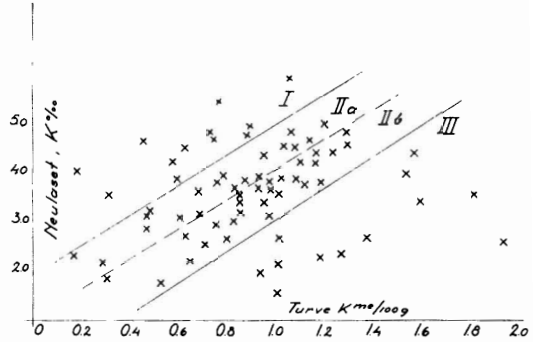


SUOMETSIENTEN KALIUMRAVITSEMUKSESTA JA NEULASTEN N/K-SUHTEESTA NEULASANALYYSIN VALOSSA

Kirjoittaja on parissa aikaisemmassa julkaisissaan (Puustjärvi 1962 a ja b) käsitellyt suometsien typpi- ja fosforiravitsemusta neulasanalyysin valossa. Neulasanalyysi on näissä tutkimuksissa osoittautunut verraten käyttökelpoiseksi menetelmäksi selvitetessä suometsien mättyjen ravitsemukseen liittyviä kysymyksiä. Typen ja fosforin ohella on luonnollisesti kiinnitettävä huomio myös kaliumiin.

Fosforista ja tuestä eroaa kalium oleellisesti siinä, että se on turpeessa pääosaltaan vaihtuvassa, siis kasveille helposti käytettävissä olevassa muodossa. Turpeen luontaiset kalivarat ovat yleensä siksi vähäiset, ettei niillä peltoviljelyn puolella ole sanottavaa käytännöllistä merkitystä. Kasvien kaliravitsemuksen täytyy siis perustua miltei yksinomaan lannoitteena annettuun kaliumiin. Metsästä taas viedään sadon mukana pois verraten vähän kivennäisaineita, joten tilanne tällä taholla saattaa olla aivan toinen. Täällähän huomattava määrä kivennäisravinteita on kierto- kulussa maan ja karikkeiden välillä.

Kirjoittajan erässä tutkimusaineistossa (Puustjärvi 1957) vaihtelivat eri turvelajien vaihtuvan kaliumin keskiarvot 0.21—1.49 me/100 g, siis verraten laajalla alueella. Kaliumpitoisuus ei sanot-



Kuvio 1. Turpeen ja neulasten kaliumipitoisuuksien väliset riippuvaisuussuhteet.

tavasti ole turvelajille enempää kuin suotyyppillekään ominainen suure, vaan määräytyy pääasiallisesti ympäristön kallioperän kalipitoisuuden mukaan. Niinpä turpeen kaliumpitoisuus ei myönteile luonnontilaisen turpeen pH:ta. Se ei siis toisin sanoen ole lainkaan korrelaatiossa boniteetin kanssa.

Tutkimusaineisto on pääosaltaan sama, mikä on esitetty jo edellämainitussa aikaisemmassa tutkimuksessa (Puustjärvi 1962 a). Tutkimusmenetelmät ovat myös samoja. Neulasten kalium on määritetty liekkifotometrisesti tuhkan happouutuksesta.

Kasvit pystyvät ottamaan vaihtuvaa kaliumia. Turpeen vaihtuvan kaliumin ja

Taulukko 1. Tehokas ja heikko kalivaikutus. Laitavariantit kuviosta 1.

Tehokas kalivaikutus. Alue I				Heikko kalivaikutus. Alue III			
K me/100 g		K turvq K neul.	Suotyyppi	K me/100 g		K turve K neul.	Suotyyppi
turve	neul.			turve	neul.		
0.18	8.4	46.5	Rimpineva	1.92	6.9	3.6	Sararäme
0.31	9.1	29.2	Warnst.letto	1.00	3.9	3.9	Suursaraneva
0.51	11.8	23.1	Sararäme	1.36	6.8	4.5	Rimpineva
0.57	10.7	18.7	Lettoräme	1.26	6.0	4.8	Sararäme
0.62	11.5	18.5	Rimpineva	1.17	5.8	5.0	Suursaraneva
0.76	13.9	18.3	Letto	1.80	9.1	5.1	Rääs. räme
0.72	12.3	17.1	Lettokorpi	1.00	5.4	5.4	Tupasv. räme
0.59	10.0	17.0	Rimpineva	0.92	5.0	5.5	Suursaraneva
0.74	11.8	16.0	— „ —	1.58	8.9	5.7	Lettoräme
0.89	12.6	14.2	Kalv. neva	1.04	6.9	6.6	Kalv. neva
0.87	12.2	14.1	— „ —	1.52	10.2	6.7	Koivuletto
1.04	12.6	12.1	Suursaraneva	1.55	11.2	7.2	Suursaraneva
0.65	11.4	17.5		1.34	7.2	5.3	

Taulukko 2. Laitavarianttien turpeiden reaktiot ja emäspitoisuudet

Tehokas kalivaikutus. Alue I		Heikko kalivaikutus. Alue III	
pH	Tuhkan alkaal.	pH	Tuhkan alkaal.
4.70	18.0	5.09	33.0
3.35	62.0	4.70	19.0
4.98	22.0	4.74	20.5
4.16	44.5	4.32	23.0
4.19	12.0	5.30	59.0
4.68	18.5	3.40	25.0
5.05	61.5	3.95	24.0
5.08	26.0	4.40	28.5
3.52	20.5	5.31	87.5
3.75	17.0	4.62	23.0
5.30	36.0	4.70	26.0
4.12	33.5	5.23	45.0
4.57	31.0	4.65	34.5

neulasten kalipitoisuuden odottaisi näinollen olevan keskenään verraten vahvassa korrelaatiossa. Kuviosta 1 ilmenee, ettei asianlaita kuitenkaan ole näin. Hajonta on yllättävän laaja. On siis ilmeistä, että joku tai jotkut muutkin tekijät turpeen vaihtuvan kaliumin ohella vaikuttavat juuriston kaliumin ottoon. Näiden tuntemattomien tekijäin selvittämistä varten tutkittiin kuvioista 1 otettuja laitavariantteja (alueet I ja III) vertaamalla niitä toisiinsa eräiden turpeen ja neulasten ominaisuuksien suhteen. Alueella I turpeen kalin lannoitusvaikutus on ollut keskimääräistä (alue II) tehokkaampi, kun taas alueella III sitä heikompi. Taulukosta 1 huomataan, ettei-

vät laitavariantit suotyyppien suhteen poikkeaa kovinkaan selvästi toisistaan. Tosin tehokkaan kalivaikutuksen alueella näyttää olevan suuntausta lettotyyppeihin. Taulukosta 2 havaitaan kuitenkin, ettei eri ryhmien reaktiossa ja emäspitoisuuksissa ole sanottavaa eroa. Taulukkoon on otettu tuhkan alkaalisuus ilmentämään turpeen aktiivisten emästen määrää (P u u s t j ä r v i 1957).

Jonkun tietyn ravinteiden otto kasvien ravitsemuksessa ei määräydy yksinomaan tämän ravinteiden maassa olevan konsentraation mukaan. Tähän vaikuttavat myös useat muut ravinnekonentraatiot. Erityisesti typpi on tässä suhteessa keskeisessä asemassa. Kaliumin ottoon vaikuttaa ioniantagonismin mukaan luonnollisesti myös kalsium.

Kasvifysiologiassa ovat aivan erityisen tärkeitä N/P- ja N/K-suhteet. Neulasten NP-suhteen on myös suometsissä todettu olevan varteenotettava tekijä (P u u s t j ä r v i 1962 b). Samanlainen on epäilemättä myös neulasten N/K-suhde. Seuraavassa onkin kiinnitetty huomio tämän suhteen muodostumiseen.

Taulukosta 3 huomataan, että eri ryhmässä sekä turpeiden että neulasten typpipitoisuudet poikkeavat selvästi toisistaan. Siinä ryhmässä, missä kalivaikutus on ollut tehokas, siinä myös sekä turpeen että neulasten typpipitoisuudet ovat korkeita ja päinvastoin. Näinollen näyttää siltä, että typpi on tehostanut mäntyjen kaliumin ottoa, vieläpä hyvin tehokkaasti. Ovathan

Taulukko 3. Laitavarianttien turpeiden ja neulasten typpipitoisuudet

Tehokas kalivaikutus					Heikko kalivaikutus				
Turve		Neulaset			Turve		Neulaset		
N %	t/ha	N %	K %/100	N/K	N %	t/ha	N %	K %/100	N/K
2.64	18.6	2.43	4.00	6.1	2.16	9.1	1.26	2.69	4.7
2.65	10.6	1.85	3.55	5.2	2.62	10.5	1.43	1.52	9.4
2.49	10.5	1.58	4.62	3.4	2.18	9.5	1.12	2.66	4.2
2.30	11.5	1.86	4.20	4.4	2.24	8.5	1.00	2.34	4.8
2.58	12.9	2.27	4.50	5.0	1.96	7.4	0.94	2.26	4.2
2.56	9.2	1.99	5.43	3.7	1.08	2.4	1.20	3.56	3.4
2.11	10.1	2.01	4.80	4.2	1.78	8.5	1.13	2.10	5.4
4.00	22.8	1.97	3.91	5.0	0.93	4.7	1.28	1.95	6.5
1.83	8.8	1.29	4.63	2.8	2.11	7.2	1.17	3.47	3.4
1.90	2.0	2.20	4.94	4.5	2.90	13.3	1.68	2.69	6.3
2.59	8.3	2.10	4.80	4.4	2.65	10.1	1.60	4.00	4.0
1.69	7.8	1.59	5.95	2.7	1.83	7.7	1.20	4.40	2.7
2.45	11.1	1.93	4.61	4.9	2.04	8.24	1.25	2.80	4.2

Taulukko 4. Neulasten typpi- ja kaliumpitoisuudet ryhmitettynä kaliumin käyttökelpoisuusasteen mukaan. (Alueet I—III kuviosta 1.) Kaliumin käyttökelpoisuus I → III kohoavassa sarjassa

Alue	N ‰	K ‰	N/K
III	1.25	2.80	0.49
II b	1.42	2.90	0.49
II a	1.48	3.35	0.44
I	1.93	4.61	0.42

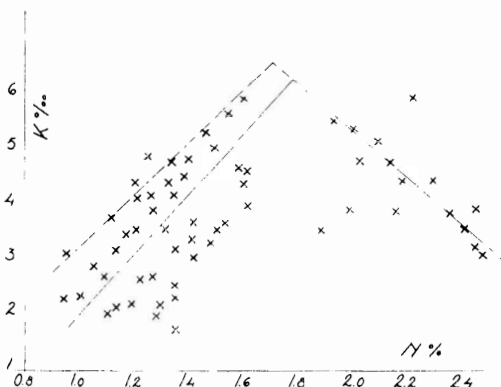
kaliumin suhteet neulasissa ja turpeessa vertailtavissa ryhmissä 17.5 ja 5.3 (taulukko 1).

Kuinka sitten typpi voi edistää kasvien kaliumin ottoa? Tätä kysymystä voitaneen tarkastella kasvutekijäin lakien valossa. Niinpä esim. Mitscherlichin kasvutekijäin vaikutuslain mukaan minimitekijän ohella vaikuttavat satoon kaikki muutkin kasvutekijät. Jos siis esim. kalium olisi minimitekijä, saataisiin vähäisiä sadonlisäyksiä aikaan myös pelkällä typpellä. Laki koskee periaatteessa vain sadon suuruutta. Se ei siis sano sitä, kohoako myös sadon ottaman kaliumin määrä, vai tapahtuuko sadonlisäys kuiva-aineen kaliumpitoisuuden kustannuksella? Yksinkertaisinta lienee olettaa, että kummatkin ilmiöt tapahtuvat samanaikaisesti. Typpilisyksen vaikutuksesta siis nähtävästi kaliumin otto tehostuu, mutta ei kuitenkaan kuivaainetta vastaavassa määrässä. Kuivaaineen kaliumpitoisuus siis alenisi. Tämä edellyttää ehkä kuitenkin sitä, että liikutaan kaliumpitoisuuden kriittillisen rajan läpuolella.

Tarkasteltaessa taulukon 3 tuloksia ylläesitetyn valossa näyttää siltä, että sadonlisäys on kohonnut typen ansiosta johtanut aivan erityisesti kaliumin otton tehostumiseen. Tosin kohonnut typen vaikutuksesta neulasten typpipitoisuus on kohonnut enemmän kuin kaliumpitoisuus, mutta ero ei ole kovinkaan suuri (N/K-suhteet 0.49 ja 0.42).

Taulukossa 4 on esitetty koko kuvion 1 aineisto ryhmitettynä kaliumin käyttökelpoisuusasteen mukaan kohoavassa sarjassa. Tästäkin huomataan, että neulasten typpipitoisuuden kohoaminen on edistänyt mäntyjen kaliumin ottokykyä.

Neulasten typen ja kaliumin keskinäiset suhteet on esitetty kuviossa 2. Kuvion aineisto on verraten heterogeeninen. Typen



Kuvio 2. Neulasten typpi- ja kaliumpitoisuuksien väliset riippuvaisuussuhteet.

ohella vaikuttavat kaliumin ottoon luonnollisesti muutkin tekijät, kuten esim. turpeen kaliumpitoisuus. Verrattaessa keskenään kuvioita 1 ja 2 huomataan kuitenkin, että neulasten kalium näyttää korreloivan enemmän neulasten typpipitoisuutta kuin turpeen vaihtuvan kaliumin määrää. Kuviossa 2 huomataan, että neulasten typpipitoisuuden kohotessa kaliumpitoisuuskin näyttää kohoavan tiettyyn rajaan saakka, minkä jälkeen typpilisyys alkaa jo vaikuttaa alentavasti neulasten kaliumpitoisuuteen. Tämä luonnollisesti edellyttää sitä, että kasvualustassa käyttökelpoisessa muodossa olevan typen määrän vaihtelu on laajempi kuin kaliumin vaihtelu. Näinhän asianlaita esitettyssä aineistossa onkin. Turpeen kaliumin määrään on verraten vähäinen sen typpimäärään nähden. Olisi luonnollisesti parempi, jos aineistosta voitaisiin valita sellainen osa-aineisto, missä turpeen vaihtuvan kaliumin määrä on muuttumaton. Aineisto on kuitenkin liian suppea tällaisen osa-aineiston saantiin.

Verraten heterogeenisestä aineistosta huolimatta huomataan siis kuviosta 2 käyvän verraten selvästi esille typen ja kaliumin välinen synergismi ja antagonismi. Jos kyseessä olisivat itse satomäärät, vastaisi ilmiö kasvutekijäin optimilain mukaista suuntausta. Optimin saavuttamisen jälkeen kasvutekijän — tässä siis typen — lisäys vaikuttaa jo satoa alentavasti.

Tässä yhteydessä herää kysymys siitä, voitaisiinko kuviota 3 tulkita optimilain valossa. Voitaisiinko siis synergismin ja antagonismin rajaa pitää neulasten kaliumpitoisuuden optimina typeen nähden. Kaliumin enempää kuin typenkään abso-

luuttisista optimimääristä ei kuvion perusteella voida päätellä mitään, koska ne muuttuvat kasvualustan kaliumtasoa muutettaessa. Käytännössä ovatkin suhteelliset määrät usein absoluuttisia tärkeämpiä.

Typen ja kaliumin keskinäisten suhteiden ilmentämiseksi on kuvioon 2 piirretty silmävaraisesti typen ja kaliumin välistä synergismia ja antagonismia ilmentävät kuvaajat. Näiden leikkauspiste kuvaa optimilain mukaista maksimia — siis sikäli kuin optimilakia voidaan soveltaa tämänkaltaisessa tapauksessa. Saadussa leikkauspisteessä on N/P-suhte 2.8. Sikäli kuin tutkimusmenetelmä on oikea, olisi siis neulasten N/P-suhteen optimi juuri tuo 2.8. Tarkemmat korrelaatiolaskelmat saattaisivat luonnollisesti antaa saadusta hieman poikkeavan tuloksen. Aineiston heterogeenisuuden huomioonottaen ei siitä kuitenkaan voida saada absoluuttisesti oikeata arviota. Käytetyn menetelmän katsottiinkin näinollen antavan riittävän tarkkuuden.

Esitetyn tutkimusmenetelmän käyttökelpoisuutta arvosteltaessa on huomattava, että jos aineistossa sattuu olemaan keskimääräistä voimakkaampaa kaliumin puutetta kärsiviä neulasnäytteitä, kohotaisivat nämä saatavaa N/P-suhteen optimiarvoa. Jos aineistossa ei olisi sellaisia näytteitä, joissa kaliumia ei olisi liian paljon tyypeen nähden — kuten asianlaita ilmeisesti on, ehkä harvoja poikkeuksia lukuunottamatta — olisi synergismin kuvaaja ilmeisesti piirrettävä siten, että kuvion pisteet jäisivät sen oikealle puolelle (katkoviiva kuviossa 2). N/P-suhteen optimiarvo olisi tällöin 2.6.

Kirjallisuudessa on esitetty lukuisia tietoja riittävän korkeasta männyn neulasten kaliumpitoisuudesta puiden tuottokykyä silmälläpitäen. Niinpä esim. Tam

Taulukko 5. Neulasten keskimääräiset N/P-suhteet muutamilla suotyypeillä

Suotyyppi	Näytteiden luku	N/K-suhte
Rimpineva	16	5.8
Molinianevea	10	4.8
Suursaranevea	15	4.8
Tupasvillaräme	8	4.7
Kalvakkanevea	10	4.6
Sararäme	16	4.6
Rimpiletto	13	4.1
Lettoräme	4	3.3
Mcl. lettoräme	6	3.2

(1956) ja Wittich (1957) pitävät kaliumin puuterajana 3.0—4.4 %. Samansuuruisia rajalukuja ovat esittäneet myös useat muutkin tutkijat. Wehrmannin (1959) mukaan riitti 5.5 % korkeimpienkin tuotantojen saantiin.

Tarkasteltaessa esitettyjen kaliumin puutteen rajalukujen valossa taulukon 1 aineistoa, huomataan, että vain muutama harva näyte ylittää 4.4 %. Tämän valossa siis suometsämme harvoja poikkeuksia lukuunottamatta kärsivät kaliumin puutetta.

On kuitenkin huomattava, kuten edellä jo on mainittu, ettei kaliumin enempää kuin muidenkaan ravinteiden absoluuttinen määrä sellaisenaan ole riittävä — kriittistä konsentraatiota lukuunottamatta — ilmentämään kyseisen ravinteen puutetta. Niinpä siis esim. kaliumin puuteraja on sitä korkeammalla, mitä korkeampi neulasten typpipitoisuus on. Kun suometsissä neulasten typpipitoisuus on yleensä verraten korkea, tehostaa tämä vielä kaliumin puutetta.

Edellämainittuja tekijöitä lukuunottamatta vaikuttavat luonnollisesti useat muutkin tekijät suometsissä mäntyjen kaliumravitseukseen. Niihin ei tässä yhteydessä ole kuitenkaan kiinnitetty huomiota.

Taulukossa 5 on esitetty neulasten keskimääräisiä N/K-arvoja eräillä suotyypeillä. Verraten suuresta hajonnasta huolimatta antanee taulukko kuvan ilmiön suunnasta. Aukeilla, yleensä vaikeasti metsittyvillä suotyypeillä on neulasten N/K-suhte aivan liian korkea ja jo luonnostaan metsäisillä suotyypeillä hieman alhaisempi. Tämä alhainenkin N/K-suhte on edelläesitetyn mukaan vielä liian korkea (optimi 2.6—2.8). Tyypeä on siis kaliumiin verrattuna liian paljon. Tässä yhteydessä on vielä syytä korostaa sitä seikkaa, ettei aineistossa ole lainkaan näytteitä Etelä-Suomen rahkasoilta.

Taulukossa 5 on rimpiletoilla keskimääräistä edullisempi N/K-suhte. Se, että rimpiletot metsittyvät vaikeasti, johtuneekin lähinnä epäedullisesti N/P-suhteesta.

Lopputuloksena voidaan siis todeta, että suometsissä männyn yleensä kärsivät kaliumin puutetta, sitä suurempaa, mitä edullisempi asianomaisen turpeen typpipitoisuus on. Fosforin ohella odottaisi siis myös kalilannoituksen antavan sadonlisäyksiä suometsissä.

KIRJALLISUUTTA

- PUUSTJARVI, V. 1962 a. Turpeen typen mobilisointimisesta ja sen käyttökelpoisuudesta suometsissä neulasanalyysin valossa. (Summary: On the mobilization of nitrogen in peat and on its usefulness in peatland forests in the light of needle analysis.) Suo 1, 2—11.
- 1962 b. Suometsien fosforiravitsemuksesta ja neulasten P/N-suhteesta neulasanalyysin valossa. (On the phosphorus nutrition of wet peatland forests and on the N/P ratio in their needles). Suo 2, 21—24.
- 1957. On the base status of peat soils. *Acta Agriculturae Scandinavica* V: 2—3, 257—279.
- TAMM, C. O. 1956. The effects of nitrogen fertilization on tree growth and foliage composition in a forest stand. VI Congress International de la Science du Sol, Paris.
- WEHRMANN, J. 1959. Die Mineralstoffernährung von Kiefernbeständen (*Pinus silvestris*) in Bayern. *Forstw. Clb.* 79, 129—150.
- WITTICH, W. 1957. Stand und Aussichten der forstlichen Düngung. Die Phosphorsäure, 17, 42—49.

**ON THE POTASSIUM NUTRITION OF WET PEATLAND FORESTS AND ON THE
N/K RATIO OF THE NEEDLES IN THE LIGHT OF NEEDLE ANALYSIS**

The correlation between exchangeable potassium of the peat and nitrogen content of the pine needles was fairly slight in the material of investigation (Fig. 1), while somewhat stronger correlation existed between the nitrogen and potassium contents of the needles. Nitrogen seemed to have promoted the potassium uptake of pines up to a certain limit (N/P ratio about 2.6—2.8), after which increasing nitrogen already had an antagonistic effect on potassium, lowering the potassium content of the needles (Fig. 2). The phenomenon has been considered in the light of Mitscherlich's law of the effect of growth factors and of the optimum law. An assumption has been presented concerning applicability of the change-over point from synergism to antagonism as an index for the optimum N/P ratio, which thus would be about 2.6—2.8 according to the present series. Since in the peat not only the useful nitrogen but also potassium and several other factors

affecting the phenomenon have been variable, there has naturally been remarkable scattering in the plot of Fig. 2. The trend of the phenomenon could be clearly seen in spite of this (Fig. 2) although no exact value could be found for the optimum N/P ratio of the needles. The fact has been stressed that in the needles attention should not be paid exclusively to the nutrient contents but also to the mutual proportions of nutrients, of which the N/P and N/K ratios are most important.

In the light of the results that were obtained, the potassium nutrition of pines in tree stands on wet peatland has been considered. With few exceptions, the pines have been suffering from potassium deficiency. This has furthermore been accentuated on several bog types by the favourable nitrogen nutrition resulting from the high nitrogen content of the peat. Nitrogen has thus already exerted a detrimental effect.
