dette materiale blev det undersøgt, hvor i plantevævet og i hvilke celler de enkelte næringsstoffer stoffer befinder sig. Lokaliseringen af næringsstofferne skete gennem skanninger af ultratynde snit af plantevævet.

Forsøg 2. I markforsøg med pottede træer, der havde stået i potterne i fire år, blev 60 træer overdækket med skyggenet som nedsatte solindstrålingen med 60 %. Der blev opsat et tågevandingssystem som overbrusede planterne 4 gange om dagen (kl. 10, 12, 14 og 16). Skyggen blev fjernet og vandingen ophørte den 15. juni. Enkelte af planterne udviklede røde nåle, og nålene fra disse planter blev indstøbt til de anatomiske undersøgelser. Fra 1. maj til 1. september blev der jævnligt udtaget nåleprøver fra topskud samt første og anden grenkrans til analyse af næringsstofsammensætning.

Forsøg 3. I markforsøg med pottede træer, der havde stået i potterne i 4 år, blev 60 træer udvalgt, der i 2017 havde udviklet bare skuldre. Fra 1. maj til 1. september blev der jævnligt udtaget nåleprøver fra topskud, 1. grenkrans, og 1.- og 2. årsnåle fra anden grenkrans individuelt fra alle træer. Disse prøver blev gemt til senere analyse af næringsstofsammensætning. Enkelte af planterne udviklede bare skuldre, og nålene fra disse planter blev indstøbt til de anatomiske undersøgelser.



Figur 2. A. "Heatmap" over kalciumkoncentrationen i samtlige plantedele den 25. juni 2018. De laveste koncentrationer af kalcium findes i de nye nåle og skud. B viser fordeling af kalcium isotopen ^{43}Ca (se Boks 2) som blev optaget i perioden 15. – 25. juni 2018. Størstedelen af det nyoptagede kalcium forblev i roden, og i toppen var der kun nyoptaget kalcium i veddelen, samt lidt i den ældste bark.



Figur 3. A. Heatmap over magnesiumkoncentrationen i samtlige plantedele den 25. juni 2016. Den laveste magnesiumkoncentration findes i de nye nåle og den største koncentration i roden og den ældste bark. B viser fordeling af magnesium isotop ^{25}Mg (Boks 2), som blev optaget i perioden 15. – 25. juni 2018. Størstedelen af det nyoptagne magnesium forblev i roden, og i toppen var det nyoptagne magnesium fordelt i de ældste stængelstykker med mest i veddelen.

nye nåle (figur 2 og 3). Disse nåle bliver derfor navnlig forsynet med sukker og næringssalte fra de ældre nåle.

Vækstpotentialet anlagt året før

Hvad kan fordelen med en sådan strategi være? En snublende nær forklaring kunne være, at disse planter har udviklet en indtil nu ukendt strategi for vækst under skyggefulde forhold. Det forholder sig således, at i nordmannsgranen er hele årets vækstpotentiale allerede anlagt året før i knopperne. Når træet allerede året før har bestemt, hvor stor næste års vækst skal være, er det også fornuftigt, at træet har sikret, at der er sukker nok til at understøtte denne vækst. Fordi planterne er stedsegrønne, foregår fotosyntesen, så snart der er sollys, og temperaturen er over 0°C, dvs. i løbet af hele efteråret, vinteren og foråret. Alt dette sukker er nu klart til at blive sendt ud til det nye skud efter knopbrydning (Nåledrys 56).

Der er således ikke behov for, at de nye nåle hurtigst muligt skal lave fotosyntese til at understøtte deres egen vækst. Dette er nyttigt, hvis træet vokser under skyggelignende forhold, for så er det ikke så afhængigt af, hvor megen sol, der kommer ned til det voksende skud. Nordmannsgranjuletræet har således udviklet en alternativ metode til at være vækstkonkurrencedygtig under skyggefulde forhold. Problemet er bare, at når træet forud har planlagt det følgende års vækst på denne måde, er det svært at korrigere udviklingen, hvis klimabetingelserne bliver ugunstige for den planlagte strategi.

Kalcium er den store taber hos røde nåle

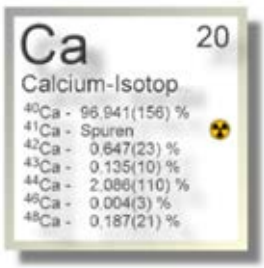
Fra landbruget og frugtavlen ved vi, at det er de blade, der er tættest ved frugtenderne, der står for forsyningen af sukker, når frugterne udvikles. Denne transport ud til frugterne finder sted, selvom der ikke er en stor vandfordampning fra frugterne.

Boks 2. Isotoper

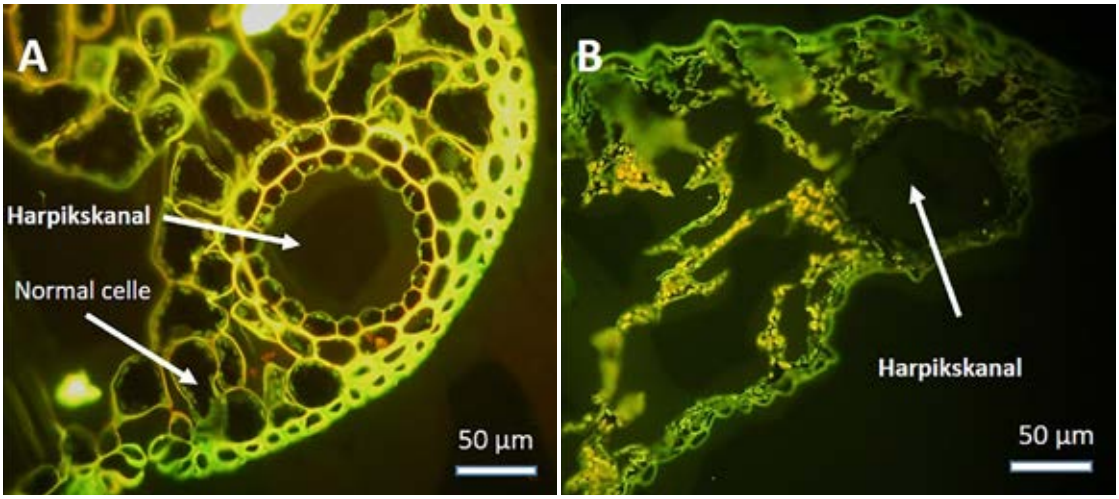
De fleste grundstoffer findes i mange udgaver med forskellig masse, uden at grundstoffernes kemiske egenskaber er påvirket. Naturligt bliver mange af disse isotoper lavet i de højere luftlag, hvor solens lys indeholder meget UV-lys.

Stoffer er opbygget af en kerne med protoner (positivt ladet) og neutroner (ingen ladning). Uden om denne kerne svæver der negative elektroner. Når kalcium skrives som Ca^{2+}, betyder "2+", at der er der et overskud på 2 af de positivt ladede protoner. Omvendt er nitrat (NO_3^-) negativ, fordi den har en elektron i overskud.

Et stofs kemiske egenskaber er knyttet til ladningerne, så hvis antallet af neutrale neutroner ændres, påvirkes kun vægten og ikke de kemiske egenskaber. En isotop af et stof er således det samme stof med en lidt ændret masse. Disse typer med en lidt forskellig masse findes naturligt i en lille mængde overalt. Disse forskellige udgaver af et stof kan enten være stabile, som alle de forbindelser vi benytter som næringsstoffer, men de kan også være ustabile, og så er de radioaktive.



I vores forsøg er planterne tildelt enten isotopen kalcium ^{43}Ca eller isotopen magnesium ^{25}Mg. Da disse ikke opfører sig anderledes rent kemisk, bliver de optaget og transporteret rundt i planten på normal vis. Der hvor de havner efter de 10 dage i forsøget, vil de ændre det normale forhold mellem isotopformen og den normale form. Vi kan måle, hvor meget kalcium, der er af isotopen ^{43}Ca og holde det op imod en anden stabil isotop af kalcium; ^{44}Ca og derefter udregne forholdet mellem de to typer. Hvor det tilførte ^{43}Ca er aflejret, vil dette forhold være ændret, hvorimod i det væv, hvortil der ikke er kommet noget ^{43}Ca, vil der være et stabilt baggrundsforhold.



Figur 4. Tværsnit af normal nål (A) og rød nål (B). A: De stærke cellevægge, der lyser gult, omkranser oppustede store celler. Midt i snittet ses en harpikskanal. B: Cellevæggene ses som lysende gult, men de cellevægge, som skulle afstive cellerne, er kollapset. Harpikskanalen kan stadigvæk identificeres. 50µm = 0,05mm.

Hvis dette overføres til nordmannsgran, betyder det, at det er nålene, der er et år gamle, der er den vigtigste næringsstofkilde til de nye skud. Her bliver kalcium den store taber, fordi dette næringsstof ikke kan remobiliseres (flyttes) fra de ældre nåle. Den smule kalcium (figur 2), der findes i de nye nåle, stammer fra jordoptaget drevet af den lille fordampning, der trods alt sker.

Hvis forsommeren er fugtig, er denne lille fordampning endnu mindre, og dermed bliver kalciumniveauet i de nye nåle endnu lavere og kommer under et kritisk niveau. Kalcium er vigtigt for, at cellerne kan opbygge en stærk cellevæg (Nåledrys 83), og hvis kalciumniveauet bliver for lavt, bliver cellevæggen svag og gennemtrængelig. Hvis der efterfølgende kommer en periode med kraftig sol og varme, kan der opstå problemer, fordi der sker en stigning i fordampningen også fra resten af planten, og dermed et træk af vand ud af de nye skud.

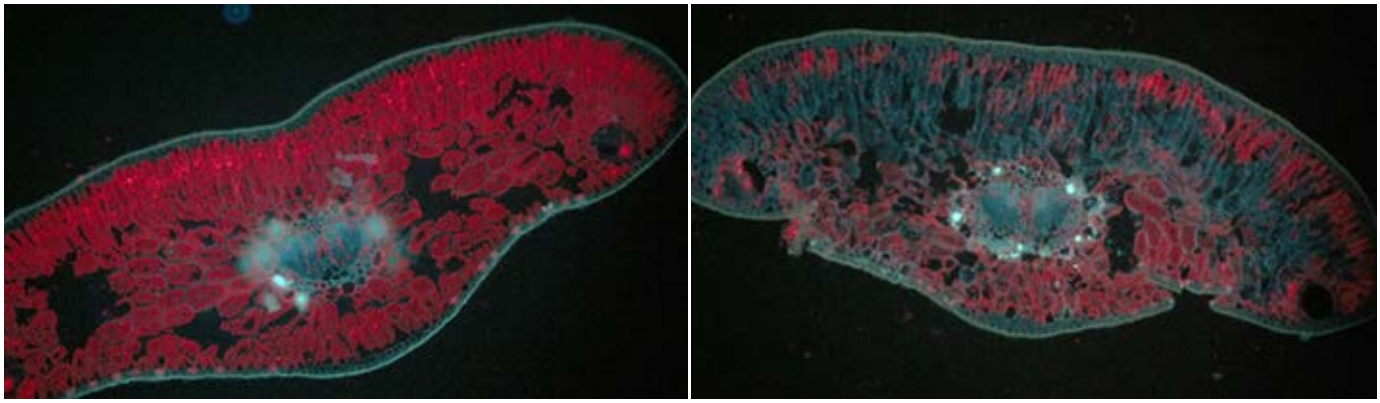
Hvis roden ikke kan forsyne planten med nok vand på grund af en kold og våd forsommer, kan cellevæggen i de nye nåle ikke modstå det træk der opstår, hvorved de kollapser (se figur 4). Når en celle kollapser på denne måde mister den alt indholdet af sukker, næringsstoffer mm., og det er det, der formentlig kan give grobund for etablering af svampen *Sydowia Polyspora*. Hvis de kollapsede celler bliver udsat for stærkt sollys, vil de hurtigt udtørre samtidig med, at der sker en fotooxidering (iltning/ødelæggelse) af fotosynteseapparatet, som resulterer i, at nålene bliver udtørret og røde. Røde nåle opstår derfor som en kombination af en række uheldige omstændigheder: (1) Kold og våd forsommer, som minimerer rodvækst og vandtransport til nye nåle, (2) et kalciumindhold under et kritisk niveau i de nye nåle, og (3) stærkt sollys, der får cellerne til at kollapse og fotooxidere.

Det er velkendt, at røde nåle er knyttet til de bedre jordbundstyper og til høj kvælstofdosering. Røde nåle ses normalt slet ikke hos ugødskede træer, ligesom røde nåle ofte ikke findes på den øverste grenkrans og på topskuddet. Når de røde nåle ikke ses på topskuddet og øverste grenkrans, hænger det formodentligt sammen med, at de vokser direkte på den stamme, hvor det nyoptagne kalcium ophobes. Selvom transporten er lille ud til de nye skud, vil der altid komme lidt mere ud til de skud, hvor transportvejen er kortest, og hvor der er den største fordampning - altså på topskud og første grenkrans.

Formentlig fører øget kvælstofgødskning til store knopper og forøget strækning, som stiller yderligere krav til forsyningen af kalcium til de ekstra mange nye og større nåle. Et højt kvælstofniveau stimulerer syntesen af plantehormonet cytokinin, som stimulerer celledelinger og dermed er med til at understøtte den forcerede vækst. Spørgsmålet er så, om de gamle nåle har forsyninger nok til at understøtte denne ekstra vækst? Det er i denne situation, at det immobile kalcium let bliver taberen. Det er også velkendt, at kvælstof tildelt om foråret på lerjord let kan blive i jorden meget længe, mens at det forsvinder meget hurtigt i sandjorde. Formentlig medvirker disse forhold til at forklare de tydelige forskelle mellem ler- og sandjorde. Ugødskede træer har en langt lavere vækstrate og meget mindre nåle end gødskede træer, hvor kalciumforsyningen tilsyneladende er tilstrækkelig i disse planter.

Bare skuldre: Hold ungdommen i live!

Hvad så med de bare skuldre? Det er lidt det samme, der gør sig gældende. Det grundlæggende problem er, at det magnesium, der tilføres jorden, ikke i tilstrækkeligt omfang kommer op til de nye nåle (se figur 4).



Figur 5. Tværsnit af 2-års nål fra anden grenkrans fra et normalt nordmannsgran (A) og et der er ved at udvikle bare skuldre (B). Klorofylet i cellerne lyser rødt. Klorofylniveauet er næsten helt forsvundet i nålen fra træet med bare skuldre. Klorofyltabet skyldes, at magnesium fra grønkornene er transporteret ud til de nye årsnåle.

I vækstperioden mobiliseres magnesium fra de ældre 1-års nåle. Det betyder, at der sker en dræning af magnesium fra lageret i disse nåle. Hvis dette lager ikke er stort nok, vil niveauet af magnesium i disse nåle sænkes under et kritisk niveau, som er for lavt til, at nålene kan opretholde fotosyntesen. Konsekvensen heraf er, at de går ind i "sensommer/efterårssyndromet" dvs. tømmer 1-års nålene for bl.a. magnesium (det er jo vigtigere at holde ungdommen i live fremfor at holde liv i de gamle), hvorefter nålene bliver gule og falder af (figur 5).

Det fundamentale problem for de mobile næringsstoffer

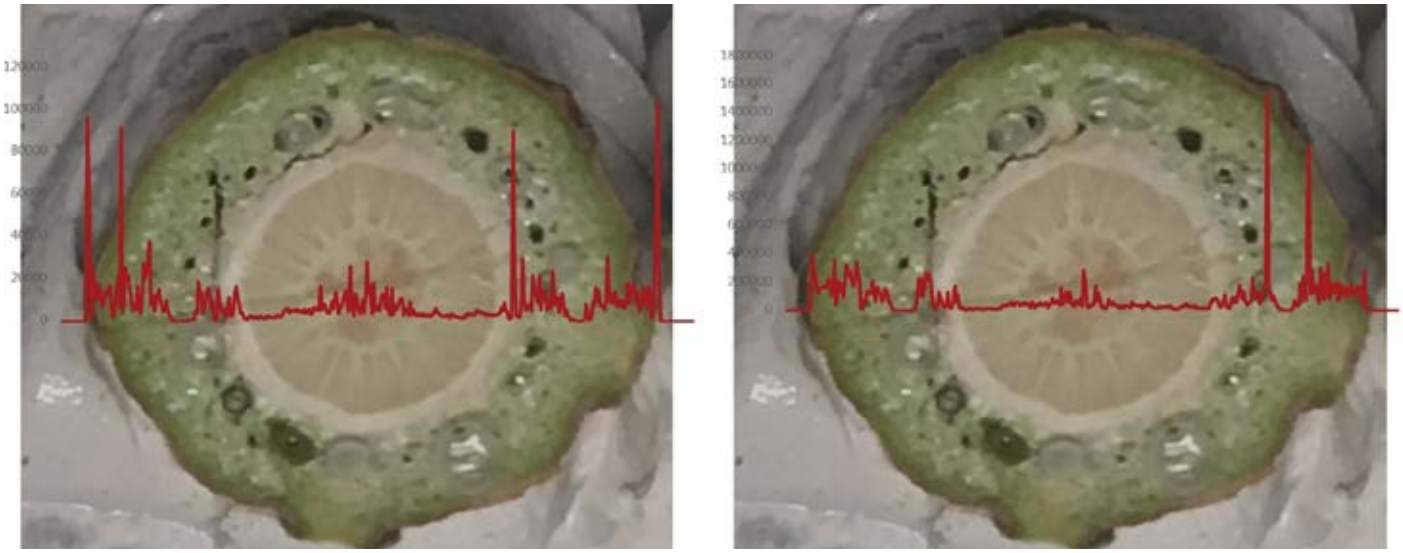
Det fundamentale problem er, at langt de fleste af de næringsstoffer, der optages i vækstperioden, ikke kommer ud til vækstområderne, men forbliver midlertidigt i roden og i stammen (figur 2, 3 og 6). Et begyndende problem er ikke muligt at løse ved at tilføre mere gødning til jorden i strækningsperioden. Den eneste mulighed er, at sikre at næringsstoflagrene er fyldt så godt op om foråret, at de kan klare forsyningen til nyvæksten, også selvom klimabetingelserne vil modarbejde den ønskede næringsstoftransport.

Spørgsmålet er så, hvornår disse lagre oparbejdes? Vi ved bl.a. fra forsøg med isotopen ^{15}N, at der sker en optagelse i det sene forår (Nåledrys 88) hvor rodvæksten er stor, men det er sandsynligt, at en nok lidt overset del af oparbejdningen af træets lagre af næringsstoffer sker i løbet af sensommeren og det tidlige efterår, der hvor rodvæksten igen er høj, og navnlig for kvælstofs vedkommende gennem farvegødskningen, der har til formål at få de nye nåle til at blive grønne.

FORT SIRIO – også god ved kløver

SØNDERUP MASKINHANDEL A/S

Hjedsbækvej 464 • 9541 Suldrup • tlf: 98 65 32 55 • www.jutrak.dk
www.facebook.com/FORTSIRIO • e-mail: mail@fbdk.dk



Figur 6. Scanningstværsnit af årsskud. A: Tværsnittet er scannet for lokalisering af kalcium. Profilen for kalciumniveauerne er lagt ovenpå det anatomiske snit. B er et tværsnit scannet for lokalisering af magnesium. Profilen for magnesiumniveau er også her lagt ovenpå det anatomiske snit. Det yderste tykke lag med højt signal er barken. Herefter kommer veddet, hvor signalet er meget lavt, og inderst kommer marven, hvor der igen ses et signal. Scanningsbilledet her viser, at det kalcium og magnesium, som næringstofmålingerne og isotopforsøget viste befandt sig i veddelen, rent faktisk findes i marven i veddet. Her oplagres næringsstofferne som salte.

De milde vintre, vi har haft de senere år på grund af klimaforandringerne, betyder, at planterne kan lave rigtig meget sukker fra november til maj til at understøtte sommerens vækst. I en del af denne periode er næringsstofoptagelsen lav på grund af en lav jordtemperatur. Disse forhold kan være med til at understøtte en ubalance mellem sukker og næringsstoffer til nyvæksten, hvor kalcium og magnesium bliver taberne.

Konklusion og løsning

Årets vækstpotentiale ligger i størrelsen af knopperne, som er styret af at forrige års vækstforhold i sensommeren, og på baggrund af den valgte gødningsstrategi i det forgangne år er de gamle nåle blevet fyldt op med næringsstoffer. Ved knopbrydning i maj skydes løbet i gang. Nu kan man bare krydse fingre for, at madpakken er stor nok, så den kan holde frem til målet i august, hvor nyvæksten afsluttes. Som i alle andre løb, er klimaet en vigtig faktor for ens tilstand, når man når målet. Endte træet med røde nåle eller bare skuldre, eller klarede det den?

Når først løbet er skudt i gang, kan vi nok ikke ændre madpakken væsentligt gennem traditionel gødskning, da de optagne næringsstoffer ikke kommer frem til de voksende nåle på grund af den naturlige lille fordampning fra de nye nåle. Den eneste mulighed for at rette op på eventuelle mangler er gennem bladgødskning. Her mangler vi dog meget viden om, hvorledes dette skal gøres for at opnå det ønskede resultat. Vi skal have kendskab til, hvor let og i hvilken form de forskellige næringsstoffer optages, og hvordan de bliver transporteret videre i planten. Vi kan også konkludere, at det er næringsstoftilstanden ved knopbrydning, som er altafgørende. Vi skal sikre, at træets depoter er fyldt op, så de kan understøtte den vækst, som den dannede knopstørrelse vil gøre muligt. Her mangler vi viden, ikke kun om hvornår de enkelte næringsstoffer optages bedst, men også om hvornår de kan transporteres til de nåle, der skal understøtte nyvæksten.

Vi skal derfor vaske tavlen ren. Vi skal ikke bare lade os styre af den viden, der findes indenfor landbrugets dyrkning af enårige afgrøder, men lade vores viden om hvordan nordmannsgranjuletræerne vokser, bestemme hvordan, træerne skal gødskes.

Nye undersøgelser

Selvom alle vores analyser fra 2018 understøtter denne hypotese, skal der tages forbehold. 2018 var dog et usædvanligt vækstår, så yderligere dokumentation vil derfor være nødvendig, førend man kan vurdere, om den nuværende gødningsstrategi skal justeres eller ændres.

Tak

Undersøgelserne er finansieret af Forskningsenheden og GAU (Gartneribrugets Afsætningsudvalg). Dem vil vi gerne rette en stor tak til, men vi vil også sige særlig tak til de producenter med flere, der har betalt til Forskningsenheden for på hele branchens vegne at komme et væsentligt spadestik dybere ned i forståelsen af to af branchens helt store dyrknings-problemer. Vi vil også gerne takke Gartnerirådgivningen for et godt samarbejde og ikke mindst Kirstineberg A/S for deres samarbejde og velvillighed.