

Koetuloksia säilörehunurmien typpilannoituksesta saraturvesuolla

HEIKKI LUOSTARINEN

Suoviljelysyhdistys, Tohmajärvi

Results of nitrogen fertilization of leys on sedge peat

HEIKKI LUOSTARINEN

Society of Peat Cultivation, Tohmajärvi

Abstract. Nitrogen fertilizing of timothy and meadow fescue ley harvested as silage was studied on woody sedge peat in field tests arranged at the Karelia Experiment Station in North Karelia in 1970–73.

The nitrogen (0, 150, 300 and 450 kg/ha N) was given as calcium ammonium nitrate fertilizer in three equal amounts during the period of growth. The yearly amount of the potash fertilizing was 100 + 50 kg/ha K and that of the phosphate fertilizing 44 kg/ha P.

The average dry matter yield ($y = t/ha$) was represented by the equation $y = 4.97 + 2.07x - 0.30x^2$, and the average crude protein yield ($y = t/ha$) by the equation $y = 0.720 + 0.462x - 0.0521x^2$ with $x = 100$ kg/ha N. In first year leys nitrogen increased the yields most effectively, but in ageing leys the yield increases with large nitrogen amounts decreased. This was chiefly due to the natural thinning of the leys mainly during the winter.

Nitrogen fertilizing effectively increased the crude protein contents of the grass and altered the mineral matter composition.

Cultivation of the ley using strong nitrogen fertilizing clearly affected the potassium and calcium condition of the soil. Since the leys apparently absorbed potassium more than was necessary for their growth.

The advisable nitrogen fertilizing was 220–240 kg/ha N.

Johdanto

Lukuisat niittonurmien typpilannoitusta koskevat tutkimukset ovat osoittaneet, että turvemaille typpilannoitus lisää tehokkaasti heinä- ja odelmasatoa sekä kohottaa rehun valkuaispitoisuutta (TENNBERG 1955, SALONEN ym. 1962, TENNBERG ja VALMARI 1969). Ainoastaan parhailta Etelä-Suomen mutasoilla typpilannoituksen tarve niittonurmilla on ollut vähäistä (PESSI 1966).

Heinäkasvivaltaisille säilörehunurmille käytetään huomattavasti suurempia typpimääriä kuin niittonurmille. Tällaisten nurmien typpilannoituksesta

suoviljelyksillä on julkaistu koetuloksia vähemmän kuin niitonurmilta. Maatalouden tutkimuskeskuksen toimesta v. 1967—70 järjestetyissä kokeissa tyypin vaikutus säilörehunurmen satoon oli turvemaille samanlainen kuin kivennäismailla (JÄNTTI 1967, HUOKUNA 1971, 1973), mutta sadon kivennäisainepitoisuuksissa ja maan ravinnetilan muutoksissa voitiin todeta maalajikoh- taisia eroja (RINNE 1973, SILLAÄPÄÄ 1974). Näissä kokeissa turvemaita koskevat tulokset oli saatu Leteensuon koeaseman rahkaturpeella sekä Pohjois-Suomen saraturvesoilla.

Tässä kirjoituksessa käsitellään säilörehuasteella korjattavan heinäkasvi- nurmen typpilannoitusta saraturvesoilla. Koeaineisto saatiin Suoviljelys- yhdistyksen Karjalan koeasemalla Tohmajärvellä v. 1970—73 järjestetyissä kenttäkokeissa. Artikkelissa tarkastellaan typpilannoituksen vaikutusta nur- men talvehtimiseen, satoon, sadon laatuun ja maaperään sekä tehdään joi- takin selvityksiä typpilannoituksen taloudellisuudesta.

Aineisto

Koenurmet perustettiin metsäsaraturpeelle, jonka maatumisaste oli H 8—9. Koalueilla oli käytetty maanparannusaineena hietaa tai hiekkaa 200 m³/ha 1920- ja 30-luvuilla. Turpeiden tuhkapitoisuus oli koemaissa 43—55 % ja tilavuuspaino muokkauskerroksessa 420—520 g/l. Soiden pintaosa muis- tutti siis multamaita, joista turpeen tuntomerkit alkoivat olla jo vaikeasti todettavissa. Koalueiden viljavuusluvut käyvät selville jäljempänä tässä esityksessä.

Koenurmille annettiin vuotuislannoituksena 500 kg/ha superfosfaattia (20 % P₂O₅) ja 200 kg/ha kalisuolaa (60 % K₂O) keväällä sekä toisen niiton jälkeen 100 kg/ha kalisuolaa. Typpi levitettiin kolmessa yhtä suuressa erässä, ensimmäinen levitys keväällä nurmien alkaessa kasvunsa tai vähän sitä ai- kaisemmin, toinen levitys ensimmäisen ja kolmas toisen niiton jälkeen. Typpi- tasot olivat 0, 150, 300 ja 450 kg/ha tyypeä oulunsalpietarina (26—27.5 % N, 3 % Mg).

Kokeet perustettiin timotei- (lajike Tammisto) ja nurminatanurmille (lajike Paavo) lohkoittain satunnaistettua koemallia käyttäen. Kokeita oli kaikkiaan neljä, joista yhdessä oli kolme kerrannetta ja muissa neljä. Koeruudun koko oli 2.5 × 8 metriä. Ensimmäinen koe perustettiin v. 1970, kaksi koetta seuraava- vana ja yksi sitä seuraavana vuonna. Jälkimmäisestä kokeesta saatiin koe- tulokset vain kahdelta vuodelta. Muut kokeet jatkuivat kolmen vuoden ajan.

Kasvustot korjattiin säilörehuasteella kolme kertaa kesässä. Niitot pyritiin tekemään viimeistään silloin, kun ensimmäiset tähkät ja röyhyt alkoivat tulla esiin lehtitupeista, mitä korjuuajankohtaa mm. POUTAINEN ja RINNE (1971) pitävät sopivana. Aikaisimman ja myöhäisimmän niiton ajankohdat olivat ensimmäisessä korjuussa 12/6—21/6, toisessa 17/7—28/7 ja kolmannessa 2/9—13/9. Jokaisella niitokerralla otettiin koeruuduittain ruohonäytteet, joista määritettiin kuiva-aine ja tehtiin botaaninen analyysi. Sen perusteella satotulokset laskettiin kylvetyn kasvin antamiksi sadoiksi. Ilmakuiviksi kuiva- tetuista näytteistä määritettiin ruohon ravinnepitoisuudet Viljavuuspalvelu

Taulukko 1. Sääolot Tohmajärvellä 1970–73.
 Table 1. Weather conditions at Tohmajärvi 1970–73.

Kuukausi Month	Sademäärä, mm Rainfall, mm				Norm. Normal 1931— 60	Lämpötila, C° Temperature, C°				Norm. Normal 1931— 60
	1970	1971	1972	1973		1970	1971	1972	1973	
V	18	18	30	46	39	8.1	7.4	7.8	9.4	7.7
VI	10	33	23	79	57	15.6	12.5	16.2	16.1	13.4
VII	92	64	57	29	74	16.5	15.2	19.2	18.2	16.1
VIII	66	73	75	53	74	13.7	13.9	16.1	13.4	13.9
IX	73	39	43	92	66	8.6	7.0	8.3	4.8	8.6

Oy:ssä. Samassa laitoksessa analysoitiin myös maanäytteiden ravinnepitoisuu-
 det.

Kesäkuukausien sääolot v. 1970–73 nähdään taulukosta 1. Alkukesä oli
 yleensä vähäsateista ja vain vuonna 1973 kesäkuun sademäärä ylitti normaalin
 (57 mm). Kesäkuun alku oli tällöinkin hyvin vähäsateinen ja samoin heinäkuu.

Tulokset ja niiden tarkastelu

a. Nurmien talvehtiminen

Kun nurmien säilyminen riittävän tiheinä on keskeinen kysymys nurmi-
 viljelyssä, tarkastellaan seuraavassa lyhyesti nurmien tiheyksien muutoksia
 kolmen koevuoden aikana. Keskimääräiset tiheysprosentit kasvilajeittain
 nähdään seuraavasta asetelmasta.

N kg/ha	1. nurmi syksy	2. nurmi kevät	syksy	3. nurmi kevät	syksy	4. nurmi kevät
	Timotein tiheys, %					
0	95	85	91	84	87	81
150	89	78	84	79	79	75
300	84	68	79	70	75	71
450	83	58	75	68	75	70
	Nurminadan tiheys, %					
0	90	86	92	87	93	84
150	88	83	89	77	90	76
300	84	78	87	77	85	60
450	83	70	87	77	85	57

Nurmien tiheydet olivat ensimmäisen vuoden keväällä samoja eri koe-
 jäsenillä, mutta syksyyn mennessä nurmet harvenivat typpilannoituksen vai-
 kutuksesta. Harvenemista saattoi osaltaan edistää käsin tapahtunut lannoit-
 teiden levitys, jolloin lannoitteita ei saatu riittävän tasaisesti nurmille useam-

masta osalevityksestä huolimatta. Toisaalta myös nurmien tihentämistä tapah-
tui kasvukauden kuluessa erityisesti nurminatanurmilla.

Typpilannoitus lisäsi selvästi talvituhoja. Käytettäessä 300 kg/ha typpeä
tai enemmän monia koenurmia ei olisi kannattanut pitää kolme vuotta van-
hemmiksi. Joissakin kokeissa nurmien viimeisen niiton ajankohta saattoi jäädä
liian myöhäiseksi (vrt. HUOKUNA 1971), mikä osaltaan voi lisätä talvehtimis-
vaurioita. Talvikaudet olivat kuitenkin koejakson aikana yleensä suotuisia.

b. Sadot

Taulukkoon 2 on koottu typpilannoituskokeissa saadut keskimääräiset
kuiva-aine- ja raakavalkuaissadot niittokerroittain. Kuiva-ainesadon nousu
typpilannoitusta lisättäessä pysähtyi noin 300 typpikilon kohdalla. Kevätsato
oli suurin ja tällöin myös typen vaikutus oli tehokkainta. Keskikesällä sato
jäi pienemmäksi kuin muilla korjuukerroilla. Jos näitä tuloksia verrataan maa-
talouden tutkimuskeskuksen toimesta v. 1967—70 järjestettyjen säilörehunur-
mien typpilannoituskokeiden tuloksiin (HUOKUNA 1973), jotka pääasiassa oli
saatu kivennäismailta, voidaan todeta, että satotaso 300 typpikilon lannoituk-
sella oli keskimäärin sama, mutta saraturvesuolla satokäyrä oli loivempi eri-
tyisesti O- tason satotuloksen noustessa selvästi korkeammaksi kuin kiven-
näismailla.

Raakavalkuaissato kohosi suurimpaan käytettyyn typpimäärään saakka,
mutta ei kuitenkaan suoraviivaisesti. Viimeisellä lannoitusvälillä (300—450
kg/ha N) saatiin typpikilolla keskimäärin vain 0.8 kg/ha raakavalkuaista, kun
vastaava sadonlisäys ensimmäisellä lannoitusvälillä oli 4.0 kg/ha.

Taulukko 2. Keskimääräiset kuiva-aine- ja raakavalkuaissadot (kg/ha) 1970—73.

Table 2. Average dry matter and crude protein yields (kg/ha) 1970—73.

N kg/ha	1. niitto <i>1st cut</i>	2. niitto <i>2nd cut</i>	3. niitto <i>3rd cut</i>	Yhteensä ¹⁾ <i>Total¹⁾</i>
Kuiva-aine — <i>Dry matter</i>				
0	1 990	1 170	1 720	4 880 ± 346
150	2 950	1 950	2 710	7 610 ± 279
300	3 320	2 080	2 870	8 270 ± 321
450	3 320	2 220	2 780	8 320 ± 412
Raakavalkuainen — <i>Crude protein</i>				
0	264	178	277	719 ± 57
150	452	368	492	1 312 ± 55
300	595	443	594	1 632 ± 52
450	657	504	591	1 752 ± 70

¹⁾ Keskiarvo ± keskivirhe $s_{\bar{x}}$ (n = 10)

¹⁾ Mean ± standard error $s_{\bar{x}}$ (N = 10)

Taulukko 3. Kuiva-aine- ja raakavalkuaissadot (kg/ha) eri ikäisillä nurmilla 1970–73.
 Table 3. Dry matter and crude protein yields (kg/ha) of different aged leys 1970–73.

N kg/ha	Kuiva-aine — Dry matter			Raakavalkuainen — Crude protein		
	1. nurmi 1st ley	2. nurmi 2nd ley	3. nurmi 3rd ley	1. nurmi 1st ley	2. nurmi 2nd ley	3. nurmi 3rd ley
0	4 340	5 650	4 860	606	829	764
150	7 600	8 020	7 470	1 277	1 387	1 283
300	8 640	8 480	7 550	1 659	1 731	1 462
450	8 840	8 470	7 470	1 865	1 816	1 536
F-arvot	43.39***	26.03***	127.67***	74.50***	60.99***	149.01***
<i>F-values</i>						
PME	1 162	915	392	231	191	99
<i>L.S.D.</i>						

Satotulokset nurmen iän mukaan ryhmiteltyinä nähdään taulukosta 3. Typen vaikutus oli tehokkainta ensimmäisen vuoden nurmissa. Tällöin saatiin lannoitusvälillä 150–300 kg/ha N kuiva-ainesadon lisäystä yhdellä typpikilolla keskimäärin 6.9 kg/ha, toisen vuoden nurmissa 3.1 kg/ha ja kolmannen vuoden nurmissa vain 0.5 kg/ha. Kolmannen vuoden nurmissa sato oli vielä lähes yhtä korkea kuin ensimmäisen vuoden nurmissakin käytettäessä 150 kg/ha typpeä, mutta suuremmilla typpimäärillä se laski selvästi koejakson aikana. Typen vaikutus oli tehokkainta kevätkesällä nurmen iästä riippumatta.

Raakavalkuaissato nousi vielä kolmannen vuoden nurmissakin suurimpaan käytettyyn lannoitemäärään saakka, mutta sadonlisäykset olivat merkitseviä vain 300 typpikilon tasolle.

Timotein ja nurminadan keskimääräiset satotulokset nähdään seuraavasta asetelmasta:

Kasvilaji	0 N	150 N	300 N	450 N
	Kuiva-ainesato, kg/ha			
Timotei	5 440	7 770	8 370	8 350
Nurminata	4 070	7 380	8 110	8 270
	Raakavalkuaissato, kg/ha			
Timotei	800	1 350	1 630	1 770
Nurminata	600	1 260	1 640	1 730

Ilman typpilannoitusta timotein sato oli suurempi kuin nurminadan, mutta typpilannoitusta käytettäessä satoerot jäivät pieniksi.

c. Ruohon laatu

Ruohon keskimääräiset kuiva-aineen, raakavalkuaisen, kuidun ja tuhkan pitoisuudet sekä keskiarvojen luotettavuusrajat 95 prosentin todennäköisyydelle laskettuina on esitetty taulukossa 4. Typpilannoitus alensi ruohon kuiva-ainepitoisuutta voimakkaimmin ensimmäisen niittokerran sadossa. Myöhem-

Taulukko 4. Ruohon kuiva-aineprosentit sekä raakavalkuaisen, kuidun ja tuhkan osuudet, % kuiva- aineesta¹⁾.

Table 4. Dry matter percentages of grass and crude protein, fibre and ash contents, % of DM.¹⁾

N kg/ha	1. niitto <i>1st cut</i>	2. niitto <i>2nd cut</i>	3 niitto <i>3rd cut</i>
	Kuiva-aine — <i>Dry matter</i>		
0	19.6 ± 2.1	21.5 ± 2.0	18.7 ± 2.2
150	17.1 ± 1.2	19.0 ± 2.1	16.9 ± 2.6
300	16.6 ± 0.8	18.9 ± 2.2	16.9 ± 3.0
450	16.3 ± 0.9	18.9 ± 2.2	16.8 ± 2.8
	Raakavalkuainen — <i>Crude protein</i>		
0	13.3 ± 1.7	14.9 ± 1.2	16.4 ± 1.1
150	15.3 ± 1.2	19.2 ± 1.6	18.3 ± 1.5
300	18.1 ± 1.8	21.7 ± 1.1	21.1 ± 2.2
450	20.0 ± 1.4	22.8 ± 2.1	21.6 ± 1.9
	Kuitu — <i>Fibre</i>		
0	27.2 ± 2.4	25.0 ± 1.5	24.2 ± 1.3
150	27.7 ± 2.2	25.9 ± 1.5	25.0 ± 1.4
300	27.0 ± 2.2	26.1 ± 1.1	23.9 ± 1.7
450	27.3 ± 2.0	26.8 ± 1.4	23.7 ± 2.0
	Tuhka — <i>Ash</i>		
0	8.2 ± 0.9	10.0 ± 1.3	9.8 ± 0.7
150	8.7 ± 0.5	9.6 ± 0.7	9.3 ± 0.6
300	8.6 ± 0.8	8.9 ± 1.1	9.2 ± 1.2
450	8.6 ± 1.2	9.4 ± 1.1	8.9 ± 1.2

¹⁾ Luotettavuusrajat 95 % tasolla.

¹⁾ Confidence limits at the 95 % level.

missä niitoissa kuiva-ainepitoisuuksien erot eri tyypitasoilla jäivät pieniksi. Keskiarvojen luotettavuusrajat olivat syksyllä korjatussa sadossa suuremmat kuin muilla niittokerroilla, mikä viittaa siihen, että korjuuoloihin joudutaan kohdistamaan suurta huomiota pyrittäessä rehun kuiva-ainepitoisuus saamaan mahdollisimman korkeaksi. Tällä seikallahan on vaikutusta mm. säilöntätappioiden suuruuteen (ETTALA ym. 1972).

Typpilannoitus lisäsi voimakkaasti ruohon raakavalkuaispitoisuutta kaikilla niittokerroilla. Alhaisimmat raakavalkuaispitoisuudet todettiin ensimmäisessä sadossa. Kasvustojen erilainen kehitysaste saattoi osaltaan vaikuttaa tähän, muttei kuitenkaan yksinomaisesti. Typen tarvehan oli suurinta kevätkesällä myös sadonlisäyksistä päätellen.

Ruohon kuitupitoisuus oli korkein ensimmäisen niittokerran sadossa ja tällöin myös pitoisuuksien vaihtelu oli voimakkainta. Korjuuajankohta myöhästyi helpoimmin juuri tällöin nurmien nopean kasvun vaiheessa. Typpilannoitus alensi lievästi kuitupitoisuutta, mikä tuli kuitenkin näkyviin vasta kasvilajeittain asiaa tarkasteltaessa.

Kuiva-aineen tuhkapitoisuus aleni typpilannoituksen vaikutuksesta toisessa ja kolmannessa niitossa (taulukko 4). Tuhkapitoisuuden vaihtelut tulivat

Taulukko 5. Ruohon kivennäisaineiden, nitraatin ja tuhkan pitoisuudet, % kuiva-aineesta.
 Table 5. Contents of minerals, nitrate, and ash in grass, % of DM.

N kg/ha	1. nurmi — 1st ley			2. nurmi — 2nd ley			3. nurmi — 3rd ley		
	Niitto — Cut			Niitto — Cut			Niitto — Cut		
	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.
	K								
0	3.00	3.62	3.62	3.50	3.64	3.22	3.26	3.34	2.90
150	3.59	4.06	3.87	3.72	3.62	3.52	3.00	2.80	2.84
300	3.83	4.05	3.70	3.87	3.27	3.34	2.80	2.78	2.82
450	3.87	3.72	3.57	3.62	3.33	3.65	2.90	2.84	2.79
	Mg								
0	0.20	0.16	0.17	0.12	0.23	0.18	0.13	0.16	0.19
150	0.23	0.17	0.19	0.14	0.24	0.22	0.19	0.26	0.23
300	0.14	0.22	0.23	0.17	0.30	0.27	0.19	0.31	0.27
450	0.14	0.23	0.26	0.21	0.29	0.25	0.23	0.29	0.25
	Ca								
0	0.41	0.48	0.47	0.42	0.56	0.48	0.37	0.41	0.50
150	0.43	0.51	0.55	0.45	0.51	0.52	0.50	0.54	0.54
300	0.45	0.56	0.64	0.48	0.60	0.60	0.47	0.59	0.59
450	0.52	0.56	0.68	0.59	0.59	0.56	0.51	0.58	0.52
	P								
0	0.28	0.36	0.38	0.35	0.38	0.38	0.31	0.34	0.29
150	0.29	0.41	0.38	0.34	0.35	0.38	0.31	0.28	0.29
300	0.31	0.39	0.35	0.36	0.34	0.39	0.32	0.28	0.31
450	0.32	0.38	0.35	0.35	0.34	0.38	0.33	0.27	0.32
	N0 ₃								
0	0.43	0.40	0.38	0.21	0.22	0.23	0.15	0.17	0.25
150	0.49	0.48	0.62	0.32	0.47	0.48	0.33	0.37	0.33
300	0.52	1.04	1.38	0.84	0.99	0.76	0.73	0.69	0.37
450	0.98	1.75	1.81	1.28	1.27	1.09	1.25	1.00	0.58
	Tuhka — Ash								
0	7.4	9.3	9.4	8.7	10.0	10.2	8.8	11.7	9.7
150	8.4	10.0	9.7	8.9	9.9	9.4	8.8	8.7	8.5
303	9.3	10.0	9.9	9.0	8.9	9.6	7.3	7.5	7.8
450	9.3	9.8	8.9	8.8	10.0	9.0	7.7	8.5	7.6

kuitenkin selvemmin esille nurmen iän mukaan ryhmiteltyinä (taulukko 5). Typpilannoitus siis lisäsi tuhkapitoisuutta ensimmäisen vuoden nurmissa ja vähäisemmässä määrin myös toisen vuoden nurmien ensimmäisessä sadossa mutta alensi sitä kolmannen vuoden nurmissa.

Ruohon kuiva-aineen kivennäispitoisuudet on ryhmitelty nurmen iän mukaan (taulukko 5). Kaliumin osalta voidaan todeta, että ensimmäisen vuoden nurmien kevätsadon ja toisen sadon sekä toisen vuoden nurmien ensimmäisen sadon kaliumpitoisuus nousi typpilannoituksen vaikutuksesta. Myöhemmin typpilannoituksen noustessa kaliumin pitoisuudet alenivat.

Lannoituksena annetun kaliumin ($K_1 = 150$ kg/ha K) ja satojen mukana poistuneen kaliumin (K_s) taseet, jotka siis kuvastavat maaperän kalivarojen vähenemistä, nähdään seuraavasta asetelmasta:

N kg/ha	$K_1 - K_s$, kg/ha			Yht.
	1. nurmi	2. nurmi	3. nurmi	
0	- 2	- 44	- 5	- 51
150	-140	-141	-68	-349
300	-182	-146	-62	-390
450	-180	-151	-64	-395

Käytettäessä 150-450 kg/ha N poistui satojen mukana kaliumia suuruusluokaltaan samanlaiset määrät kolmen koevuoden aikana. Kahtena ensimmäisenä vuotena sadot ottivat kasvukaudessa noin kaksi kertaa vuotuislannoitusta vastaavan määrän kaliumia, mutta jo kolmannen vuoden nurmissa kuluus oli oleellisesti laskenut.

Ruohon magnesiumpitoisuudet olivat alhaisimmat yleensä kevätkesän sadoissa (taulukko 5). Myöhemmin typpilannoitus lisäsi ruohon magnesiumpitoisuutta. Ruohon kalsiumin osuus puolestaan nousi lievästi typpilannoituksen vaikutuksesta. Maatalouden tutkimuskeskuksen kokeissa v. 1967-70 typpilannoitus ei juuri vaikuttanut turvemaiden ruohon kalsiumpitoisuuteen (vrt. RINNE 1973). Ruoho sisälsi kalsiumia ja fosforia lypsylehmien tarpeeseen nähden niukanlaisesti vastaavasti kuten tutkimuskeskuksen kokeissakin.

Ruohon nitraattipitoisuuksien määrityksiä tehtiin vain vuosina 1972 ja -73. Saadut tulokset esitetään kuitenkin nurmen iän mukaan ryhmiteltyinä (taulukko 5). Typpilannoitus nosti voimakkaasti ruohon nitraattipitoisuutta kaikilla niittokerroilla. Käytettäessä 50 kg/ha typpeä niittokertaa kohti nitraattipitoisuus ei keskimäärin ylittänyt 0.5 % kuiva-aineessa. Korkein todettu nitraattipitoisuus tällä lannoituksella oli 0.75 % kuiva-aineessa.

d. Vaikutukset maaperään

Koemaiden ravinnepitoisuudet määritettiin kokeiden päätyttyä viljavuustutkimuksessa käytettyjen analyysimenetelmien mukaisesti (vrt. KURKI ym. 1965). Keskimääräiset analyysitulokset nähdään taulukosta 6.

Vaikka vaihtuvan kalsiumin pitoisuus laski typpilannoituksen vaikutuksesta, pH:n aleneminen oli vähäistä. Fosforiluvut alenivat typpilannoituksen noustessa. Typpilannoituksen vaikutus maan boorin, kuparin ja magnesiumin määriin jäi vähäiseksi.

Edellä todettiin jo, että kaliumin nettovähennys kolmen koevuoden aikana oli käytettäessä 300 kg/ha typpeä 390 kg/ha K, mikä oli 339 kg suurempi kuin ilman typpilannoitusta. Vaihtuvan kaliumin vähennys oli vastaavasti 69 mg/l suurempi, mikä laskettuna hehtaaria kohti 20 cm:n kerroksessa ei vastaa satojen mukana poistunutta kaliummäärää. Vaikealiukoista kaliumia oli

Taulukko 6. Maaperän viljavuusluvut.
Table 6. Average soil testing results.

N kg/ha	Johtoluku Spec. conductivity	pH	Ca mg/l	K mg/l	P mg/l	Mg mg/l	B mg/l	Cu mg/l
0	1.2	5.3	2 419	127	8.1	100	0.5	8.2
150	1.0	5.3	2 325	71	8.1	103	0.6	8.2
300	1.3	5.2	2 295	58	7.1	102	0.6	8.2
450	1.4	5.1	2 066	56	7.0	105	0.5	7.9

siis vapautunut kasveille käyttökelpoiseen muotoon vastaavasti kuin maatalouden tutkimuskeskuksen kokeissa, joissa maan vaihtuvan kaliumin ja ns. reservikaliumin vähennykset pystyivät selittämään vain runsaat puolet nurmien ottaman kaliumin kokonaisvähennyksestä, kun typpilannoitus oli 450 kg/ha N ja kalilannoitus kerta-annoksena keväällä annettuna 100 kg/ha K (JOY ym. 1973). Eräissä tapauksissa kaliumin puute saattoi tällöin rajoittaa sadonmuodostusta (SILLANPÄÄ 1974).

Maan kaliumvarojen väheneminen ei kuitenkaan näissä kokeissa näytä rajoittaneen satoja. Ruohon kuiva-aineen kaliumpitoisuus laski vain vähän alle 3 % kuiva-aineessa, kun kriittisenä rajana kasvun kannalta pidetään 2 % kuiva-aineessa (RINNE 1973). Tätä käsitystä tukee myös seuraava koetulos, joka saatiin Tohmajärven koeasemalla v. 1973 säilörehunurmen kalilannoituskokeessa saraturpeella:

Lannoitus kg/ha K ₂ O	Sato t/ha ka	K % kuiva-aineessa	K mg/l maata
0	11.0	2.42—2.37	42
50	10.2	2.71—2.63	42
100	10.1	2.80—3.15	50
150	10.8	2.92—3.25	60
200	10.2	2.87—3.18	82

Ruohon kaliumpitoisuuden pysyessä pienehkönä 2.42—2.37 % kuiva-aineessa (1. ja 3. niitoissa) saatiin jopa korkeampi sato kuin voimakasta kalilannoitusta käytettäessä. Satoerot tosin eivät olleet merkitseviä. Maan vaihtuvan kaliumin määrä oli kokeen alussa 107 mg/l. Kalilannoitus annettiin 2—3 eräessä 50 kg/ha K₂O-lannoitusta lukuunottamatta. — Suurimpana syynä sato-tason laskemiseen käytettäessä voimakasta typpilannoitusta oli näin ollen nurmien harveneminen.

Turpeen sisältämällä kivennäisaineksella lienee ollut merkitystä nurmien kalilähteenä. Maanparannukseen oli kuitenkin käytetty hietaa eikä kaliumrikasta savea, mikä saattaisi juuri säilörehunurmia viljeltäessä olla edullista (vrt. ANTTINEN 1957, PESSI 1966).

e. Typpilannoituksen voimaperäisyys

Markkinattomilla refukasveilla on taloudellisesti edullisimman lannoituksen määrittely huomattavasti monitahoisempi kysymys kuin muilla peltoviljelykasveilla. Rehun hinnoittelu on usein vaikeaa ja myös rehun valkuaispitoisuus ja muu laatu vaikuttavat lannoituksen järjestelyyn. Kuitenkin joitakin arvioita taloudellisesti edullisimmasta lannoituksesta voidaan esittää.

Keskimääräistä kuiva-ainesatoa eri niitto-kerroilla kuvaavat seuraavat kvadraattiset funktiot ($x = 100$ kg/ha N, $y = t$ /ha ka):

$$y_1 = 2.01 + 2.31 x - 0.99 x^2$$

$$y_2 = 1.20 + 1.62 x - 0.64 x^2$$

$$y_3 = 1.76 + 2.22 x - 1.08 x^2$$

Yhtälöt osoittavat suoraan, että suurimmat sadot saatiin ensimmäisessä niitossa. Toisessa niitossa sato suureni aluksi vähän hitaammin kuin muissa niitoissa, mutta sadonlisäykset pienenevät vastaavasti hitaammin lannoitusta lisättäessä.

Koko kasvukauden keskisatoa ($Y = t$ /ha ka) kuvaa yhtälö $Y = 4.97 + 2.07 x - 0.30 x^2$. Maksimisato ($y' = 0$) saatiin tällöin käytettäessä 345 kg/ha N kasvukaudessa.

Taloudellisesti edullisin lannoitus saavutetaan siinä kohdassa, jossa rajatuotto on yhtä suuri kuin rajakustannus eli rajatuotosfunktio $y' = P_x/P_y$, missä $P_x =$ tuotantovälineen hinta ja $P_y =$ tuotteen hinta. Koko kasvukauden satoa esittää rajatuotosfunktio $y' = 2.07 - 0.60 x = P_x/P_y$. Jos typen hinta on 110 mk/100 kg ja ry-hinta 30 p. eli kuiva-aineen korvauslukua 1.27 käyttäen 236 mk/t, on optimilannoitus 267 kg/ha N kasvukaudessa. Eri niitto-kertojen satoja kuvaavista yhtälöistä saadaan osalannoituksiksi vastaavasti 93 + 90 + 81 kg/ha N, joten kokonaistypin määrä melko tarkasti vastaa edellä esitettyä.

Rajatuotosfunktion avulla voidaan tarkastella hintasuhteiden muutoksen vaikutusta suositeltavaan lannoitemäärään. Jos typen hinta on esimerkiksi 170 mk/100 kg, on suositeltava lannoitus 225 kg/ha N rajatuottoajatteluun perustuen. Saatua lannoitemääriä on kuitenkin pidettävä lähinnä vain suuntaa antavina, sillä lannoituksen järjestelyssä joudutaan ottamaan huomioon samanaikaisesti monia muita tekijöitä kuten edellä jo todettiin. Tarkastelun tulokseen saattaa vaikuttaa myös käytettävä funktiomalli (vrt. IHAMUOTILA 1970).

Keskimääräistä raakavalkuaissatoa kuvaa yhtälö $Y_r = 0.720 + 0.462 x - 0.0521 x^2$, missä $y =$ raakavalkuaissato t/ha ja $x =$ lannoitus 100 kg/ha N. Vastaava rajatuotosfunktio on $y_r' = 0.462 - 0.104 x$, jolloin typpikilo 1,10 mk/100 kg ja raakavalkuaisen hinta 2,50 mk/kg antavat lannoituksen kannattavuusrajaksi 400 kg/ha N. Raakavalkuaisen tuottaminen typpilannoituksen avulla on siis kannattavaa varsin suuria typpimääriä käyttäen.

Edellä esitetyn perusteella typpilannoitus 220–240 kg/ha tyypeä kasvukaudessa näyttää sopivalta lannoitukselta saraturvesuolla. Kolmena osalevityksenä annettuna lannoitus on tarkoituksenmukaista painottaa kevätkesälle. Tällainen menettely on perusteltua myös rehun valkuaispitoisuuden sekä nurmien talvehtimisen kannalta.

Artikkelissa tarkasteltiin säilörehuasteella korjatun timotei- ja nurminanurmen typpilannoitusta saraturvesuolla. Koeaineisto saatiin kenttäkokeista, jotka järjestettiin v. 1970–73 Suoviljelysyhdistyksen Karjalan koeasemalla Pohjois-Karjalassa. Typpilannoituksina annettiin vuosittain 0, 150, 300 ja 450 kg/ha tyypeä kolmessa yhtä suuressa erässä kasvukauden aikana. Sadot korjattiin kolme kertaa kesässä, mikä määrä oli ruohon kehityksen kannalta sopiva.

Keskimääräistä kuiva-ainesatoa ($Y = t/\text{ha}$) kuvasi yhtälö $Y = 4.97 + 2.07x - 0.30x^2$, missä $x = 100 \text{ kg/ha N}$. Typen satoa lisäävä vaikutus oli paras ensimmäisen vuoden nurmissa. Tällöin saatiin kuiva-ainesadon lisäystä N-kiloa kohti lannoitusvälillä 150–300 kg/ha N keskimäärin 6.9 kg, toisen vuoden nurmissa 3.1 kg ja kolmannen vuoden nurmissa 0.5 kg. Käytettäessä 150 kg/ha N nurmen tuottokyky ei merkittävästi alentunut kolmen vuoden aikana.

Suurimpana syynä satotason laskemiseen käytettäessä voimakasta typpilannoitusta oli nurmien harveneminen, jota pääasiassa tapahtui talven aikana.

Ruohon kuiva-aineen raakavalkuaispitoisuus oli alhaisin ensimmäisen niittokerran sadossa. Typpilannoitus 50 kg/ha N niittokertaa kohti nosti toisen sadon raakavalkuaispitoisuuden keskimäärin 19.2 ja kolmannen sadon 18.3 %:iin kuiva-aineessa.

Typpilannoitus lisäsi ensimmäisten satojen kaliumpitoisuutta. Nurmet ottivat kaliumia selvästi yli kasvun edellyttämän tarpeen.

Ruohon magnesiumipitoisuus oli alhaisin ensimmäisen niittokerran sadossa. Typpilannoitus lisäsi yleensä magnesiumin osuutta kuiva-aineessa. Ruohon nitraattipitoisuus nousi erittäin selvästi typpilannoituksen vaikutuksesta.

Vaikka vaihtuvan kalsiumin määrä turpeessa pieneni voimakkaan typpilannoituksen yhteydessä, pH:n muutos jäi vähäiseksi. Turpeen sisältämä kalium väheni selvästi voimakasta typpilannoitusta käytettäessä.

Sopivimmaksi typpimääräksi säilörehunurmelle osoittautui 220–240 kg/ha N, mikä kolmeen osaan jaettuna oli edullisinta painottaa kevätkesälle.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- ANTTINEN, O. 1957. Saraturvesuon saveus- ja lannoituskokeen tuloksia. Referat: Ergebnisse eines Lehmzufuhr- und Düngungsversuchs auf Seggentorfmoor. Valt. Maatal. koetoin. Julk. 163: 1–20.
- ETTALA, E., NENONEN, E. & LAMPILA, M. 1972. Nurmisäilörehujen säilöntätappioista. Referat: Konserveringsförluster för vallgränsensilage. Kehittyvä Maatalous 7: 16–28.
- HUOKUNA, E. 1971. Valkuaispitoisen AIV-rehun tuottaminen heinävaltaisilla nurmilla. Karjatalous 47: 92–93.
- » — 1971. Runsaan typpilannoituksen saaneiden nurmien talvehtiminen. Karjatalous 47: 334–335.
- » — 1973. Valkuaisen tuotanto nurmilla. Koetoin. ja Käyt. 30: 12.

- IHAMUOTILA R. 1970. The effect of increasing nitrogen fertilization on the economic result in corn production. Selostus: Lisääntyvän typpilannoituksen vaikutuksesta maissintuotannon taloudelliseen tulokseen New Yorkin valtiossa. Maat. Tal.tutk.lait. Julk. 21: 1-28.
- JOY, P., LAKANEN, E. & SILLANPÄÄ, M. 1973. Effects of heavy nitrogen dressings upon release of potassium from soils cropped with ley grasses. Selostus: Nurmille annettujen suurten typpilannoitusmäärien vaikutus maan kaliumiin. Ann. Agric. Fenn. 12: 172-184.
- JÄNTTI, A. 1967. Runsaan typpilannoituksen hyväksikäyttö laidunsäilörehunurmillä. Karjalatous 44: 82-85.
- KURKI, M., LAKANEN, E., MÄKITIE, O., SILLANPÄÄ, M. & VUORINEN, J. 1965. Viljavuusanalyysin tulosten ilmoitustapa ja tulkinta. Summary: Interpretation of soil testing results. Ann. Agric. Fenn. 4: 145-153.
- PESSI, Y. 1966. Suon viljely. 139 p. Porvoo.
- POUTIAINEN, E. & Rinne, K. 1971. Korjuuasteen vaikutus säilörehun ravintoarvoon. Referat: Inverkan av skördestadium på ensilagets fodervärde. Kehittyvä Maatalous 3: 15-28.
- RINNE, S.-L. 1973. Runsaan typpilannoituksen vaikutus säilörehuasteella olevan nurminadan ja koiranheinän kivennäisainepitoisuuteen. Koetoim. ja Käynt. 9-10: 30-31.
- SALONEN, M., TAINIO, A. & TÄHTINEN, H. 1962. Typpilannoitusta koskevia tutkimuksia. Summary: Investigations on nitrogen fertilization. Ann. Agric. Fenn. 1: 133-174.
- SILLANPÄÄ, M. 1974. Nurmille annettujen suurten typpilannoitemäärien vaikutus maan kalivaroihin. Koetoim. ja Käyt. 31: 9.
- TENNBERG, F. 1955. Niittonurmien pintalannoituksesta. Maatal. ja Koetoim. 9: 47-57.
- * - & VALMARI, M. 1969. Normaalin Y-lannoksen, Oulun Y-lannoksen ja väkevän Oulun Y-lannoksen vertailevat kokeet nurmella. Summary: Comparative experiments with three various compounded fertilizer on ley. Ann. Agric. Fenn. 8: 286-315.