

UREALANNOITUKSEN VAIKUTUS METSÄMAAN KASVEILLE KÄYTTÖKELPOISEEN TYPPIMÄÄRÄÄN

C. J. WESTMAN

SUMMARY:

EFFECT OF UREA APPLICATION ON PLANTAVAILABLE NITROGEN
IN FOREST SOIL

Saapunut toimitukselle 12. 3.1974

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on alustavasti selvittää urealannoituksen vaikutusta metsämaan kasveille käyttökelpoiseen typpimäärään. Kokeessa tutkitut maanäytteen kerättiin lannoituskoekentältä, jolla oli vertailtu kahdessa tasossa erikseen ja yhdessä urean ja kotkafosfaatin vaikutusta puuston kasvuun. Tulokseksi saatiin, että humuskerroksen kasveille käyttökelpoinen typpimäärä oli vielä 4 vuotta lannoituksen jälkeen merkittävästi suurempi lannoitetuilla ruuduilla kuin lannoittamattomilla. Hehtaaria kohden laskettuna jäljellä olevat määrät olivat kuitenkin annettuihin määriin verrattuina erittäin pieniä, vain 3—4 % viimeainituista. Kokonaistyyppimäärissä ei sen sijaan voitu havaita eroja. Merkillistä oli tämän jälkeen todeta, että lannoitus näytti vaikuttavan hiili-typpisuhdetta (C/N) kohottavasti.

1. JOHDANTO

Urea on metsän typpilannoitteena herättänyt mielenkiintoa suuren typpipitoisuutensa takia. Lannoitelajikokeissa on kuitenkin voitu havaita, että urean vaikutus puuston kasvuun saattaa olla heikompi kuin muiden typpilannoitteiden (esim. BRANTSEG ym. 1970). Syitä urean heikkoon vaikutukseen on pyritty selittämään usealla tavalla. Varsin yleisesti omaksuttu on teoria, joka saa tukea mm. WAGNERIN ja SMITHIN (1958) saamista koetuloksista, että ureasta levityksen jälkeen helposti muodostuu ammoniakkia, joka haihtuu kaasuna ilmaan. Eräät koetulokset viittaavat myös siihen, että urea huuhtoutuu helposti rankkasateissa juuristokerroksen alapuolelle (COLE ja GESSEL 1965). Urean muita typpilannoitteita heikomman vaiku-

tuksen uskotaan siis johtuvan siitä, että lisätty typpimäärä hyvin nopeasti vähenee maassa kaasuuntumis- ja huuhtoutumistappioiden takia. Tämä selitys tuntuu kuitenkin puutteelliselta sen vuoksi, että nitraattityppi, joka on mm. hyvin vaikuttavan kalkkisalpietarin typpikomponentti, sitoutuu joko heikosti tai ei ollenkaan maahiukkasiin ja näin ollen huuhtoutuu maasta kokonaan. Viimemainitusta syystä heikomman vaikutuksen selittäisi paremmin teoria, että urea muodostaa humuksen kanssa erittäin kestäviä kemiallisia sidoksia (OVERREIN 1968). Viime vuosien aikana onkin tiedotettu tutkimuksista, joissa on voitu havaita urean käyttäytyvän tähän tapaan. Mm. WILLIAMS (1972) on voinut todeta, että eri typpilähteistä urea oli ainoa, josta vielä kaksi vuotta lannoituksen jälkeen maasta löytyi jäännöksiä. ROBERGE ja KNOWLES (1966) ovat myös sangen kauan lannoituksen jälkeen löytäneet maasta jopa saman verran tyyppiä kuin levityksessä oli annettu. Tähänastisia tutkimustuloksia tarkasteltaessa voidaan siis todeta, että havainnot urean reaktioista ovat ristiriitaisia ja niiden edelleen selvittäminen tarpeen.

Tässä kirjoituksessa selostetaan alustavaa yritystä, jonka tavoitteena oli selvittää, miten urealannoitus pitkällä tähtäyksellä vaikuttaa metsämaan kasveille käyttökelpoiseen typpimäärään.

2. KOEJÄRJESTELY JA MENETELMÄT

Tutkittavat näytteet kerättiin kesällä 1970 humuskerroksesta ja 10 cm kerroksittain kivennäismaasta lannoituskentältä, jolla oli kahdessa tasossa (179 ja 358 kgN/ha sekä 34 ja 69 kgP/ha) erikseen ja yhdessä vertailtu urean ja kotkafosfaatin vaikutusta puuston kasvuun. Lannoituskoe oli perustettu v. 1966 ja se käsitti kahdeksantoista 16 aarin koeruutua. Koeruiduittain otettiin systemaattisesti viisi näytettä, jotka analysoitiin erikseen. Tulokset on laskettu koeruiduittain. Humuskerroksen kokonaistyyppipitoisuus, kokonaishiilimäärä sekä hehkuskevennys on kuitenkin määritetty yhdistetyistä näytteistä. Tulosten käsittelyssä on oletettu, ettei fosforilannoituksella ole ollut vaikutusta analyysituloksiin. Näin ollen on tarkastelussa ainoastaan kolme käsittelyä: vertailu ja kaksi typpitasoa.

Lannoituskoe perustettiin kesäkuussa v. 1966, jolloin sääolosuhteet urealannoituksen kannalta olivat epäedulliset. Levityksen jälkeen seurasi näet poikkeuksellisen lämmin poutakausi, jonka loppupuolella esiintyi hajanaisia sadekuuroja. Vasta kuukauden kuluttua tuli ensimmäinen pitkäaikaisempi sadejakso. Olosuhteet lienevät siis olleet otollisia ammoniakkikaasun muodostumiselle.

Puusto koekentällä, jonka metsätyppi oli MT, oli suhteellisen järeää mänty-kuusisekametsää (keskikuutio 217,5 m³/ha, s = 37,5). Alue sijaitsee

heikosti etelään viettävällä rinteellä, jonka maalaji vaihtelee erittäin lohkarerikkaasta hiekkamoreenista melko puhtaaseen karkeaan hiekkaan. Mekaanisen maa-analyysin (ELONEN 1971) tulokseksi saatiin, että 96,6–98,5 % 25 mm seulan läpäisseistä näytteistä oli fraktioista 0,02–25 mm ja loput alle 0,02 mm:n fraktioista. Taulukosta 1, johon on kerätty eräitä koekentän maan kemiallisia ominaisuuksia kuvaavia tunnuksia, ilmenee että tutkittu maalaji on sangen hapan ja elektrolyyttiköyhä. Kationivaihtokapasiteetin arvot osoittavat puolestaan selvästi, että maan aktiivinen osa on maanpinnassa oleva humuskerros. Siinä vaihtuvien happojen osuus kokonaiskationivaihtokapasiteetista onkin ratkaisevasti pienempi kuin kivennäismaan eri kerroksissa.

Taulukko 1. Humuskerroksen hehkutuskevennys ja sen ja 0–10, 10–20 sekä 20–30 kivennäismaakerrosten pH, johtoluku sekä efektiivinen kationivaihtokapasiteetti KVK, ja vaihtuvien happojen $Al^{3+} - H^+$, osuus siitä.*)

Table 1. Ignition loss in the humus layer as well as the pH, conductance index and effective cation exchange capacity (CEC) and percentages $Al^{3+} - H^+$ in it for the humus layer and for the 0–10, 10–20 and 20–30 cm layers of mineral soil.*)

Kerros Horizon	Hehk.kev. % Ign. loss, %	pH $CaCl_2$	Johtoluku Cond.index	KVK, m.e./100 g CEC, m.e./100 g	% Al^{3+} ja H^+ and
Humus	57,9	3,6	1,64	34,21–38,20	19–22
0–10	—	3,6	0,82	2,73– 5,28	62–45
10–20	—	3,9	0,52	1,83– 2,86	82–61
20–30	—	4,4	0,39	1,01– 1,98	77–53

*) Efektiivinen kationivaihtokapasiteetti on määritetty uuttamalla maata 1-n KCl:llä. Vaihtuvien emästen osuus, tässä työssä vain Ca ja Mg, on saatu versenaatti titrauksella. Vaihtuvat hapot, Al^{3+} ja H^+ on taas määritetty uuteesta kaksoistitrauksella (McLEAN 1965).

*) The effective cation exchange capacity was determined by extracting soil in 1-n KCl. The proportions of the exchangeable bases, in the present work only Ca and Mg, were obtained from versenate titration. Exchangeable acids, Al^{3+} and H^+ , were determined from the extract using double titration (McLEAN 1965).

Tutkimuksessa on pyritty ensisijaisesti selvittämään, miten urealannoitus on vaikuttanut maan kasveille käyttökelpoiseen typpimäärään, jolla työssä tarkoitetaan vedellä kyllästetystä maanäyttestä vapautunutta ammoniumtyyppiä, kun näyte on inkuboitu kaksi viikkoa 30° C:ssa. Menetelmän ovat kehittäneet WARING ja BREMNER (1964), joiden käsityksen mukaan näin vapautunut ammoniumtyppi ilmoittaa maan potentiaalista kykyä vapauttaa tyyppiä kasvien käyttöön.

Kasveille käyttökelpoisen tyypin lisäksi on tutkittu myös urealannoituksen vaikutusta humuskerroksen kokonaistyyppimäärään sekä hiili-typpisuhteen (C/N). Kokonaistyyppi on määritetty normaalilla Kjeldahl-poltolla ja kokonaishiili Walkley-Black menetelmällä.

3. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Tutkimuksessa tehtyjen kemiallisten analyysien tulokset on kerätty taulukoihin 2 ja 3. Humuksesta ja 0–10 cm kivennäismaakerroksesta inkuboinnilla saadut typpi-indeksit testattiin varianssianalyysillä. Testi osoitti, että humuskerroksen typpi-indeksit eroavat toisistaan 5 % riskitasolla. Arvoille laskettu pienin merkitsevä ero oli 0.050. Lannoituksen vaikutusta ei sen sijaan voitu havaita enää ensimmäisessä kivennäismaakerroksessa, tulos, joka hyvin sopii yhteen NÖMMIK'in ja POPOVOC'in (1971) saamiin.

Taulukko 2. Maan kasveille käyttökelpoinen typpi keskimäärin mg:na NH_4^+ -N/g maata. Määrittäminen WARINGIN ja BREMNERIN (1964) mukaan. (N1 = 179 kg ja N2 = 358 kg urea-N/ha).
Table 2. Average plantavailable nitrogen of soil in terms of mg of NH_4^+ -N/g of soil. Determination according to WARING and BREMNER (1964). (N 1 = 179 kg and N 2 = 358 kg of urea -N per hectare.)

Kerros Horizon	mg NH_4^+ - N/g maata of soil					
	Vrt.	s	N 1	s	N 2	s
Humus	0,19	0,016	0,24	0,047	0,29	0,052
0–10	0,03	0,008	0,04	0,003	0,03	0,002
10–20	0,03	—	0,02	—	0,02	—
20–30	0,02	—	0,02	—	0,01	—

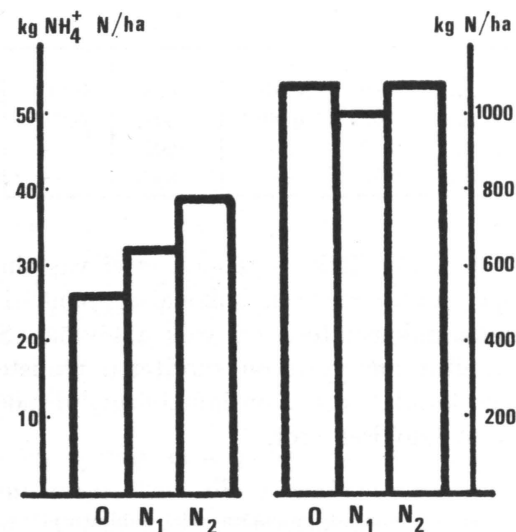
Mielenkiintoista on tämän jälkeen todeta, ettei vastoin odotuksia saatu vastaavanlaisia eroja humuskerroksen kokonaistyyppimäärissä (taulukko 3). Syitä tähän epäjohtonmukaisuuteen on vaikea löytää. Saattaa olla niin, että koska viimeainitut analyysit on suoritettu yhdistetyistä näytteistä eikä erillisistä (5 per koeala) kuten ensinmainitut, jo luonnollinen hajonta näissä ehkä peittää mahdolliset erot.

Taulukko 3. Humuskerroksen kokonaistyyppimäärä sekä hehkutusjäännöksellä korjattu hiilityyppisuhte (C/N). (N 1 = 179 kg ja N 2 = 358 kg urea-N/ha).
Table 3. Total nitrogen of humus layer and its C/N ratio as adjusted by the ash content. (N 1 = 179 kg and N 2 = 358 kg of urea -N per hectare.)

Kerros Horizon	mg N/g maata of soil						C/N					
	Vrt.	s	N 1	s	N 2	s	Vrt.	s	N 1	s	N 2	s
Humus	8,1	1,46	7,5	0,63	8,1	1,03	38	5,7	48	4,9	44	10,7

Taulukkoon 3 on myös otettu hehkutusjäännöksellä korjattu hiili-typpi-suhde C/N. Tutkimuksessa saadut suhdeluvut ovat varsin mielenkiintoisia siitä syystä, että C/N-suhde näyttää lannoitetulla ruudulla olevan suurempi kuin lannoittamattomilla. Tulos on yllättävä verrattuna esim. ERIKSSONIN ym. (1971) saamiin tuloksiin. Mainitussa tutkimuksessa C/N-suhde oli urealannoituksen jälkeen laskenut varsin huomattavasti. Nyt saatu tulos on myös ristiriidassa saatujen inkubointitulosten kanssa. Korkea C/N-suhde viittaa siihen, että maan kyky vapauttaa typpeä kasvien käyttöön on heikko. Selitys näihin epäjohdonmukaisuuksiin voi kuitenkin olla se, että kenttäkerroksessa helposti hajaantuvat, mutta runsaasti hiiltä sisältävät kasvinosat ovat lisääntyneet voimakkaasti lannoituksen vaikutuksesta.

Käyttämällä hyväksi humuspeitteen paksuuden (5,1 cm $s = 2,4$) ja tilavuuspainon (0,26 g/cm $s = 0,16$) keskimääräisiä lukuja laskettiin kasveille käyttökelpoisen typen sekä kokonaistypen määrät kilogrammoina hehtaaria kohden (kuva 1). Kuvasta nähdään, että lannoitus on lisännyt kasveille käyttökelpoisen typen määrää humuskerroksessa n. 20 % lannoiteannoksen ollessa 179 kg N/ha ja n. 50 % sen ollessa 358 kg N/ha.



Kuva 1. Humuskerroksen kasveille käyttökelpoinen typpi (NH₄⁺-N) ja kokonaistyppi (N) kilogrammoina hehtaaria kohti. (N₁ = 179 kg ja N₂ = 358 kg urea -N/ha)

Fig. 1. Plantavailable nitrogen (NH₄⁺-N) and total nitrogen (N) of the humus layer as expressed in terms of kg/ha. (N₁ = 179 kg and N₂ = 358 kg of urea -N per hectare.)

On mielenkiintoista todeta, että urealannoitus saa aikaan niin kestävän vaikutuksen, että kasveille käyttökelpoisessa typpimäärässä vielä neljä vuotta lannoituksen jälkeen on mahdollista todeta selviä eroja. Tulos on

sopuoinnissa MALCOLM'in (1972) esittämien tietojen kanssa. On kuitenkin merkittävää, ettei lannoitus ole vaikuttanut maan kokonaistypin määrään, kuten olisi ROBERG ja KNOWLES'in (1966) tulosten perusteella voinut odottaa. Osasyynä tähän lienee ehkä aiemmin mainittu yksinkertaistus analyysimetodiikassa. Toisaalta voidaan myös otaksua, että epäedullisten sääolosuhteiden takia lannoituksen jälkeen tapahtui typen tappioita kaasun muodossa. Ovathan inkuboinnissa saadut typpimäärät (N₁ + 6 kg N ja N₂ + 13 kg N/ha) lannoituksessa annettuihin määriin verrattuna erittäin pieniä, vain 3–4 % viimemainituista.

Lopuksi on vielä syytä kiinnittää huomiota erääseen seikkaan. Lannoitus näyttää vaikuttavan kemiallisten analyysitulosten hajontaa lisäävästi. Näin ollen on esim. hiili-typpi-suhteen kohdalla hajonta (s) noussut ± 15 %:sta ± 24 %:iin. Tämä on seikka, johon näytteenottometodiikassa ilmeisesti on kiinnitettävä enemmän huomiota.

4. KIRJALLISUUSLUETTELO

- BRANTSEG, A., BREKKA, A. & BRAASTAD, H. 1970. Gjødslingsforsøk i gran- og furuskog. Medd. Norske Skogforsøksv. Nr. 100 B. XXVII: 541–607.
- COLE, D. W. & GESSEL, S. P. 1965. Movement of elements through a forest soil as influenced by tree removal and fertilizer additions. Forest – soil relationships in North America. ss. 95–104. Oregon State Univ. Press.
- ELONEN, P. 1971. Particle-size analysis of soil. Acta Agr. Fenn. 122: 1–122.
- ERICSON, B., FRIBERG, R. & NÖMMIK, H. 1971. Ett doseringsförsök i tall. Föreningen Skogsträdsförädling och Institutet för Skogsförbättring. Årsbok 1971: 87–110.
- MALCOLM, D. C. 1972. The effect of repeated urea applications on some properties of drained peat. Proc. 4th international peat congress: 451–461.
- MCLEAN, E. O. 1965. Aluminium. Methods of soil analysis. ss. 978–997.
- NÖMMIK, H. & POPOVIC, B. 1971. Recovery and vertical distribution of ¹⁵N labelled fertilizer nitrogen in forest soil. Studia For. Suecica. 92: 1–20.
- OVERREIN, L. N. 1968. Lysimeter studies on tracer nitrogen in forest soil: I Nitrogen losses by leaching and volatilization after addition of urea-N. Soil Sci. 106: 280–290.
- ROBERG, M. & KNOWLES, R. 1966. Ureolysis, immobilization and nitrification in black spruce (*Picea mariana* Mill.) humus. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 30: 201–204.
- WAGNER, G. H. & SMITH, G. E. 1958. Nitrogen losses from soils fertilized with different nitrogen carriers. Soil Sci. 85: 125–129.
- WARING, S. A. & BREMNER, J. M. 1964. Ammonia production in soil under waterlogged conditions as an index of nitrogen availability. Nature. 201: 951–952.
- WILLIAMS, B. L. 1972. Nitrogen mineralization and organic matter decomposition in Scots pine humus. Forestry 45: 177–188.

SUMMARY:

EFFECT OF UREA APPLICATION ON PLANTAVAILABLE NITROGEN IN FOREST SOIL

The paper describes a preliminary attempt to assess the long-term effect of urea application on the quantity of plantavailable nitrogen in forest soil. The soil samples required for the study were collected from an experimental area which had been set up for investigations into both the single and joint effect on tree growth of two levels of each of urea and Kotka phosphate, the latter of which is a mixture of superphosphate and fineground rock phosphate containing some 10 % phosphorus. The rates of application used were 179 and 358 kg N per ha and 34 and 69 kg P per ha. In the examination of the results it was assumed that phosphorus application had not affected the analytical data obtained for nitrogen. The tree crop covering the experimental area, which was *Myrtillus* site type, was intermixed Scots pine and Norway spruce of rather large dimensions. The soil varied from sandy till rich in boulders to almost pure coarse sand.

The aim of the study was in the first place to assess the effect of urea application on the quantity of plantavailable nitrogen in the soil, which in the present connection is expressed in terms of the quantity of $\text{NH}_4\text{-N}$ released from samples saturated by water and incubated at 30 °C for a period of fourteen days. The nitrogen indexes thus obtained were tested using analysis of variance. According to the results obtained there was a statistically significant difference at the 5 % risk level between unfertilized and fertilized plots in the case of the humus layer. In the case of the topmost 10 cm layer of mineral soil, however, such a difference was not found anymore.

Contrary to expectations, corresponding differences were not found to prevail in total nitrogen. On the other hand, it seems that urea application had affected the C/N ratio, which averaged 44–48 in the fertilized, and 38 in the unfertilized soils.

Applications of 179 kg N/ha increased plantavailable nitrogen by some 20 %, and application of 358 kg N/ha, by about 50 %. In comparison with the quantities of fertilizer applied, however, these increases (6 kg and 13 kg N/ha respectively) are extremely small, only 3–4 % of the total amount applied.

A problem of special interest which came to the fore during the course of the study was that fertilizer application seems to increase the dispersion of the results from analyses.