

Kalium

– regulatornæringsstoffet

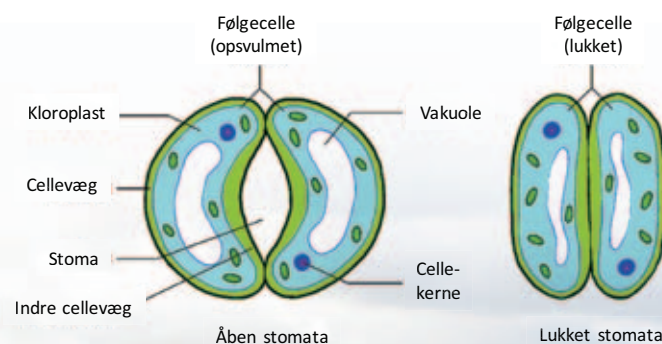
Måske har kalium de sidste par år fået et lidt blakket ry i branchen på grund af næringsstoffets uheldige hæmning af optagelsen af magnesium – et forhold som har medvirket til den massive forekomst af ”bare skuldre”, som vi desværre kender alt for godt til. Men kalium er et livsnødvendigt næringsstof for planter, og når man undtager de allestedsnærværende næringsstoffer brint, ilt og kulstof, så er kalium iblandt de tre næringsstoffer, som planter optager mest af.

Af Lars Bo Pedersen

Regulatoren

Kalium er et makronæringsstof og derfor et af de 17 livsnødvendige næringsstoffer, som planter behøver til deres vækst og formering. Kalium betegnes ofte som en ”regulator”, fordi næringsstoffet er involveret i over 60 forskellige enzymsystemer i planterne. Desuden er kalium kendt for sin rolle til at modvirke tørkestress og for sin dæmpende effekt på temperaturstress. Derudover deltager næringsstoffet også i planternes produktion af stivelse og har en medbestemmende rolle i røddernes vækst. Måske er næringsstoffets mest kendte funktion, at det regulerer åbningen og lukningen af planternes spalteåbninger (stomata), hvorved næringsstoffet får overordentlig stor betydning for vandhusholdningen og tørkeresistensen.

Kalium har flere roller i træerne, men til forskel fra kvælstof, fosfor og mange af de andre næringsstoffer er kalium ikke en integreret del af en plantebestanddel, fordi næringsstoffet aldrig rigtig bindes fast til de organiske stoffer og fordi en meget væsentlig mængde findes som opløst kalium i cellevæsken.



Enzymaktivering

Enzymers funktion er at katalysere (fremme) kemiske reaktioner uden selv at blive forbrugt. Kalium forandrer mange af planterenzymernes form, så de tilpasses specifikke kemiske reaktioner. Kalium optimerer desuden enzymernes virkemåde ved at stabilisere cellernes pH mellem 7 og 8 ved at neutralisere mange organiske stoffers negative ladning.

Vandforbrug

Planter er også helt afhængig af kalium gennem næringsstoffs afgørende indflydelse på åbningen og lukningen af de spalteåbninger, der tillader udvekslingen af vand, ilt og kultveilt med atmosfæren. Derved bliver processer, som fotosyntese samt køling og vand- og næringsstoftransport helt afhængig af en tilstrækkelig tilførsel af kalium.

Når kalium flyttes ind i følgecellerne, der ligger rundt om spalteåbningerne, følger der vand med, som får disse specialceller til at svulme op og åbne for spalteåbningerne. Hvis vandtilførslen er begrænset, så pumpes kalium ud af følgecellerne. Herved lukkes spalteåbningerne for at modvirke vandtab og tørkestress.

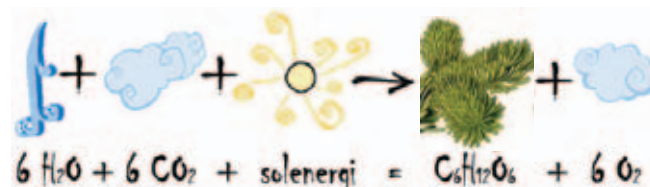
◀ *Figur 1. Når kalium pumpes ind i følgecellerne, der omkranser spalteåbningerne, følger der vand med, som bevirker, at disse celler svulmer op, hvorved spalteåbningerne (stomata) åbnes. Hos nordmannsgran findes spalteåbningerne i alt overvejende grad på undersiden af nålen. Efter www.plantstomata.wordpress.com.*

▼ *En af de mange veltrivende kulturer hos Kim Bøhne ved Hadsund. Fra planlægningen af markvandringen 2015.*

Kalium forkortes "K". Bogstavet K stammer fra det tyske ord kalium. Tidligere brændte man træ og andre organiske produkter i pletter under produktionen af sæbe. Den producerede aske blev skyllet og rensat og efterfølgende blev væsken dampet af. De tilbageblevne salte blev kaldt potaske eller på engelsk potash. Saltene blev tilsat dyrefedt med henblik på at producere sæbe.

Hvis tilførslen af kalium er utilstrækkelig reagerer spalteåbninger langsomt med øget vandtab til følge. Lukningen af spalteåbningerne kan i sådanne tilfælde tage mange timer i stedet for ganske få minutter. Træer med en utilstrækkelig tilførsel af kalium vil derfor være påvirkelig overfor vandstress.

Akkumulering af kalium i planterødder skaber en koncentrationsgradient fra planten til jordvæsken. Det får vandet fra jordvæsken til passivt at søge ind i roden. Planter der lider af mangel på kalium, er derfor mere udsatte for vandstress.

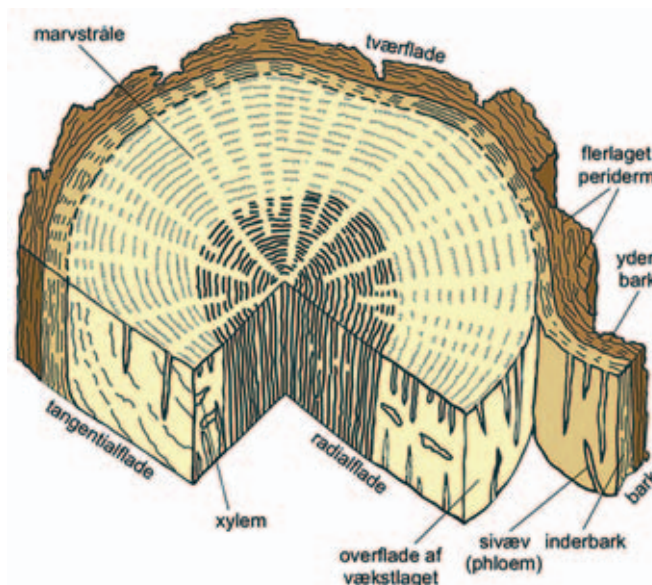


Fotosyntese

Fotosyntesen er den proces, hvor planter omdanner vand (H_2O) og kuldioxid (CO_2) til ilt (O_2) og sukker ($C_6H_{12}O_6$) drevet af energi fra solen. I processen bliver der også dannet højenergibindinger i stoffet ATP, som bruges i mange energiforbrugende processer i planterne. Fotosyntesen er meget kompliceret, og der indgår mange enzymer hvoraf flere bliver aktiveret af kalium ligesom kalium også fungerer som ladningsneutralisator i ATP. Hos træer, der mangler kalium, er fotosyntesen derfor begrænset ligesom produktionen af energi. Omvendt stimuleres træernes respiration (ånding) af mangel på kalium. Dette vil også virke hæmmende på væksten.

Sukkertransport

De sukkerstoffer, der via fotosyntesen bliver dannet i træernes nåle, transporteres normalt via sivævet (phloem) (figur 2) til stammen og roden, hvor de omsættes og/eller oplagres. Dette bruges der energi til leveret af stoffet ATP. Hvis tilgængeligheden af kalium er begrænset, er der mindre ATP til rådighed, hvorfor transportsystemet internt i træet hæmmes. Det betyder, at der ophobes sukkerstoffer i nålene, som på sin side hæmmer fotosyntesen.



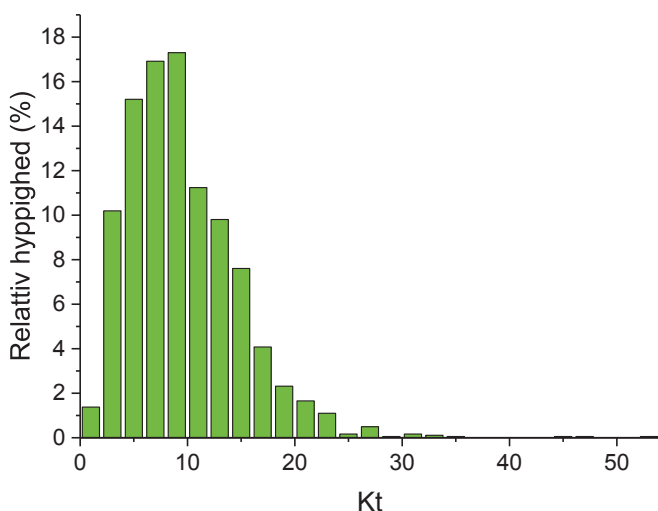
Figur 2. Sivæv (phloem) og xylem (vedvæv) hos nåltræer.



Figur 3. Mangel på magnesium ("bare skuldre") fremmes af for stor tilgængelighed af kalium. Ofte starter processen allerede i forbindelse med udspring.



Figur 4. Kaliummangel hos nordmansgran. Efter V. Talgø, P. Lombnæs, T. Pundsnes: Nutrient deficiencies on *Abies nordmanniana* in Norwegian Christmas tree plantations.



Figur 5. Hyppighedsfordeling af Kt i Danske Juletræers jorddatabase.

Transport af vand og næringsstoffer

Kalium spiller også en afgørende rolle i transporten af vand og næringsstoffer i vedvævet (xylem) gennem aktivering af både enzymer og hormoner. Hvis tilgængeligheden af kalium er begrænset, vil transporten af både fosfat (PO_4^{3-}), nitrat (NO_3^-), kalcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}) og aminosyrer blive undertrykt.

Dannelse af proteiner og stivelse

Kalium er nødvendig i hvert eneste trin i proteinsyntesen fordi aflæsningen af den genetiske kode i forbindelse med produktionen af proteiner ikke kan lade sig gøre uden kalium. Selvom der er nok af kvælstof og andre næringsstoffer til stede, vil der ikke kunne dannes proteiner. I stedet vil der ske en ophobning af kvælstof og proteinernes forstadie, aminosyrer, i træernes nåle. Det enzym, der er ansvarlig for dannelsen af stivelse (stivelse er lange kæder af sukkerarter som bruges til energilager i træerne), bliver også aktiveret af kalium. I tilfælde af kaliummangel vil niveauet af stivelse i træerne falde, mens sukkerstoffer omvendt vil akkumulere i nålene.

Påvirkning af andre næringsstoffer

Optagelsen af kalium påvirkes og påvirker optagelsen af andre næringsstoffer. Kalium stimulerer optagelsen af kvælstofformen nitrat (NO_3^-), men hæmmer derimod optagelsen af kvælstofformen ammonium (NH_4^+). Omvendt har flere forsøg også vist at ammonium hæmmer optagelsen af kalium.

Den kendteste antagonistiske effekt (næringsstoffer der modvirker hinanden) er kalium og magnesiums gensidige negative påvirkning af hinanden. Hvis et af disse næringsstoffer er til stede i stort overmål i forhold til det andet, vil det overskydende næringsstof udøve en negativ påvirkning på optagelsen af det andet. Dette fænomen kender vi desværre alt for godt til i form af bare skuldre (figur 3), hvor kalium undertrykker optagelsen af magnesium. Det kompenserer træerne for ved at flytte det plantemobile magnesium fra de ældre nåle til de yngre nåle, som prioriteres højest. Men den omvendte situation kan også udvikle sig, hvor for meget magnesium i jorden undertrykker optagelsen af kalium. Symptomerne på mangel af kalium eller magnesium kan forveksles, men ved førstnævnte mangel er der en tendens til, at der er en knap så skarp overgang mellem den grønne og den gule del af nålene. Massiv mangel på kalium fører til gulfarvning af hele nålen (figur 4). Ved mangel på kalium er der ikke samme udprægede tendens til nåletab som ved mangel på magnesium. Kalium kan luksusoptages i op til tre gange træernes behov.

Kalium og kalcium påvirker hinanden på samme måde. Der er dog en tendens til i planteverdenen, at et ubalanceret højt niveau af kalium allerførst fører til mangel på magnesium og først hvis ubalancen øges, sker der en hæmning af kalcium. Men megen af forskningen er foregået på landbrugets enårige planter og ikke på stedsegrønne flerårige planter som nordmannsgran og nobilis, som har et helt anderledes krav til næringsstoffer i både tid og rum.

Jordens indhold af kalium

Der findes meget store mængder kalium i den opdyrkerede danske jord. Alene i pløjelaget findes der mellem 30 og 60 tons kalium per hektar, men det er kun en beskedent del heraf, der

er umiddelbar tilgængelig for planterne. Jordens indhold af kalium deles normalt op i fire puljer:

1. Mineralsk kalium bundet i jordens primære mineraler så som feldspat.
2. Langsomt ombytteligt kalium bundet mellem lermineralernes mellemag.
3. Ombytteligt kalium, der sidder på ydersiden af lermineralerne.
4. Kalium i jordvæsken (det er her fra juletræer optager kalium).

Det er kun 1-2 % af mængden af kalium i jorden svarende til punkterne 3. og 4., som er lettilgængeligt for planterne og som bestemmes af kalitallet, Kt. De fire ovennævnte puljer er i ligevægt med hinanden, så når planterødderne sænker Kt øges frigivelsen af kalium fra de sværere tilgængelige puljer. Kt skal være i orden før en ny vækstsæson indledes. Danske juletræers anbefaler at Kt ligger mellem 7 og 10 velvidende, det er vanskeligt helt at opnå på de deciderede sandede jordtyper (især JB1, men også JB2 og JB3), hvor intervallet måske snarere bør være på 5-8. Er Kt større end 12, er der i nordmannsgran overhængende risiko for udvikling af "bare skuldre", mens tal mindre 5 kan føre til mangel på kalium.

Hyppighedsfordelingen af Kt i Danske Juletræers jordbundsdatabase (2007-2015) viser, at Kt klart hyppigst forekommer med værdier mellem 4 og 10 (figur 5), men alligevel er der over 40 % af analyserne, der viser Kt-værdier over 10 og 5 % over 20. Dette er helt klart for meget, men det er vores klare opfattelse, at der gøres meget i disse tider for, at nedbringe disse alt for høje værdier.

Jord er forskellig

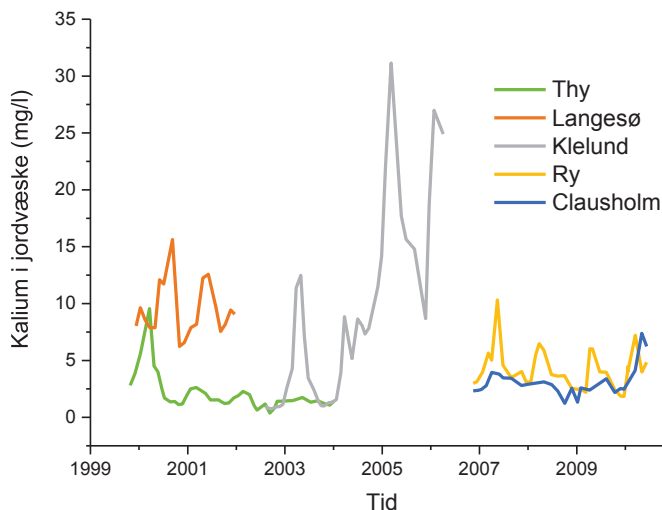
Kalium i jorden er i al overvejende grad knyttet til lerminerallerne, – men ler er ikke bare ler. Der findes flere forskellige lertyper og indholdet af kalium varierer meget i takt hermed. Blandt andet derfor er der også stor variation i indholdet af kalium i jordvæsken, – ikke bare over året og imellem årene, men også fra lokalitet til lokalitet (figur 6).

Især på sandjord er der stor variation i koncentrationerne i jordvæsken, som direkte afspejler doseringer og gødningsstidspunkter (figur 7). Gives der slet ikke gødning på sådanne jordtyper, vil den let tilgængelige mængde kalium (jordvæsken) meget hurtigt falde til væksthæmmende lave niveauer.

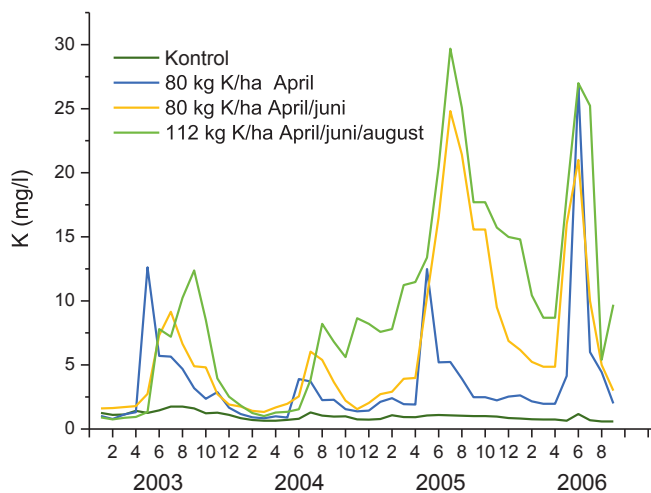
Træernes optagelse

Kalium optages af træerne i store mængder som i gennemsnit udgør mellem 20 og 35 kg K/ha/år (regnet som netto-optag) i mellemaldrende til salgsklare kulturer afhængig af lokalitet og luksuroptagets størrelse. I salgsklare tætplantede bevoksninger på god jord kan det årlige optag tendere mod 50 kg K/ha. Træerne lækker imidlertid også meget kalium gennem udvaskning fra nålene, som de dog let kompenserer ved et effektivt rodoptag. Til netto-optaget skal der derfor lægges omtrent 3-7 kg K/ha/år, så har man det årlige bruttooptag.

Kalium er normalt det stof, der findes i næststørst mængde i planter, men i vedplanter, og i særdeleshed i flerårige stedsegrønne nåletræer som nordmannsgran, akkumuleres et andet næringsstof, kalcium, til stadighed i både nåle, grene, stamme og rødder i hele vækstperioden, hvorved dette næringsstof bliver det næst hyppigste næringsstof og henviser kalium til en tredjeplads.



Figur 6. Svingninger i koncentrationen af kalium i jordvæsken under juletræer. Udvalgte lokaliteter.



Figur 7. Svingninger i koncentrationen af kalium i jordvæsken i fire behandlinger på en grovsandet lokalitet (Klelund). Kontrolbehandlingen tilføres ikke gødning. I de øvrige behandlinger er der brugt NPK 14-3-15. I den tredelte behandling har kvælstofdoseringen været 105 kg N/ha/år. Den todelte gødningsbehandling bestod af 48 kg K/ha i april og 32 kg K/ha i juni. Den tredelte gødningsbehandling bestod af 54 kg K/ha i april, 32 kg K/ha i juni og 25 kg/ha i august.

GLOBALG.A.P.
certificering udføres af

AgroManagement

Kontakt Inge Bodil Jochumsen
Tlf. 5124 4989 eller
www.agromanagement.dk



Det er vigtigt at inspicere sine træer og at få taget jord- og nåleanalyser for at få styr på hvilken gødnings sammensætning man skal vælge og hvornår og hvor store mængder gødning, der skal udbringes. Her studeres et fejlfarvet træ af Michael Skjødt og forfatteren i en skovkultur på Lorup skovdistrikt.

Tilførsel

Foruden gennem gødningen får juletræer tilført kalium via det atmosfæriske nedfald (deposition). Tilførslen er betydelig (tabel 1), men langt fra nok til at dække træernes behov. Tilførslen

ligger mellem 1,5 og knapt 8 kg/ha/år. Tilsvarende værdier (3-8 kg/ha/år) er fundet i forbindelse med stofkredsløbsundersøgelser i skov (Hovmand, Videnblad 8.4-10).

Tilførslen med gødning varierer betydelig med gødningstype (tabel 2) og dosering. YaraMila 14-3-15 samt Triwi 15-4-13 er eksempler på gødninger med et meget højt indhold af kalium. Disse gødninger kan med fordel anvendes på mange sandjordslokaliteter, hvor Kt er særlig lav – men det er vigtigt, at supplere disse gødningstyper med kiserit for at skabe en god balance mellem Kalium og Magnesium.

I den anden ende af skalaen finder man naturligvis de gødninger, der slet ikke indeholder kalium (for eksempel kalkkammonsalpeter, svovlsur ammoniak, og kalksalpeter), men der er naturligvis også gødninger med et indhold, der ligger midt imellem. Det er typer som for eksempel Triwi 13-1-4 og Triwi 22-3-6 fra HD 2412, YaraMila 21-3-10 samt den nyttilkomne gamle kending YaraMila NPK 23-3-6 med mikronæringsstoffer fra Yara, som mange også anvender som farvegødning.

Den gennemsnitlige gødningsdosering i danske juletræskulturer kendes ikke. Regnes der eksempelvis med den nok hyppigst anvendte gødningstype YaraMila 21-3-10 som forårsgødning (60 % af kvælstofdoseringsen) og YaraMila 23-3-6 som farvegødning (40 % af kvælstofdoseringsen) og et gennemsnitligt kvælstofforbrug, der afspejler den gennemsnitlige norm (100 kg N/ha/år), bliver den gennemsnitlige tildeling af kalium på 28,0 + 10,6 = 38,6 kg K/ha/år. Regnes der med samme kvælstofnorm og kvælstoffordeling mellem forår og efterår, men med brug af Triwi 15-4-13 som forårsgødning og kalkkammonsalpeter som farvegødning, bliver tilførslen af kalium på hele 52,0 kg K/ha/

Ekspertise og tæt samarbejde

Vi garanterer den genetiske og tekniske kvalitet hver gang



JOHANSENS PLANTESKOLE

Damhusvej 103, 7080 Børkop, Tlf. +45 75 86 62 22, Mobil 40 40 70 48
plj@johansens-planteskole.dk, www.johansens-planteskole.dk

SUSÅ PLANTESKOLE

Borupvej 62, 4683 Rønnede, Tlf. +45 56 32 60 52, Mobil 20 14 60 52
jho@susaaplanteskole.dk

år. Regnes der derimod med Triwi 13-1-4 som både forårs- og farvegødskning giver dette en årlig tildeling på 31,2 kg K/ha/år. Der kan således være meget at hente, når ens Kt skal sænkes, når man har kalium-induceret bare skuldre, ved at studere sammensætningen af gødningstyperne.

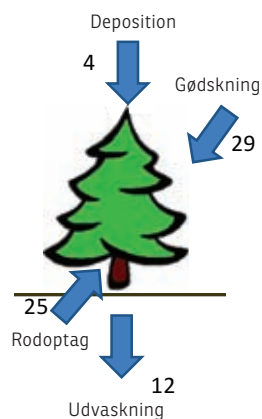
Tab af kalium

Juletræskulturer mister betydelige mængder kalium gennem udtaget af træer og gennem udvaskning. I forsøg er fjernelsen af kalium med udtaget af træer blevet målt til 18-60 kg K/ha/år (tabel 3), men man skal nok regne med, at det normalt ligger mellem 20-30 kg K/ha/år.

Hertil skal lægges tabet gennem udvaskningen, som varierer betydeligt fra lokalitet til lokalitet. Her spiller jordtypen naturligvis en stor rolle, men selv på deciderede lerjorde varierer udvaskningen betragteligt. På de lerrige lokaliteter, som Hastrup Skov og Langesø, er udvaskningen henholdsvis 1 og cirka 30 kg/ha/år (tabel 4). Det er vanskeligt at udregne et fuldt troværdigt gennemsnit, når variationen er så stor, men det er nok mest almindeligt, at der mistes i omegnen af 10-15 kg K/ha/år gennem udvaskningen.

Kalium regnskabet

På baggrund af ovennævnte kan der opstilles et groft regnskab for kalium i et gennemsnitsår i en gennemsnitlig dansk juletræsbevoksning (figur 8). Det ses, at tilførslen er på cirka 33 kg K/ha/år, mens der i gennemsnit fjernes 37 kg K/ha/år. Dette ligger indenfor den usikkerhed, der ligger i bestemmelse af stofstrømmene, men differensen på cirka 3 kg K/ha/år, kan forvitring af jordminerale og mineralisering af organisk stof let kompensere for. Mange litteraturværdier angiver lignende eller betydeligt større forvitrings- og mineraliseringsrater.



Figur 8. Stofkredsløb af kalium i en juletræskultur kg/K/år.

Afslutning

Kaliums nærmest mangeartede betydning for plantevækst gør at man skal sikre sig, at stoffet før vækstsæsonen er til stede i tilstrækkelige mængder. Dette gøres med jordanalyser. Skifter man for eksempel gødningstype til en ren kvælstofgødning i kombination med kiserit med henblik på at rette op på bare skuldre, så er det vigtigt at følge op med jordanalyser for at tjekke om kaliumniveauet i jorden har ændret sig afgørende. Jordbundsanalyser er ikke velegnede, når træernes næringsstofstatus skal vurderes. Det gælder også for kalium. Det er nåleanalyser derimod. Disse viser, om der er balance mellem kalium og magnesium i træet og det langt før øjet kan opdage, om der er noget galt. Endvidere er det til tider vanskeligt at skelne mellem mangel på kalium og magnesium. En nåleanalyse vil altid afsløre om det er den ene eller anden type mangel. Man skal bare huske på, at når fokus er rettet på mobile næringsstoffer, så skal man altid tage to nåleprøver (til hver sin analyse): En fra årsnålene og fra forrige års nåle. ■

Tabel 1. Den atmosfæriske tilførsel af kalium målt i tidligere gødningsforsøg.

Lokalitet	Atmosfærisk tilførsel*) (kg/ha/år)
Rye Nørskov	7,3
Salten Langsø	4,1
Hastrup Skov	2,6
Paludans Planteskole	7,5
Langesø	4,0
Thy	3,8
Klelund	1,4
Ry	5,1
Clausholm	3,7

*) Våddeposition

Tabel 2. Tilførsel af kalium og magnesium i udvalgte gødninger. Tilførslerne er udregnet på basis af tilførsel af 100 kg kvælstof.

Gødningstype	Kalium	Magnesium
YaraMila 23-3-6	26,5	4,4
YaraMila 21-3-10	46,6	4,8
YaraMila 14-3-15	107,1	17,9
Triwi 22-3-6	27,6	9,1
Triwi 15-4-13	88,3	15,3
Triwi 13-1-4	31,2	61,5
Yara NS		0,7
Kalkammonsalpeter Yara	0	2,7
Svovlsur ammoniak	0	0
Patentkali	24,9	
Kornkali	33,2	3,6
Binadan 4-1-3 (økologisk)	75	15
Binadan skov (10-3-12)	125	4

Tabel 3. Fjernelsen af kalium med udtaget af træer målt i flere forskellige behandlinger i diverse gødningsforsøg.

Udtag	Omdrift (kg)	Kg/ha/år
Salten Langsø	188	27
Ry	165-324	18-36
Clausholm	229-497	28-60

Tabel 4. Tabet af kalium gennem udvaskning målt i diverse behandlinger i gødningsforsøg.

Lokalitet	Udvaskning af kalium fra rodzonen (kg/ha/år)	Kt
Rye Nørskov	11-13	4,2
Salten Langsø	13-14	4,9
Hastrup Skov	1	6,8
Paludans Planteskole	7-13	9,7
Langesø	24-44	8,8
Thy	4-6	8,4
Klelund	8-28	3,9
Ry	12-17	-
Clausholm	5-7	-