

JUHA-PEKKA HOTANEN

TUHKA- JA NPK-LANNOITUKSEN LYHYEN AIKAVÄLIN VAIKUTUKSISTA ÄNKYRIMATOIHIN KAHEDELLA VANHALLA OJITUSALUEELLA ITÄ-SUOMESSA

SHORT-TERM EFFECTS OF ASH AND NPK FERTILIZATION ON ENCHYTRAEIDAE POPULATIONS IN TWO OLD, DRAINED PEATLAND AREAS IN EASTERN FINLAND

Hotanen, J.P. 1986: Tuhka- ja NPK-lannoituksen lyhyen aikavälin vaikutuksista änkyrimatoihin kahdella vanhalla ojitusalueella Itä-Suomessa. (Short-term effects of ash and NPK fertilization on *Enchytraeidae* populations in two old, drained peatland areas in eastern Finland.) — Suo 37:35-43. Helsinki.

The short-term effects of wood ash and NPK fertilizer on the population of *Enchytraeidae* worms in a drained spruce swamp and pine bog were studied. Both NPK fertilizer (300 kg/ha) and ash (3000 kg/ha) treatments reduced worm numbers at both sites, but the effects were slight compared to seasonal fluctuations. Temporal fluctuations in worm numbers were relatively smaller at the pine bog than at the spruce swamp. NPK fertilizer temporarily changed the relative vertical distribution while the ash treatment did not. The effects upon worm biomass and respiration rate were similar as those for worm numbers.

Key words: *Enchytraeidae*, NPK fertilization, ash fertilization, drained peatlands

J.P. Hotanen, The Finnish Forest Research Institute, Joensuu Research Station, Yliopistonkatu 7, SF-80100 Joensuu, Finland.

JOHDANTO

Keinolannoitteita on käytetty maa- ja metsätaloudessa yli sadan vuoden ajan hyvällä menestyksellä, mikä näkyy kasvien parantuneena kasvuna ja usein myös verson tai rungon parempana laatuna. Tehokkaana maa- ja metsätaloustuotannon moderneilla metodeilla, mm. voimakkaalla lannoituksella, saattaa olla myös epäedullisia vaikutuksia (mm. Karisto 1976). Jos esim. maaperäeläimistö vähenee tai eliminoituu stabiilissa metsämaassa, saattaa maannoksen muodostuminen hidastua. Tästä voi olla haitallisia seurauksia metsämaan ravinnetaloudelle pitkälläkin tähtäimellä (Marshall 1977). Tämä ja tutkimusten vähyys erityisesti soilla kuluttaja- sekä hajotajaportaiden osalta (Reinikainen 1976, Markkula 1982) puoltavat lannoitteiden vaikutusten selvittämistä eri trofiatasoilla.

Eri maaperäeläinryhmien ja -lajien merkityksestä maaperässä yleensä sekä merkityksestä metsämaan ravinnetaloudelle on vielä nykyäänkin verrattain vähän tietoa (Abrahamsen & Thompson 1979, Petersen & Luxton 1982, Huhta & Setälä 1984). Vaikka suurin osa hajotuksesta perustuu sienten ja bak-

teerien toimintaan, on maaperäeläinten epäsuora vaikutus hajotusprosessiin mikrobiaktiivisuuden stimuloinnin kautta merkittävä. Jopa kymmenien prosenttien aktiivisuuslisä perustuu eläinten ruuansulatuskanavan läpi kulkeeseen ainekseen, joka on mikrobeille otollista kasvualustaa (mm. Kozlovskaja 1974). Lannoitteet muuttavat maaperäeliöstön elinympäristöä ja organismien välisiä suhteita siten, että jotkut ryhmät ja lajit hyötyvät ja toiset puolestaan taantuvat (mm. Huhta ym. 1967, 1984).

Pohjoisen havumetsävyöhykkeen maannoksissa ovat änkyrimadot (*Oligochaeta: Enchytraeidae*) yksi runsaslukuisimmista eläinryhmistä (Abrahamsen 1972, Huhta & Koskeniemi 1975, Persson ym. 1980). Tyypillisinä happaman orgaanisen maaperän eläiminä änkyrimadot ovat keskeinen eläinryhmä myös soiden eliöyhteisöissä (mm. Standen 1973, Moore ym. 1975, Raevara 1981, Vilkkamaa 1981, Markkula 1982).

Lannoituksen vaikutuksista änkyrimatoihin kivennäismailla on tehty joitakin tutkimuksia (mm. Huhta ym. 1967, 1969, 1984,

Lohm ym. 1977, Abrahamsen & Thompson 1979, Huhta 1984). Yhteistä em. tutkimuksille on eläinten merkittävä vähentyminen välittömästi lannoituksen jälkeen varsinkin kun on käytetty suuria lannoitemääriä. Myöhemmin ovat änkyrimatojen yksilömäärät ylittäneet kontrolliruutujen yksilömääriä.

Vilkamaa (1976) ja Markkula (1978) ovat vertailleet luonnontilaisten sekä ojitettujen ja lannoitettujen karujen rämeiden änkyrimatopopulaatioita. Vilkamaan tutkimuksessa eläinten yksilömäärät olivat huomattavasti suurempia metsätaloudellisilla muuttumilla. Markkulan tutkimuksessa, jossa ojituksesta oli 10 ja lannoituksesta viisi vuotta, eläimet vähentyivät hieman määttäissä, mutta painanteissa niiden lukumäärä oli yli nelinkertainen luonnontilaiseen verrattuna. Myös Kozlovskaja (1974) ja Moore ym. (1975) ovat todenneet änkyrimatojen lisääntyneen ojituksen tai ojituksen ja lannoituksen vuoksi pitkällä aikavälillä. Sen sijaan lannoitteiden välittömiä vaikutuksia suometsissä ei aiemmin ole tutkittu.

Tässä kirjoituksessa esitetään keskeiset tulokset tutkimuksesta, jossa selvitettiin normaalissa metsätaloudessa käytettävien tuhka- ja NPK-määrien lyhyen aikavälin vaikutuksia änkyrimatojen yksilömäärään, biomassaan, respiraatioon sekä vertikaalijakautumaan korven ja rämeen vanhoilla ojitusalueilla (Hotaenen 1981).

AINEISTO JA MENETELMÄT

Koealueet sijaitsivat Ilomantsin Ahvensalossa (62° 50'N, 30° 54'E), jonne vuonna 1979 perustettiin Joensuun korkeakoulun ja Metsätutkimuslaitoksen toimesta "Lannoituksen vaikutus metsäekosysteemiin" -tutkimusprojektin koekenttiä. Koealueet oli ojitettu ensimmäisen kerran 1930-luvulla. Alueet ojitettiin uudelleen heinä-elokuussa 1979, lisäksi räme oli täydennysojitettu vuonna 1968. Tutkitut kontrolli-, NPK- ja tuhkaruudut sijaitsivat molemmilla biotoopeilla vierekkäin.

Korven suotyyppejä oli lähinnä mustikka(ruoho)turvekangasta, missä puuston muodostivat 80—100 vuotiaat kuuset. Turvekerroksen paksuudeksi oli mitattu keskimäärin n. 80 cm. Rämeen (TR-øj-mu) puusto oli kasvuisaa 5—10 m pituista männikköä. Turvekerroksen paksuus oli n. 1.5 m. Verrattuna korven turpeeseen oli rämeen turve heikosti maatonut. Mätäspintojen ohella esiintyi runsaasti myös välipintaa. Kenttä- ja pohjakerroskasvillisuuden biomassassa oli molemmilla tyypeillä varsin

pieni verrattuna luonnontilaisiin soihin. Tietoja koealojen kasvillisuudesta ovat esittäneet mm. Kuusipalo ja Vuorinen (1981).

NPK-lannoitus suoritettiin loka-marraskuussa 1979. Typpi annettiin ureana ja sitä levitettiin määrä, joka vastaa 100 kg N/ha. Fosforia ja kaliumia levitettiin määrät, jotka vastaavat 100 kg P₂O₅/ha ja 100 kg K₂O/ha. Tuhka levitettiin koeruuduille kesäkuussa 1980 3000 kg/ha vastaavien määrien verran. Tuhka oli puun suorituhkaa ja se sisälsi mm. 602.6 kg Ca/ha, 56.5 kg K/ha, 24.5 kg Mn/ha sekä 19.9 kg P/ha.

Koska eri osakasvustojen änkyrimatojen yksilömäärät saattavat poiketa toisistaan merkittävästi (Standen & Latter 1977, Markkula 1978), otettiin näytteet (n = 10/ruutu) ainoastaan välipinnoilta hajonnan pienentämiseksi. Näytteet kairattiin 25 m²:n teräspuikkairalla 15 cm:n syvyyteen ja leikattiin terävällä puukolla kolmen cm:n vertikaalisiin jako-osiiin. Eläimet eroteltiin Baermann-O'Connor-märkäsuppilomenetelmällä (O'Connor 1962), mikä on erittäin tehokas varsinkin orgaanisilla maalajeilla (Abrahamsen 1972).

Änkyrimadot laskettiin binokulaarin avulla. Biomassan arvioimiseksi madot sijoitettiin laskettaessa eri kokoluokkiin okulaariin sijoitettua mm-ruudukkoa hyväksi käyttäen. Biomassan arvioimiseksi käytettiin Abrahamseinin (1973), *C. sphagnetorum*ille laskemaa pituus-tuorepainoregressiota. Respiraatio arviointiin soveltaen maaperäeläinten koon ja lämpötilan huomioon ottavia yhtälöitä (Huhta & Koskenniemi 1975, Phillipson ym. 1979).

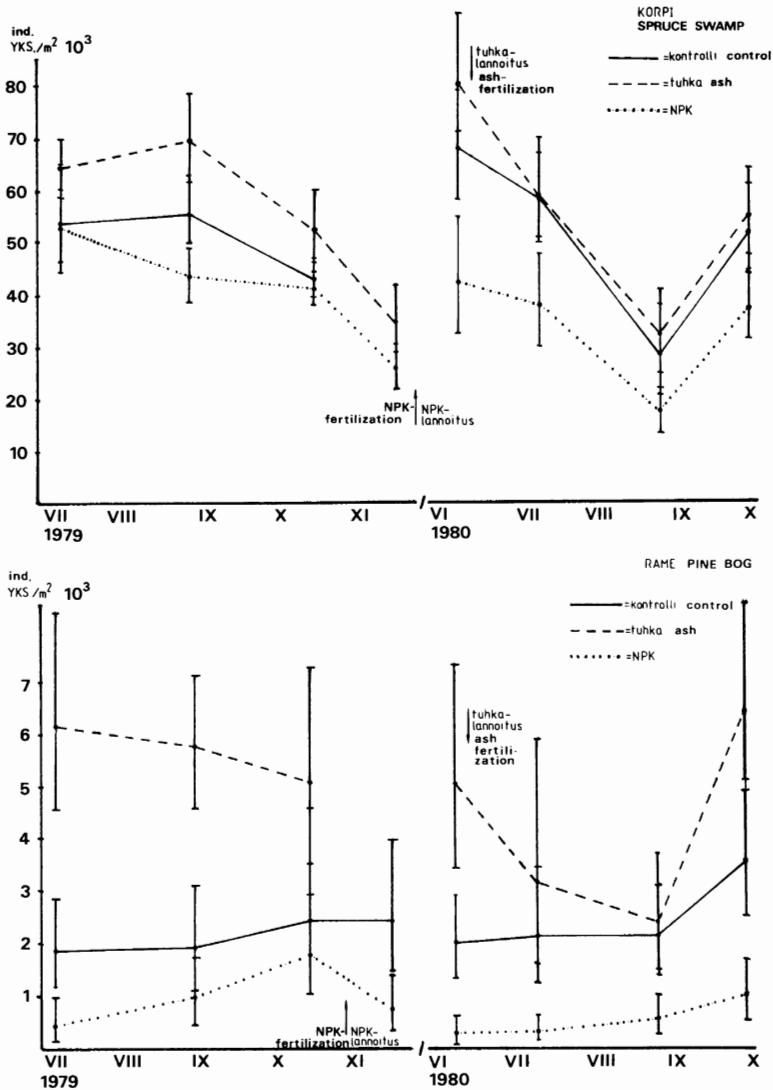
Lähes kaikki änkyrimadot kuuluivat lajiin *Cognettia sphagnetorum* (Vejd.), joka on pohjoisen havumetsävyöhykkeen kangasmetsien ja soiden ylivoimaisesti dominoivin (97—100 %) laji (Nurminen 1967, Abrahamseinin 1972, Lundkvist 1982).

Näytealoilla mitattiin jatkuvasti lukuisia ympäristömuuttujia, joista lämpötilalla ja kosteudella pyrittiin selittämään eläinten yksilömäärien vaihtelun riippuvuutta roudattomalta ajalta normaalin lannoitusvaikutustestauksen ohella. Edelleen tarkasteltiin yksilömäärien suhdetta pintaturpeen pH:n vaihteluihin.

TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Yksilömäärä ja vertikaalijakautuma

Yksilömäärät olivat korvessa keskimäärin n. 15-kertaiset verrattuna rämeen yksilömääriin (kuva 1). Ero johtunee välillisesti korven



Kuva 1. Änkyrimatojen yksilömäärien (tuhatta yksilöä) vaihtelu korvessa ja rämeellä (geometrisen keskiarvo ja 95 %:n luottamusrajat).

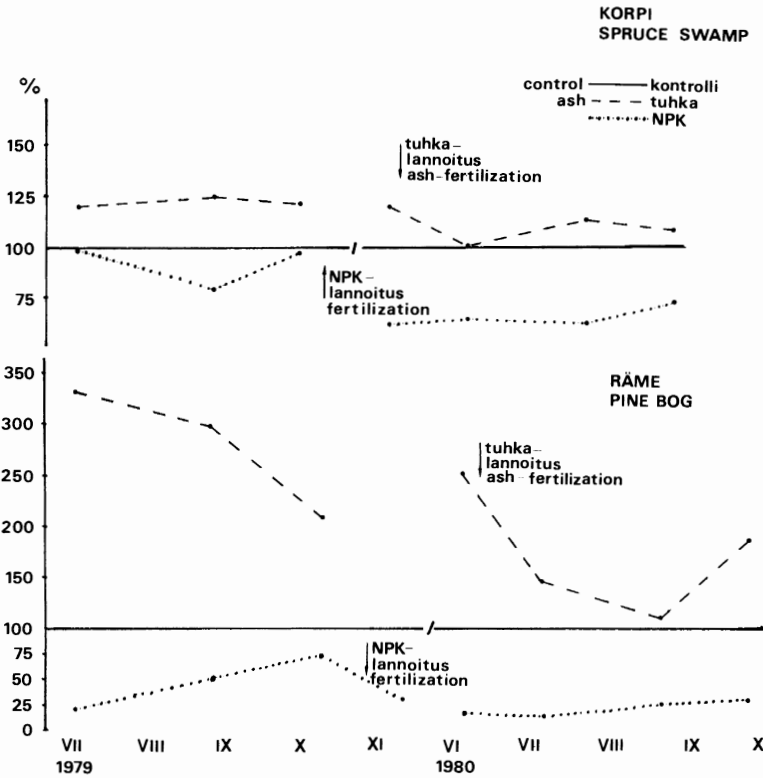
Fig. 1. The variation in Enchytraeid numbers (thousand individuals) at the spruce swamp and in the pine bog (geometrical mean and confidence limits of 95 %).

suuremmasta yleisestä biologisesta aktiivisuudesta rämeeseen verrattuna (Whittaker 1974). Vaikka ravintotutkimuksissa änkyrimatojen ei ole todettu olevan suoraan riippuvaisia maaperän mikrobeista (esim. Latter & Howson 1978), voivat mikrobit välillisesti lisätä yksilömääriä vapauttamalla heti käytettäväksi sopivaa ravintoa, fysikaalisella ravinnon pehmentämisellä ja/tai myrkyllisten materiaalien hajottamisella. Vaikka *C. sphagnetorumia* pidetään lähinnä primaarihajottajana (Latter & Howson 1978), viittaavat kenttäolosuhteista saadut tulokset sen käyttävän ravinnokseen jonkin verran hajonnutta kariketta (Standen & Latter 1977).

Koeruutujen välisiä eroja ennen lannoitusta selvitettiin 3–4 näytteenotokerralla.

Tuhka- ja NPK-ruutujen yksilömäärät saattoivat poiketa ($p < 0.05$ — $P < 0.02$) kontrolliruutujen yksilömääristä jo ennen lannoituskäsittelyä. Huolimatta näin komplisoidusta tilanteesta voitiin havaita tuhka- ja NPK-lannoituksen vähentävän änkyrimatojen yksilömääriä.

Ennen lannoitusta vuonna 1979 oli korven tuhkaruudulla kaikkina näytteenotokertoina enemmän ($p < 0.05$) eläimiä kuin kontrollilla. Yksilömäärä oli juuri ennen lannoitusta kesäkuussa 1980 18 % suurempi kuin kontrolliruudulla, mutta lannoituksen jälkeen heinäkuussa vain 0,2 % suurempi kuin kontrollin yksilömäärä. Elo- ja syyskuussa olivat eläinten lukumäärät jo 13 % ja 7 % suuremmat kuin kontrollilla (kuva 2). Lievä haitallinen



Kuva 2. Änkyrimatojen suhteellisten yksilömäärien vaihtelu korvessa ja rämeellä.

Fig. 2. The variation in relative numbers of Enchytraeidae at the spruce swamp and in the pine bog.

vaikutus oli näin ilmeinen vaikka yksilömäärien muutos ei ollutkaan tilastollisesti merkitävä. Tuhkalannoituksen lyhytaikainen haittavaikutus oli selvemmin havaittavissa rämeellä. Yksilömäärä oli juuri ennen lannoitusta alle 2 %:n riskitasolla suurempi kuin kontrolliruudulla. Lannoituksen jälkeen ei tilastollisia eroja voitu todeta. Syyskuun loppuun mennessä oli yksilömäärä jo huomattavasti kontrollia suurempi ($p < 0.05$) (kuvat 1 ja 2). Tuhkalannoituksen lievää haittavaikutusta voidaan pitää näin ollen erittäin lyhytaikaisena.

Huhta (1984) totesi tuhalla olevan kanervatyypin metsässä hyvin voimakkaan ja pitkäaikaisen vaikutuksen änkyrimatoihin, joiden lukumäärät vähenivät vuosittain koko kahden ja kolmen vuoden seurannan ajan. Tuhkaa em. tutkimuksessa käytettiin 6700–7000 kg/ha eli yli kaksi kertaa enemmän kuin Ahvensalossa. Myös Huhdan (1984) kenttäkokeiden ohella suorittamissa laboratorioskokeissa tuhka vähensi voimakkaasti änkyrien lukumääriä. Eläinten väheneminen viimeksi mainitussa tutkimuksessa johtui todennäköisesti pH:n nousun epäsuorista vaikutuksista, osin myös selittämättömistä syistä. Edelleen myös kalkituksen on todettu olevan haitallista *C. sphagnetorumille* ilmeisesti juuri pH-

muutoksen kautta (Hågvar & Abrahamsen 1980, Huhta 1984).

Tämän tutkimuksen tulokset turvemailta ovat osittain ristiriidassa siihen, että pH-lisäys vähentää *C. sphagnetorumin* yksilömääriä. Sekä tuhka- että NPK-lannoitus vähensivät pintaturpeen (0–5 cm) happamuutta molemmilla biotoopeilla. Lannoitusten jälkeen oli korven tuhkaruudun pH 5.0, NPK-ruudun 4.7 ja kontrollin 3.4. Syksyllä, viimeisellä näytteenotokerralla olivat vastaavat arvot 5.3, 5.8 ja 4.0. Rämeellä pH-lukemat olivat lannoituksen jälkeen 6.0, 4.7 ja kontrollilla 3.5 sekä syksyllä kontrolli- 4.1, NPK- 4.4 ja tuhkaruudulla jopa 7.0. Tästä huolimatta rämeen tuhkaruudun änkyrimatolukumäärä kasvoi voimakkaasti lyhyen aikavälin haitallisen vaikutuksen jälkeen. Myös korvessa olivat eläimet toipuneet heikon shokkiefektin jälkeen. Tuloksen osittainen poikkeavuus voi selittyä lannoitemäärien eroilla ja/tai maannosten eroavaisuuksilla verrattuna kivennäismaihin.

NPK-lannoituksen yksilömääriä vähentävä vaikutus oli hieman selvempi kuin tuhkalannoituksen. NPK-ruutujen yksilömäärät olivat lannoituksen jälkeen vuonna 1980 molemmilla suotyypeillä jokaisella näytteenotokerralla

selvästi kontrolloita pienemmät ($p < 0.02$), korvessa elokuussa $p < 0.05$). Marraskuussa 1979 välittömästi lannoituksen jälkeen oli rämeen NPK-ruudun yksilömäärä jokseenkin merkitsevästi pienempi kuin kontrollin. Korpi lannoitettiin marraskuun lopulla maan jo roustaannuttua eikä näytteitä enää silloin otettu. Välittömästi ennen lannoitusta ei tilastollisia eroja rämeellä todettu eikä myöskään korvessa viimeisellä näytteenotokerralla 1979.

Havaittu negatiivinen vaikutus on pääosin yhteneväinen aikaisempien, kivennäismailta olevien tutkimusten kanssa (Abrahamsen & Thompson 1979, Huhta 1984, Huhta ym. 1967, 1969, 1984, Lohm ym. 1977). Populaatioiden romahdus on ollut sitä voimakkaampi mitä enemmän lannoitteita on käytetty. Myös yksilötiheyden palautuminen on ollut samoin hitaampaa. Käytettäessä puhdasta urealannoitusta 100—150 kg N/ha kertalannoituksina ovat vaikutukset olleet hyvin pieniä (Abrahamsen & Thompson 1979, Lohm ym. 1977). Eri tyyppiyhdisteillä näyttää kuitenkin olevan vaikutuseroja (Huhta ym. 1984).

Lannoitusten välittömät vaikutukset voivat olla luonteeltaan myös suoraan kemiallisia ja johtua nk. suolavaikutuksesta (Abrahamsen & Thompson 1979), jolloin lannoitteiden hajaantuessa maanesteen osmoottinen potentiaali muuttuu niin, että eläimet kuolevat. Varsinkin maaperän alhainen vesipitoisuus ja suuri ravinnelisäys nostavat voimakkaasti osmoottista väkevyyttä. Kuitenkin Marshall (1977) epäilee, ettei osmoottinen väkevyys ole tärkeä haittatekijä, kun käytetään normaaleja metsätaloudessa käytettäviä lannoitemääriä.

Osmoottisen väkevyuden kasvu on ollut Ahvensalossa mitä ilmeisemmin voimakkaampaa lannoitetuilla ruuduilla kuin kontrollilla varsinkin elokuussa 1980 maaperän kuivumisen vuoksi. Tällä ei kuitenkaan ole ollut vaikutusta eläinten yksilömääriin ainakaan korvessa, sillä eläinten väheneminen ko. ajankohtana oli samanlainen kaikilla koeruuduilla. Sen sijaan rämeen tuhkaruudulla yksilömäärä väheni tällöin verraten paljon nousen jälleen huomattavasti syksyllä. Tuloksen lievä poikkeavuus tuhkaruudun osalta voi olla todellinen johtuen mm. turpeen erilaisesta rakenteesta em. biotoopeilla.

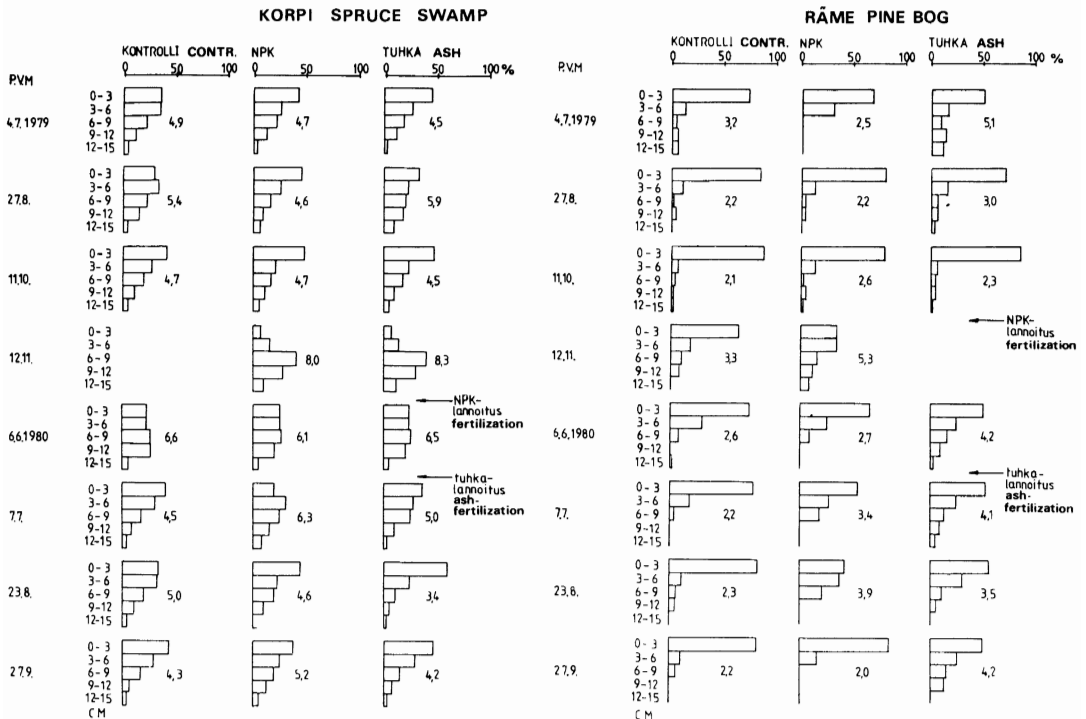
NPK(urea)-lannoituksen lyhyen aikavälin vaikutus voi aiheutua myös myrkyllisten yhdisteiden, esim. ammoniakkin muodostumisesta (Abrahamsen & Thompson 1979) urean hajotessa maassa ureaasin vaikutuksesta. Hajautumistuotteina syntyy hiilidioksidia ja

ammoniakkia, mikä sitoutuu ammoniumsuoloiksi maahan. Osa ammoniakista voi kuitenkin haihtua, myös happamasta maaperästä (Overrein 1968, Karsisto 1976, Marshall 1977). Happamissa maannoksissa ammoniakin muodostuminen on kuitenkin erittäin vähäistä käytettäessä esim. ammoniumnitraattia (Lohm ym. 1977), jolla Huhta (1984) sai ainakin neljä vuotta kestävästä populaation vähenemisen. Näin ollen myös muut tyyppiyhdisteiden hajoamistuotteet saattavat olla myrkyllisiä maaperäeläimille.

Yksilömäärien ajallinen vaihtelu, mikä oli korvessa rämettä suurempaa, noudatti enimmäin maan kosteuden kuin lämpötilan vaihtelua. Vuoden 1980 elokuun kuivuus oli korvessa voimakkaampi yksilömääriä vähentävä tekijä kuin lannoitus. Myös Huhdan (1984) tutkimuksesta ilmenee kesän 1981 kosteuden lisäyksen yksilömääriä voimakkaasti niin lannoitetuilla koeloilla kuin kontrollilla.

Molemmilla biotoopeilla änkyrimadot keskittyivät yleensä yli 90 %:sti turvekerroksen yläpintaan 10 cm:iin, rämeellä kuitenkin suhteessa enemmän yläpintaan vertikaaliseen jakosaan (kuva 3). Tuhkalannoitus ei vaikuttanut eläinten suhteelliseen vertikaalijakautumaan. Huhdan (1984) tulos ohuen humuskerroksen kivennäismailta käytettäessä yli kaksinkertaisia tuhkamääriä on erilainen, mutta luonnollinen: jos eläimet vähentyvät, ne vähentyvät aivan pintaosista, jossa niitä on eniten. Sen sijaan NPK-lannoitus muutti jakautumia molemmilla soilla siten, että eläimet vähenivät aivan turvekerrosten pintaosissa. Jakautumien muutokset NPK-lannoituksen vuoksi saattoivat aiheutua osaksi eläinten kuolemista turpeen pinnassa ja osaksi aktiivisesta siirtymisestä syvemmälle maaperään. Vertikaalijakautumien muutosten kesto oli kuitenkin lyhytaikainen. Rämeellä se oli havaittavissa vain yhdellä näytteenotokerralla; välittömästi lannoituksen jälkeen syksyllä 1979. Korvessa muutos oli todettavissa myös vain kerran, mutta vasta heinäkuussa 1980 toisella näytteenotokerralla lannoituksen jälkeen (kuva 3). Ensimmäisellä kerralla jakautumien keskisyvytykset olivat kaikilla ruuduilla suuret, eikä eläinten vähentyminen aivan turpeen pinnassa tulisi välttämättä esiin. Abrahamsenin ja Thompsonin (1979) tutkimuksessa muuttivat kaikki lannoitemäärät vertikaalijakautumaa, mutta pienimmän määrän (100 kg N/ha) vaikutus oli vähäinen kuten Ahvensalossakin.

Kaikista aikaisemmista tutkimuksista ki-



Kuva 3. Änkyrimatojen suhteelliset vertikaalijakautumat korvessa ja rämeellä (numerot jakautumien oikealla puolella ovat keskisyyvyksiä).

Fig. 3. The relative vertical distributions of enchytraeids at the spruce swamp and at the pine bog (the numbers at the right side are mean depths of distributions).

vennäsmailta ja myös tästä selvityksestä turvemailta on pääteltävissä, ettei lannoituksen lyhyen aikavälin haittavaikutus perustune yhteen ja samaan mekanismiin. Edelleen normaaliannoituksessa lannoitteiden välitön yksilömääriä säätelevä vaikutus on pieni esim. suhteessa luonnolliseen ympäristömuuttuunsa, maaperän kosteuteen. Tosin kuivuuden ja lannoitteiden välinen heikko interaktio voi tässä suhteessa esiintyä.

BIOMASSA JA RESPIRAATIO

Koska kumpikaan lannoituskäsittely ei vaikuttanut änkyrimatojen keskimääräisiin yksilöpainoihin, ja koska eläinten respiraatio määrytyy viime kädessä biomassan mukaan, olivat tuhka- ja NPK-lannoituksen vaikutukset niin biomassoihin kuin respiraatioonkin samansuuntaiset kuin yksilömääriin.

Biomassan vaihteluvälit olivat korvessa 2.92—15.02 g/m² ja rämeellä 0.10—1.33 g/m². Korven suurimpia biomassa-arvoja voidaan pitää huomattavina Respiraatio vaihteli korven koaloilla välillä 0.97—4.06 ml

O₂ /m² /h ja rämeellä välillä 0.03—0.38 ml O₂ /m² /h. Ko. hapenkulutus-biomassasuhde on samaa luokkaa kuin aiemmissa tutkimuksissa (mm. Huhta & Koskeniemi 1975, Phillipson ym. 1979) (ks. taulukko I). Mielenkiintoisen vertailuaineiston tarjoavat Standenin (1973) suorittamat tarkat respirometriset kokeet *C. sphagnetorum*illa. Hänen mittaamansa hapenkulutusarvot olivat jonkin verran käsillä olevan työn arvoja alhaisemmat. Änkyrimatojen osuus kokonaismaahengityksestä saattaa erittäin tiheiden änkyrimatopopulaatioiden havumetsissä olla jopa n. 11 %, mutta yleensä se on muutaman prosentin luokkaa (Phillipson ym. 1979).

KIITOKSET

Kiitän lämpimästi Veikko Huhtaa, Ilkka Markkulaa ja Harri Vasanderia, jotka esittivät parannuksia käsikirjoitukseen.

Taulukko 1. Änkyrimatojen yksilömäärä; biomassa- (tuorepaino) ja respiraatioarvoja erilaisilla kasvupaikoilla (%-luvut ovat osuuksia koko maaperäeläimistön totaaliarvoista).

Table 1. Enchytraeidae numbers, biomass (fresh weights) and respiration rates in different kind of sites (%-rates are proportions of the rates of the soil animals total).

lähde source	kasvupaikka site	yks/m ² ind./m ²	g/m ²	%	ml O ₂ /m ² /h	%
Tämä tutkimus <i>This research</i>	MTtkg, kontr. Myrt. <i>Heathy peatland,</i> contr. TR-øj/mu, kontr. <i>E.vag.-trans. peatl., contr.</i>	53000 \bar{x} 2875 "	9.6 0.5	— —	2.84 0.14	— —
Huhta & Koskenniemi (1975)	MT (s. <i>Finland</i>) OMT " HMT (n. <i>Finland</i>)	13400 " 8200 " 5300 "	1.7 0.9 1.3	(11) (7) (39)	0.47 0.24 0.11	(21) (15) (31)
Phillipson ym. (1979)	pyökkimetsä <i>Beech Woodland (England)</i>	14590 "	1.9	—	0.50	—
Kitazava (1967)	subalpiininen havumetsä <i>subalpine coniferous forest</i> (<i>Japan</i>)	9000 "	1.0	—	0.53	(8)
O'Connor (1967)	havumetsä <i>coniferous forest (Wales)</i>	134000 "	10.8	—	3.7	—
Vilkamaa (1976)	IR-luonnontil. (<i>m.Finland</i>) <i>virgin dwarf shrub pine bog</i> nuori IR-mu. NPK-lannoit. <i>young drainage area, NPK-</i> <i>fertil.</i> vanha IR-mu. <i>old drainage area</i>	4400 " 23900 " 17900"	0.6 3.6 2.4	(27) (61) (49)		
Peachey (1963)	<i>Juncus</i> -suo <i>Juncus-bog (n. England)</i>	290000 max.	53.0			
Abrahamsen & Thompson (1979)	MT, kontr. <i>spruce-pine upland</i> <i>forest, contr. (s. Norway)</i>	55000 max.	3.7			
Nielsen (1955)	kuusikko <i>spruce stand (Denmark)</i>	70000 \bar{x}	5.5			
Huhta (1976)	MT, nuori hakkuualue <i>a young clear-cut area (s. Finland)</i>	86200"	10.1			
Kairesalo (1978)	lehto <i>meadow forest (s. Finland)</i>	6878"	1.5			
Huhta ym. (1967).	CT (s. <i>Finland</i>) VT (m. ") MT (m. ") OMT (s. ") EMT (n. ") UEMT (n. ")	17500 max. 40000 max. 48000 max. 71000 max. 30500 max. 30000 max.				

KIRJALLISUUS

- Abrahamsen, G. 1972: Ecological study of Enchytraeidae (Oligochaeta) in Norwegian coniferous forest soils. — *Pedobiologia* 12: 26-82.
- Abrahamsen, G. 1973: Studies of body-volume, body-surface area, density and live weight of Enchytraeidae (Oligochaeta). — *Pedobiologia* 13: 6-15.
- Abrahamsen, G. Thompson, W. 1979: A long term study of the enchytraeid (Oligochaeta) fauna of a mixed coniferous forest and the effects of urea fertilization. — *Oikos* 32: 318-327.
- Hotanen, J-P. 1981: Tuhka- ja NPK-lannoituksen vaikutuksista änkyrimatoihin (Oligochaeta: Enchytraeidae) korvessa ja rämeellä Ilomantsin Ahvensalossa. — *Erikoistyö*. Joensuun korkeakoulu, biologian laitos: 1-46.
- Hågvar, S. & Abrahamsen, G. 1980: Colonisation by Enchytraeidae, Collembola and Acari in sterile soil samples with adjusted pH levels. — *Oikos* 34: 245-258.
- Huhta, V. 1976: Effects of clearcutting on numbers,

- biomass and community respiration of soil invertebrates. — *Ann.Zool.Fenn.* 13: 63-80.
- Huhta, V. 1984: Response of *Cognettia sphagnetorum* (Enchytraeidae) to manipulation of pH and nutrient status in coniferous forest soil. — *Pedobiologia* 27: 245-260.
- Huhta, V. Karppinen, E., Nurminen, M. & Valpas, A. 1967: Effect of silvicultural practises upon arthropod, annelid and nematode populations in coniferous forest soil. — *Ann.Zool.Fenn.* 4: 87-143.
- Huhta, V., Nurminen, M. & Valpas, A. 1969: Further notes on the effect of silvicultural practises upon the soil fauna of coniferous forest soil. — *Ann.Zool.Fenn.* 6:327-334.
- Huhta, V. & Koskenniemi, A. 1975: Numbers, biomass and community respiration of soil invertebrates in spruce forests at two latitudes in Finland. — *Ann.Zool.Fenn.* 12: 164-182.
- Huhta, V. & Setälä, H. 1984: Maaperäeläinten merkitys hajotuksessa ja ravinnekierrossa. (Summary: The role of soil animals in decomposition and nutrient cycling.) — *Luonnon Tutkija* 88: 2-8.
- Huhta, V., Hyvönen, R., Koskenniemi, A., Vilkkamaa, P., Kaasalainen & Sulander, M. 1984: Metsänlannoituksen ja pH:n vaikutus maaperäeläimistöön. — *Jyväskylän yliopiston biologian laitoksen tiedonantoja* 36: 1-35.
- Kairesalo, P. 1978: Ecology of Enchytraeids in meadow forest in southern Finland. — *Ann.Zool.Fenn.* 15: 210-220.
- Karsisto, K. 1976: Metsänlannoitus. — *Metsä ja Puu* 5-9/1976.
- Kitazava, Y. 1967: Community metabolism of soil invertebrates in forest ecosystems of Japan. — Teoksessa: Petrusiewicz, K. (toim.), *Secondary Productivity of Terrestrial Ecosystems*: 649-661. Warszawa-Krakow.
- Kozlovskaja, L. 1974: The effect of drainage on the change in the biological activity of forest peat soils. — *Proc.Int.Symp. Forest Drainage Jyväskylä-Oulu, Finland*: 57-62.
- Kuusipalo, J. & Vuorinen, J. 1981: Pintakasvillisuuden sukkessiosta vanhalla ojitusalueella Itä-Suomessa. (Summary: Vegetation succession on an old, drained peatland area in eastern Finland.) — *Suo* 32: 61-66.
- Latter, P. & Howson, G. 1978: Studies on the microfauna of blanket bog with particular reference to Enchytraeidae.II. Growth and survival of *Cognettia sphagnetorum* on various substrates. — *J.Anim.Ecol.* 47: 425-448.
- Lohm, U., Lundkvist, T., Persson, T. & Wiren, A. 1977: Effects of nitrogen fertilization on the abundance of enchytraeids and microarthropods in Scots pine forests. — *Studia.For.Suecica* 140: 1-23.
- Lundkvist, H. 1982: Population dynamics of *Cognettia sphagnetorum* (Enchytraeidae) in a Scots pine forest soil in Central Sweden. — *Pedobiologia* 23: 21-41.
- Markkula, I. 1978: Änkyrimatojen yksilömääristä, biomassoista sekä spatiaalisesta jakautumasta luonnontilaisella ja metsäojitetulla rahkarämeellä. — *Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja* 4: 1-35.
- Markkula, I. 1982: Ojituksen ja NPK-lannoituksen vaikutus keidasrämeen maaperäeläimiin. (Summary: Effect of drainage and NPK-fertilization on soil animals of a raised bog.) — *Suo* 33: 55-63.
- Marshall, V. 1977: Effects of manures and fertilizers on soil fauna: a review. — *Commonwealth Bureau of Soils, Special Publ.* 3: 1-79.
- Moore, J., Downing, P. & Healy, P. 1975: Glenamoy, Ireland. — Teoksessa: Rosswall, T. & Heal, O. (toim.), *Structure and function of tundra ecosystems. Ecological Bulletins* 20: 321-343.
- Nielsen, C. 1955: Studies on Enchytraeidae 2. Field studies. — *Natura Jutlandica* 4:1-58.
- Nurminen, M. 1967: Ecology of Enchytraeidae (Oligochaeta) in Finnish coniferous forest soil. — *Ann.Zool.Fenn.* 4: 147-157.
- O'Connor, F. 1962: The extraction of Enchytraeidae from soil. — Teoksessa: Murphy (toim.), *Progress in soil zoology*: 294-299.
- O'Connor, F. 1967: The Enchytraeidae. — Teoksessa: Burges, A. & Raw, F. (toim.), *Soil Biology*: 213-257. London.
- Overrein, L. 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.
- Peachey, J. 1963: Studies on the Enchytraeidae (Oligochaeta) of moorland soils. — *Pedobiologia* 2: 81-95.
- Petersen, H. & Luxton, M. 1982: A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. — *Oikos* 39: 287-388.
- Persson, T., Bååth, E., Clarholm, M., Lundkvist, H., Söderström, B. & Sohlenius, B. 1980: Trophic structure, biomass dynamics and carbon metabolism of soil organisms in a Scots pine forest. — Teoksessa: Persson (toim.), *Structure and function of northern coniferous forests — an ecosystem study. Ecol.Bull.* 32: 419-459.
- Phillipson, J., Abel, R., Steel, & Woodell, S. 1979: Enchytraeid numbers, Biomass and Respiratory Metabolism in a Beech Woodland-Wytham Woods, Oxford. — *Oecologia* 43: 173-193.
- Raevaara, H. 1981: Maaperäeläimistö kolmella rämebiotoopilla (TR, NR, RhNR). (Summary: Soil fauna in three pine bog sites.) — *Suo* 32: 123-125.
- Reinikainen, A. 1976: Suoekosysteemi tutkimuskohteena. (Summary: How to study a mire-ecosystem.) — *Suo* 27: 9-18.
- Standen, V. 1973: The production and respiration of an enchytraeid population in blanket bog. — *J. Anim. Ecol.* 42: 219-245.
- Standen, V. & Latter, P. 1977: Distribution of a population of *Cognettia sphagnetorum* (Enchytraeidae) in relation to microhabitats in a blanket bog. — *J. Anim. Ecol.* 46: 213-229.
- Vilkkamaa, P. 1976: Ojituksen vaikutus rämeen maaperäeläinten yksilömääriin ja biomassoihin. — *Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja* 2: 1-102.
- Vilkkamaa, P. 1981: Isovarpuisen rämeen ja sen metsänparannusmuuttumien maaperäeläimistö. (Summary: Soil fauna in a virgin and two drained dwarf shrub pine bogs.) — *Suo* 32: 120-122.
- Whittaker, J. 1974: Interactions between Fauna and Microflora at Tundra Sites. — Teoksessa: Holding (toim.), *Soil Organisms and Decomposition in Tundra*: 183-195.

SUMMARY

SHORT-TERM EFFECTS OF ASH AND NPK FERTILIZATION ON ENCHYTRAEIDAE POPULATIONS IN TWO OLD, DRAINED PEATLAND AREAS IN EASTERN FINLAND

The short-term effects of NPK and ash fertilizer on the enchytraeid (*Oligochaeta*) populations were studied at a spruce swamp and pine bog in an old drainage area in eastern Finland (N 62° 50'; E 30° 54'). The spruce swamp, classified as a *Myrtillus* heathy peatland, had an 80 to 100-year-old spruce stand. The pine bog was classified as an *Eriophorum vaginatum* transitional peatland and had a (fast growing) 5—10 m stand of Scots pine.

The NPK fertilizer, 100 kg/ha of each element, was applied in October — November 1979; the nitrogen being given as urea. The ash treatment was performed in June 1980 with 3000 kg/ha of wood ash (a.o.t. Ca: 20.9 %, K: 1.96 %, Mn: 0.85 %, P: 0.7 %).

Peat samples were taken at 3 cm intervals down to 15 cm depth on 4 occasions in both 1979 and 1980. The enchytraeid population was extracted from the samples by the wet funnel technique and individuals were counted and measured by binocular microscope. The biomass and the respiration rates were estimated by the equations in Abrahamsen (1973), in Huhta & Koskenniemi (1975) and Phillipson et al. (1979). Almost without exception, the Enchytraeidae population was accounted for by a single species — *Cognettia sphagnetorum*.

There were significant differences in enchytraeid worm numbers among the ash and NPK plots before fertilization. Both ash and NPK fertilizer reduced worm numbers at both sites,

but the effect was slight concerning the ash treatment. Four months after the ash treatment, worm numbers had almost returned to their former values. Soil drying during August 1980 reduced worm numbers at the spruce swamp much more than either fertilizer treatments. Temporal fluctuations in worm numbers were relatively smaller at the pine bog than at the spruce swamp (Figs. 1 and 2). NPK fertilizer reduced worm numbers in the uppermost 3 cm of the peat. The ash treatment did not influence the relative vertical distribution of worm numbers. (Fig. 3).

The short-term effect of fertilizers on Enchytraeidae worm numbers can be related to several causes, eg., increased pH, presence of toxins or impurities in the fertilizers, or through increased osmotic potential ("salt-effect"). Nevertheless, the effect of fertilizers given at normal dosages is small compared to seasonal fluctuations. Interaction between soil dryness, for example, and fertilizer may, however, occur.

The effect of ash and NPK fertilizer on *Enchytraeidae* biomass and respiration rates was similar to the effect on numbers. At the spruce site worm biomass varied between 2.92 and 15.02 g/m² and respiration rates between 0.97-4.06 ml O₂/m²/h, and are considered high in comparison to published values (Table 1). Respective values at the pine bog site were 0.10-1.33 g/m² and 0.03-0.38 ml O₂/m²/h, respectively.

Received 28.II.1986

Approved 28.IV.1986