

Lietelanta ja väkilannoite nurmen typpilannoitteina

Pasi Mattila¹⁾, Mika Isolahti²⁾, Erkki Joki-Tokola²⁾, Martti Esala¹⁾, Anni Kokkonen¹⁾

¹⁾MTT, Ympäristöntutkimus / Maaperä ja ympäristö, 31600 Jokioinen

²⁾MTT, Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema, 92400 Ruukki

Johdanto

Karjanlantaa käytettäessä tavoitteena tulee olla ravinteiden mahdollisimman tehokas käyttö ja pieni ympäristökuormitus. Lannan typen käyttäytyminen ja lannoitusvaikutus ovat kuitenkin vaikeammin ennustettavissa kuin väkilannoitteen typen varsinkin silloin, kun karjanlantaa joudutaan levittämään nurmelle. Tässä tutkimuksessa verrattiin lietelannan ja väkilannoitteen lannoitusvaikutusta säilörehunurmen lannoituksessa eri typpitasoilla, jotta saataisiin entistä tarkempaa tietoa näiden lannoitusainesten vaikutuksesta nurmisatoon ja maan epäorgaanisen typen määrään.

Aineisto ja menetelmät

Kenttäkokeet perustettiin vuonna 1998 Jokioisilla timotei-nurminatanurmelle ja Ruukissa timoteinurmelle keskikesällä 1. nurmisadon korjuun jälkeen. Koealueen maalaji oli Jokioisilla hiuesavi ja Ruukissa saraturve. Kutakin satoa varten koeruudut saivat liukoista tyyppiä 0, 50, 100 tai 150 kg ha⁻¹ pintaan levitetyssä väkilannoitteessa (NPK 20-4-7), naudnan lietelannassa tai näiden yhdistelmänä, jolloin puolet liukoisesta tyypestä tuli väkilannoitteesta ja puolet lietelannassa. Vuosina 1999 ja 2000 lannoitusaineet levitettiin 1. sadolle aikaisin keväällä ja 2. sadolle keskikesällä 1. sadon korjuun jälkeen.

Väkilannoitteen ja lietelannan typen hyväksikäyttöä tutkittiin myös nurmeen painetuissa muovilieriöissä tehdyillä kokeilla, joissa lietelannan liukoinen tyyppi ja väkilannoituskäsittelyissä käytetyn ammoniumnitraattiliuoksen tyyppi oli merkitty ¹⁵N-isotoopilla. Lieriöiden nurmisadon ¹⁵N-pitoisuuden perusteella laskettiin, miten suuri osa sadon sisältämästä tyypestä oli peräisin lannoitusaineesta.

Tulokset

Sadot vaihtelivat selvästi sääolojen ja erityisesti sademäärän mukaan. Jokioisilla kuivuus haittasi vakavasti vuoden 1999 2. sadon kasvua.

Jokioisilla väkilannoite antoi suuremman kuiva-aine- ja typpisadon kuin lietelanta (taulukko 1). Väkilannoitteen ja lietelannan yhdistelmällä saatu sato oli yleensä näiden lannoitusainesten yksin antamien satojen välillä. Tulostaulukoissa yhdistelmän tuloksista esitetään vain tasokeskiarvot. Ruukissa edellä mainitut erot sadoissa voitiin havaita 1998, jolloin märissä olosuhteissa tehdyn lannanlevityksen aiheuttama tallaus todennäköisesti heikensi lantaruutujen kasvua. Lisäksi levitetyt lietelantamäärät olivat tuolloin suunniteltua pienemmät. Vuosina 1999 ja 2000 Ruukissa ei ollut merkitseviä eroja lannoitusainesten välillä lukuun ottamatta vuoden 2000 1. satoa, jolloin lietelannalla saatiin suurempi sato kuin väkilannoitteella. Väkilannoitteen ja lietelannan yhdistelmä taas antoi suurimman typpisadon vuoden 2000 kummassakin niitossa.

Typpilannoituksen lisääminen nosti sekä kuiva-aine- että typpisatoja. Typpilisäyksellä saavutettu sadonnousu ja lannoitusainesten liukoisen typen näennäinen hyväksikäyttöaste kuitenkin yleensä pienuivat lannoitustason noustessa (taulukko 2). Jokioisilla väkilannoitetyypen näennäinen hyväksikäyttöaste oli lähes aina merkitsevästi korkeampi kuin lietelannan liukoisen typen, ja lannoitusainesten yhdistelmä oli niiden välillä. Sen sijaan Ruukissa väkilannoite erosi lietelannasta merkitsevästi vain yhden sadon tuloksissa. Typpilannoitustason nousun vaikutus lannoitusainesten typen näennäiseen hyväksikäyttöön oli selvempi Ruukissa: lannoitustason noustessa hyväksikäyttöaste aleni. Jokioisilla tasojen 50 ja 100 kg ha⁻¹ typen hyväksikäytössä ei ollut lainkaan merkitseviä eroja ja tasot 100 ja 150 kg ha⁻¹ erosivat merkitsevästi vain kahden niiton tulosten osalta. Lieriökokeissa varsinkin lietelannalla lannoitusainesten liukoisen typen näennäinen hyväksikäyttöaste oli ¹⁵N tuloksista laskettua hyväksikäyttöä korkeampi.

Maassa oli epäorgaanista tyyppiä vähän verrattuna ruuduille levitettyihin typpimääriin. Lietelantaruutujen maassa tyyppiä oli vähemmän kuin väkilannoiteruuduissa. 150 kg ha⁻¹ typpitasolla maahan kertyi enemmän tyyppiä kuin alemmilla typpimäärillä. Ruukissa 0–60 cm:n maakerroksessa epäorgaanista tyyppiä oli korkeimman väkilannoitteen käyttömäärän jälkeen marraskuun alussa vuonna 1999 165 kg ha⁻¹. Tämä typen lisäys johtui ennen kaikkea nitraatin määrän kasvusta. Toukokuun alussa epäorgaanisen typen määrä oli 48 kg ha⁻¹ eli epäorgaanisen typen määrä oli vähentynyt 117 kg ha⁻¹. Jokioisilla korkeimman väkilannoitustason jälkeen marraskuussa 1999 epäorgaanista tyyppiä oli 30 kg ha⁻¹ ja toukokuussa 18 kg ha⁻¹ eli typpimäärä oli vähentynyt 12 kg ha⁻¹. Lietelannan korkeimmalla

Taulukko 1. Sadon kuiva-ainepitoisuus ja kuiva-ainesato Jokioisilla ja Ruukissa. Varianssianalyysin antama koetekijöiden päävaikutusten ja yhdysvaikutuksen tilastollinen merkitsevyys: o= p<0,10, * = p<0,05, ** = p<0,01, * = p<0,001. Tasokeskiarvot, joiden yläindeksissä ei ole yhteistä kirjainta, eroavat Tukeyn testin mukaan merkitsevästi 5 % riskitasolla.**

Lannoitusaine	Typpitaso, kg ha ⁻¹	Kuiva-ainesato, kg ha ⁻¹					Typpisato, kg ha ⁻¹				
		1998 2. sato	1999 1. sato	1999 2. sato	2000 1. sato	2000 2. sato	1998 2. sato	1999 1. sato	1999 2. sato	2000 1. sato	2000 2. sato
Jokioinen											
Väkilannoite	0	3270	2770	620	970	1300	58	49	12	17	26
	50	4040	3690	1520	2190	4630	72	81	37	52	73
	100	4980	4400	1930	3170	5320	100	122	61	93	111
	150	4980	4280	2250	3590	5190	120	133	79	112	131
Lietelanta	0	2830	2570	590	860	1480	52	45	11	15	34
	50	3710	3470	870	1790	2970	69	67	18	34	57
	100	4430	3840	1110	2670	3910	85	81	25	55	81
	150	5140	4030	1420	3020	4770	105	95	34	74	103
<i>Lannoitusaineen tasokeskiarvot (lannoitetut ruudut)</i>											
Väkilannoite		4670	4120 ^b	1900 ^c	2980 ^b	5050 ^c	97	112 ^c	59 ^c	86 ^c	105 ^b
Lietelanta		4430	3780 ^a	1140 ^a	2490 ^a	3880 ^a	86	81 ^a	26 ^a	54 ^a	80 ^a
Väkil. + lietel.		4620	4010 ^b	1470 ^b	2670 ^{ab}	4510 ^b	84	97 ^b	39 ^b	70 ^b	86 ^a
			**	***	*	***	*	***	***	***	***
<i>Liukoisen typen tasokeskiarvot</i>											
	0	3070 ^a	2690 ^a	620 ^a	940 ^a	1410 ^a	55 ^a	47 ^a	12 ^a	16 ^a	31 ^a
	50	3960 ^b	3540 ^b	1170 ^b	1940 ^b	3710 ^b	69 ^b	73 ^b	27 ^b	42 ^b	62 ^b
	100	4730 ^c	4150 ^c	1540 ^c	2860 ^c	4680 ^c	91 ^c	101 ^c	42 ^c	73 ^c	94 ^c
	150	5030 ^c	4230 ^c	1790 ^d	3340 ^d	5050 ^d	108 ^d	116 ^d	55 ^d	95 ^d	115 ^d
		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
<i>Yhdysvaikutus</i>											
				***		***		***	***	***	***
Ruukki											
Väkilannoite	0	4130	2470	3510	4540	1830	65	41	83	90	54
	50	4600	3850	4540	5610	3550	73	73	111	123	78
	100	5420	4370	5020	6450	3980	88	88	132	146	86
	150	5570	4680	5040	6480	4320	95	106	133	158	91
Lietelanta	0	4210	2450	3920	5120	2310	63	42	90	94	57
	50	4370	3810	4870	6780	3860	68	68	114	128	77
	100	4420	4440	5170	7340	3930	75	94	132	157	84
	150	4530	4490	5170	6690	3480	75	94	132	147	82
<i>Lannoitusaineen tasokeskiarvot (lannoitetut ruudut)</i>											
Väkilannoite		5190 ^b	4300	4870	6170 ^a	3950	85 ^b	89	126	142 ^a	85 ^{ab}
Lietelanta		4440 ^a	4250	5070	6940 ^b	3760	72 ^a	83	126	144 ^{ab}	81 ^a
Väkil. + lietel.		4520 ^a	4430	4970	6770 ^b	4150	71 ^a	88	124	156 ^b	91 ^b
		**	o		**	o	*	o		*	*
<i>Liukoisen typen tasokeskiarvot</i>											
	0	4230 ^a	2550 ^a	3670 ^a	4970 ^a	2120 ^a	63 ^a	44 ^a	86 ^a	99 ^a	57 ^a
	50	4450 ^b	3840 ^b	4740 ^b	6260 ^b	3870 ^b	68 ^a	70 ^b	113 ^b	127 ^b	79 ^b
	100	4850 ^c	4500 ^c	5020 ^b	6960 ^c	4040 ^b	80 ^b	89 ^c	129 ^c	154 ^c	88 ^c
	150	4840 ^c	4640 ^c	5140 ^b	6660 ^{bc}	3940 ^b	81 ^b	101 ^d	134 ^c	161 ^c	90 ^c
		***	***	***	**	***	***	***	***	*	*
<i>Yhdysvaikutus</i>											
		***			**		*				

Taulukko 2. Liukoisen lannoitetyypin näennäinen hyväksikäyttöaste Jokioisilla ja Ruukissa. Tilastollisen merkitsevyyden esitystapa: kts. taulukko 1.

Lannoitusaine	Typpitaso, kg ha ⁻¹	Jokioinen					Ruukki				
		1998 2. sato	1999 1. sato	1999 2. sato	2000 1. sato	2000 2. sato	1998 2. sato	1999 1. sato	1999 2. sato	2000 1. sato	2000 2. sato
Väkilannoite	50	34	68	51	73	84	19	59	50	48	41
	100	46	75	49	77	80	25	44	46	47	29
	150	44	58	45	64	67	21	41	32	39	23
Lietelanta	50	27	38	13	33	51	11	45	52	58	39
	100	29	33	14	36	50	13	40	42	58	27
	150	33	31	15	36	48	11	32	29	32	16
<i>Lannoitusaineen tasokeskiarvot (lannoitetut ruudut)</i>											
Väkilannoite		41	67 ^c	48 ^c	71 ^c	77 ^b	21	48 ^b	43	45	31
Lietelanta		30	34 ^a	14 ^a	35 ^a	50 ^a	12	39 ^a	41	49	27
Väkil. + liettel.		28	50 ^b	28 ^b	51 ^b	55 ^a	8	45 ^{ab}	40	59	38
			***	***	***	***	o	*		o	o
<i>Liukoisen typen tasokeskiarvot</i>											
	50	28	51 ^{ab}	30	50	63 ^b	10 ^a	51 ^c	51 ^c	57 ^b	44 ^c
	100	36	54 ^b	31	56	63 ^b	16 ^b	44 ^b	41 ^b	55 ^b	30 ^b
	150	35	46 ^a	29	51	56 ^a	13 ^{ab}	37 ^a	31 ^a	41 ^a	22 ^a
			*			***	***	***	***	***	***
<i>Yhdysvaikutus</i>			o			***	o				

käyttömäärällä olivat epäorgaanisen typen määrän muutokset syksystä kevääseen pieniä molemmilla koepaikoilla. Syksyllä 2000 viimeisen niiton jälkeen tehty glyfosaattiruiskutus ja kyntö lisäsivät maan epäorgaanisen typen määrää viimeisessä näytteenotossa lähes kaikilla lannoitusaineilla ja lannoitusmäärillä.

Tulosten tarkastelu

Aiemmissä tutkimuksissa lietalannan lannoitusvaikutus on yleensä osoittautunut heikommaksi kuin väkilannoitteen (esim. Kemppainen 1989; Leinonen ym., 1998; Lyngstad ja Tveitnes, 1996), mikä voitiin haivaita Jokioisten tuloksissa. Keskeinen syy lietalannan väkilannoitetta heikompaan lannoitusvaikutukseen lienee ammoniakkin haihtuminen nurmen pintaan levitetystä lannasta, minkä kautta voidaan menettää yli puolet kesällä nurmelle levitetyn lietalannan liukoisesta tyyppistä (Elmqvist ym., 1996; Joki-Tokola ym., 1998). Ruukissa lannoitusaineiden levityksen jälkeinen sää oli sateisempi kuin Jokioisilla, mikä on todennäköisesti vähentänyt ammoniakkin haihtumista ja siten pienentänyt lietalannan ja väkilannoitteen eroa. On myös mahdollista, että lanta on imeytynyt Ruukin saraturpeeseen paremmin kuin Jokioisten hiusesaveen. Vuonna 1998 Ruukissa saattoi tapahtua huomattavaa typpihävikkiä denitrifikaation kautta, koska heinä- ja elokuun sademäärä oli yli kaksinkertainen pitkäaikaiseen keskiarvoon verrattuna. Denitrifikaatio on voinut olla runsaampaa lantaa saaneessa maaperässä, koska lannan orgaaninen aines on helppokäyttöistä ravintoa bakteereille. Turvemaalla lietalannan typpihävikin vaikutus satoon on vähäisempi kuin savimaalla, koska varsinkin kesän loppupuolella turvemaan eloperäisestä aineksesta vapautuva typpi kompensoi lannan typen hävikkiä. Typen vapautuminen on hidasta kasvukauden alussa maan ollessa vielä viileä, mutta nopeutuu maan lämmitessä kasvukauden kuluessa.

Lannan liukoisen typen näennäisen hyväksikäyttöasteen ja ¹⁵N-tuloksista lasketun hyväksikäyttöasteen ero viittaa siihen, että lanta on edistänyt nurmen typen saantia muillakin tavoin kuin liukoisen tyyppensä kautta. Tyyppiä on voinut vapautua lannan orgaanisesta aineksestä ja lanta on voinut edistää maan orgaanisen aineksen typen vapautumista (ns. priming effect). Lannoitetyypin määrää kasvustossa on myös voinut vähentää se, että lannoitteissa annettua tyyppiä on voinut sitoutua maan biomassaan, josta taas on vapautunut siinä ennestään ollutta tyyppiä kasveille käyttökelpoiseen muotoon.

Liukoisen typen tasolla 150 kg ha⁻¹ kahdelle sadolle levitetty lannan kokonaistyyppimäärä, johon sisältyy myös orgaanisen aineksen typpi, oli yli kolminkertainen Euroopan Unionin nitraattidirektiivissä asetettuun 170 kg ha⁻¹ v⁻¹ enimmäisrajaan verrattuna. Väkilannoitetussa maassa oli nitraattityp-

peä kuitenkin selvästi enemmän kuin lietelannoitetussa. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että lietelannan liukoisen typen kaasumaiset hävikit pienensivät maahan jääneen typen määrää. Sekä maan tyypipitoisuudet että satotulokset viittaavat siihen, että lannan orgaanisen aineksen tyyppiä ei ole ainaakaan suuressa määrin vapautunut liukoiseen muotoon. Ruukin turvemaassa tyyppiä kulkeutui syvemmälle kuin Jokioisten savimaassa. Turvemaassa tyyppi on kulkeutunut veden mukana nopeammin ja maasta mineraloituneen typen määrä on ollut suurempi. Ruukissa varsinkin korkeimman väkilannoitustason maassa oli runsaasti liukoista tyyppiä. Maan liukoisen typen määrä väheni huomattavasti talven kuluessa. Keväällä roudan sulamisen jälkeen tehdyissä määrittelyissä varsinkin nitraattitypen määrä 25–60 cm syvyydessä oli vähentynyt huomattavasti. Ainakin osa tyypestä on todennäköisesti huuhtoutunut. Aikaisemmissakin tutkimuksissa on todettu typen huuhtoutumista, mutta vasta suurilla typen käyttömäärillä (Barraclough ym. 1983, 1984; Jaakkola ja Ylärinta 1985). Näissä tutkimuksissa lannoitetyypin osuus huuhtoumasta oli ^{15}N -tekniikkaa käytettäessä molemmissa tutkimuksissa pieni varsinkin kohtuullista tyypilannoitusta käytettäessä. Typen huuhtoutumisen on todettu pysyvän pienenä, mikäli tyypilannoitus on kohtuullisella tasolla ($<250 \text{ kg ha}^{-1}$ vuodessa) (Barraclough ym. 1983, 1984; Webster ja Dowdell 1984; Benke ym. 1992).

Lietelanta nosti maan liukoisen typen määrää vasta korkeimmalla tasolla ja tällöinkin nousu oli vain puolet väkilannoitteen aiheuttamasta. Glyfosaattiruiskutus ja nurmen kyntö ilmeisesti lisäsivät typen vapautumista nurmen kasvimassasta ja maan orgaanisesta aineksesta erityisesti saraturpeessa, mikä johti epäorgaanisen typen kertymiseen maahan.

Johtopäätökset

Hiuesavella lietelannan liukoisen typen lannoitusvaikutus oli heikompi kuin väkilannoitetyypin, mutta saraturpeella lannan ja väkilannoitteen välillä ei ollut selvää eroa.

150 kg ha^{-1} vaikutti tarpeettoman suurelta väkilannoitetyppiannokselta, koska 100 kg ha^{-1} tyypimäärään verrattuna se ei lisännyt satoa kovin paljoa. Sen sijaan maahan jääneen käyttämättömän typen ja erityisesti nitraatin määrä oli 150 kg ha^{-1} tyypitasolla selvästi suurempi kuin alemmillä tasoilla.

Nurmen ruiskuttaminen glyfosaatilla ja kyntö lisäsivät epäorgaanisen typen määrää maassa.

Kirjallisuus

- Barraclough, D., Geens, E. L. & Maggs, J. M.** 1984. Fate of fertilizer nitrogen applied to grassland. II. Nitrogen-15 leaching results. *Journal of Soil Science* 35: 191 - 199.
- Barraclough, D., Hyden, M. J. & Davies, G. P.** 1983. Fate of fertilizer nitrogen applied to grassland. I. Field leaching results. *Journal of Soil Science* 34: 483 - 497.
- Benke, M., Kornher, A. & Taube, F.** 1992. Nitrate leaching from cut and grazed swards influenced by nitrogen fertilization. Proceedings of the 14th General Meeting of the European Grassland Federation, Lahti, Finland. pp. 184 - 188.
- Elmqvist, H., Malgeryd, J., Malm, P. & Rammer, C.** 1996. Flytgödsel till vall. Ammoniakförluster, avkastning, växtnäringutnyttjande och foderkvalitet. JTI-rapport, Lantbruk & Industri, Nr 220, 87 p. Uppsala : Jorbrukstekniska Institutet
- Jaakkola, A. & Ylärinta, T.** 1985. Typen huuhtoutuminen ja hyväksikäyttö lysimetri- ja astiakokeissa. SITRA. Biologisen typensidonnann ja ravinnetyypin hyväksikäytön projekti. Julkaisu 22: 1 - 38.
- Joki-Tokola, E., Mattila, P., Elonen, P. & Tanni, R.** 1998. Naudan lietelannan prosessoinnin ja levitystekniikan vaikutus säilörehunurmen satoon, rehun laatuun ja ammoniakkin haihtumiseen. Sipilä, I. & Pehkonen, A. (toim.). Karjanlannan ympäristöystävällinen ja kustannustehokas käyttö : MMM:n karjanlantatutkimusohjelman 1995-97 loppuraportti. Helsinki : Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos, Julkaisuja 87. p. 34-56.
- Kempainen, E.** 1989. Nutrient content and fertilizer value of livestock manure with special reference to cow manure. Selostus: Karjanlannan, erityisesti naudanlannan ravinnepitoisuus ja lannoitusarvo. *Annales Agriculturae Fenniae* 28: 163-284.
- Leinonen, P., Heinonen-Tanski, H. & Rinne, K.** 1998. Nitrogen economy of cattle slurry aeration and spreading on to grassland. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B - Soil and Plant Science* 48: 65-72.
- Lyngstad, I. & Tveitnes, S.** 1996. Effect of cattle slurry on grass yield and soil nutrient status. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 10: 71-82.
- Webster, C. P. & Downell, R. J.** 1984. Effect of drought and irrigation on the fate of nitrogen applied to cut permanent grass swards in lysimeters: leaching losses. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 35: 1105 - 1111.