

**MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS**

**TIEDOTE**

**1/94**

**PAULA LINNA ja HÅKAN JANSSON**

**Biotiitti nurmen kaliumlannoitteena**

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS  
TIEDOTE 1/94

PAULA LINNA ja HÅKAN JANSSON

## **Biotiitti nurmen kaliumlannoitteena**

***Summary: Biotite as a potassium fertilizer in grass production***

Maatalouden tutkimuskeskus  
Ympäristöntutkimuslaitos  
31600 JOKIOINEN  
Puh. (916) 1881

Jokioinen 1994  
ISSN 0359-7652

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	5
<i>SUMMARY</i>	5
1 JOHDANTO	7
2 AINEISTO JA MENETELMÄT	7
2.1 Kenttäkokeiden perustaminen ja koejärjestelyt	7
2.2 Maa- ja kasvinäytteet	8
3 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	8
3.1 Maan pH-lukujen muutokset kokeen aikana	8
3.2 Biotiittilannoituksen vaikutus satoon	10
3.3 Réhun kaliumpitoisuus	10
3.4 Kaliumin suhde kalsiumiin ja magnesiumiin, K/(Ca + Mg)ekv.	11
3.5 Kasvien kaliuminotto	11
3.6 Biotiitin vaikutus maan kaliumlukuihin	11
3.7 Biotiitin käyttökelpoisuus eri maalajeilla	12
KIRJALLISUUS	13
18 LIITETTÄ	

LINNA, P. ja JANSSON, H. Biotiitti nurmen kaliumlannoitteena. (*Summary: Biotite as a potassium fertilizer in grass production*). Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 1/94. 13 p. + 18 liitettä.

Avainsanat: biotiitti, nurmiviljely, kaliumlannoitus

## TIIVISTELMÄ

Hidasliukoisen kaliumlannoituksen tarve on tullut ilmi vihreän linjan viljelyssä, jossa nurmien satotasoa kohotetaan runsaalla typpilannoituksella. Samalla kasvien kaliuminotto tehostuu. Mikäli maassa on runsaasti kasveille käyttökelpoista, helposti saatavilla olevaa kaliumia tai väkilannoitekaliumia annetaan suurina kerta-annoksina, nousee rehun kaliumpitoisuus eläinten terveyden kannalta haitallisen korkeaksi.

Kenttäkokeissa, vuosina 1979–1990, tutkittiin Siilinjärven apatiittikaivokselta sivutuotteena saatavan biotiitin käyttökelpoisuutta nurmien hidasliukoisena kaliumlannoitteena. Kokeet järjestettiin eri maalajeilla Maatalouden tutkimuskeskuksen Pohjois-Savon, Sata-Hämeen, Karjalan, Etelä-Savon ja Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemilla. Biotiitin todettiin soveltuvan vähän vaihtuvaa kaliumia sisältäville turvemaille ja karkeille kivennäismaille. Biotiittilannoitus nosti näiden maiden kaliumlukuja ja biotiitilla saatiin lannoittamattomiin käsitteilyihin verrattuna selviä sadonlisiä. Pelkkää biotiittia saaneiden koejäsenten kivennäisainetasapaino oli kaikilla tutkimusasemilla parempi ja K/(Ca + Mg)-ekvivalenttisuhte alhaisempi kuin helppoliukoista kalisuolaa (KCl) saaneiden koejäsenten.

## SUMMARY

*There has been a need for a slowly soluble potassium fertilizer in Finland in intensive grass production. With heavy nitrogen fertilization an excess of exchangeable, plant available, potassium in the soil will raise the potassium content of the grass to a level noxious to cattle.*

*Biotite, a by-product of the Siilinjärvi apatite mining plant, was tested as a slowly soluble potassium fertilizer in grass production. The field trials were carried out during 1979–1990 at five experimental stations of the Agricultural Research Centre. Biotite was found to be suitable for peat soils and coarse mineral soils naturally poor in potassium. Biotite fertilization increased the extractable potassium content of these soils, with clear increases in yields. The mineral balance and the K/(Ca + Mg) ratio in the grass was better when using biotite as the potassium source compared to KCl.*

(Key words: biotite, grass production, potassium fertilization)

## 1 JOHDANTO

Hidasliukoisen kaliumlannoitteen tarve on tullut ilmi vihreän linjan viljelyssä, jossa nurmien satoa kohotetaan runsaalla typpilannoituksella. Samalla kasvien kaliuminotto tehostuu. Mikäli maassa on runsaasti kasveille käyttökelpoista, helposti saatavilla olevaa kaliumia tai väkilannoitekaliumia annetaan suurina kerta-annoksina nousee rehun kaliumpitoisuus eläinten terveyden kannalta haitallisen korkeaksi.

JOY ym. (1973) havaitsivat, että kasvien kaliuminotto saavutti maksiminsa typpilannoitustasolla, joka oli vähän yli 450 kg/ha vuodessa. Tutkitut typpilannoitustasot olivat 0–600 kg/ha vuodessa. Kasvien havaittiin hyödyntävän sekä pohjamaan että pintamaan vaikeasti vaihtuvia kaliumvaroja. Myös SILLANPÄÄ ja RINNE (1975) totesivat runsaan typpilannoituksen lisäävän nurmien kaliuminottoa. Liian vähäinen kaliumlannoitus johti maan vaihtuvan kaliumin nopeaan vähenemiseen.

Maan kaliumtasapainon säilyttäminen ennallaan edellyttää, että kaliumia annetaan yhtä paljon kuin typpeä. Savimaille, joiden kasveille käyttökelpoiset kaliumvarat ovat suuremmat kuin turvemaiden ja karkeiden hietamaiden, suositellaan vähäisempää kaliumlannoitusta. Mahdollisimman tasalaatuisen sadon tuottamiseksi kalium, kuten muutkin lannoitteet, suositellaan annettavaksi kullekin sadolle erikseen (SILLANPÄÄ 1978).

Lypsylehmien kaliumintarve vaihtelee ruokintatavalluksen mukaan 68 g:sta 123 g:aan päivää kohden. Rehun kaliumpitoisuus on yleensä niin korkea, että tämä tarve ylitetään moninkertaisesti. Tällöin tärkeiksi muodostuvat kaliumin ja muiden kivennäisaineiden väliset suhteet. KEMPin ja t'HARTin (1957) mukaan laidunhalvauksen vaara kasvaa, kun ekvivalenttisuhte  $K/(Ca + Mg)$  on yli 2,2. Kaliumlannoitus vaikuttaa ekvivalenttisuhteeseen nostamalla kasvien kaliumpitoisuutta ja laskemalla samalla kasvien magnesiumpitoisuutta (SUONURMI-RASI ja HUOKUNA 1983). RINTEEN ym. (1978) mukaan säilörehunurmien niittoajankohta vaikutti  $K/(Ca + Mg)$ -suhteeseen enemmän kuin typpilannoitus, kasvilaji, nurmen ikä tai maalaji.

Maasta satojen mukana poistunut kalium tulisi kyetä korvaamaan sellaisessa muodossa, ettei se aiheuta ongelmia kasvien kaliumtasapainoon. Kasvien kannalta riittävä kaliumpitoisuus riippuu kasvin kehitysasteesta ja kasvilajista. Kaliumpitoisuus vaihtelee myös eri kasvosien välillä. Kasvit voivat myös osittain korvata kaliumia muilla alkuaineilla, esimerkiksi natriumilla. Kasvien normaalin kasvun kannalta sopivana kaliumpitoisuuden alarajana on pidetty noin 2 % kuiva-aineesta (20 g K/kg k.a.). BERGMANNin (1983) mukaan esimerkiksi raiheinän normaali kaliumpitoisuus on 2,5–3,5 % kuiva-aineesta. Eläimille haitallisena pitoisuutena on pidetty 3 % (Centre for Agricultural Publishing and Documentation 1973). Kaliumilla lannoitettaessa nousevat pitoisuudet usein tätä korkeammiksi ja nurmen lannoitusta suunniteltaessa joudutaan tekemään kompromissi maksimisadon ja rehun kaliumpitoisuuden välillä (KOIKKALAINEN ym. 1990).

Kemira Oy:n Siilinjärven kaivoksella saadaan apatiitin rikastuksen sivutuotteena kaliumpitoista kiillettä, biotiittia. Biotiitin tärkein kasvinravinne on kalium. Kalium sijaitsee kiilteen kerrosväleissä, joista se rapautumisen edistyessä vapautuu maanesteeseen ja sieltä kasvien käyttöön. Biotiitista vapautuu myös magnesiumia. Kemira Oy ilmoittaa markkinoilla olevan Biotiitin kaliumpitoisuudeksi 4,7 %, josta 3,2 % vapautuu kasvien käyttöön 1–5 vuoden aikana ja loput 1,2 % 5–10 vuoden aikana. Biotiitin magnesiumpitoisuudeksi ilmoitetaan 5 % ja kalsiumpitoisuudeksi 7 %. Biotiitti sisältää noin 10 % neutraloivia yhdisteitä kuten kalsiittia ja dolomiittia.

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää biotiitin käyttökelpoisuutta nurmien hidasliukoisena kaliumlannoitteena. Kenttäkokeiden avulla haettiin myös sellaista biotiitin ja helppoliukoisen kaliumin yhdistelmää, jolla maan kaliumluvat ja tuotetun rehun kaliumpitoisuus pysyisivät hyvällä tasolla.

## 2 AINEISTO JA MENETELMÄT

### 2.1 Kenttäkokeiden perustaminen ja koejärjestelyt

Biotiitin käyttökelpoisuutta lannoitteena ja maanparannusaineena kartoittavat kenttäkokeet perustettiin Maatalouden tutkimuskeskuksen viidelle

tutkimusasemalle vuonna 1979. Mukana olivat Pohjois-Savon, Etelä-Savon, Pohjois-Pohjanmaan, Sata-Hämeen ja Karjalan tutkimusasemat. Kokeet suunniteltiin alunperin kolmivuotisiksi, mutta ensimmäisen jakson päätyttyä kokeita jatkettiin biotiitin pitkäaikaisvaikutusten selvittämiseksi koepaikasta riippuen kaikkiaan 5–11 vuotta.

Nurmet kylvettiin kesällä 1979 ilman suojaviljaa. Niittokertojen määräksi suositeltiin kolmea niittoa vuodessa, mutta määrä vaihteli eri tutkimusasemilla ja eri vuosina sääolosuhteista riippuen. Koekentät perustettiin annetun mallin mukaisesti, eikä koeruutuja satunnaistettu (Taulukko 1). Koekaava toimi samalla myös kenttäkartana kaikilla tutkimusasemilla. Koekentille perustettiin neljä kerranetta, joista ensimmäisellä ja toisella viljeltiin koiranheinää ja kolmannella ja neljännellä timoteitä. Koetta jatkettaessa, vuonna 1983, mukaan otettiin myös italianraiheinä, koska koiranheinä ei ollut menestynyt kaikilla tutkimusasemilla (Taulukko 2). Ennen varsinaisen kokeen alkua, biotiitin levittämisen jälkeen vuonna 1979, koekentiltä otettiin näytteet maa-analyysjää varten (Taulukko 3).

Ennen kylvöä, syksyllä 1979, annettiin kaikille ruuduille starttilannoitukseksi 100 kg/ha typpirikasta Y-lannosta (20–10–10). Varsinaisina typpejä ja fosforilannoitteina käytettiin oulunsalpietaria ja superfosfaattia. Kaliumlannoitteena käytettiin biotiittia ja kalisuolaa (Taulukko 4). Väkilannoitteet annettiin ensimmäiselle sadolle keväällä ja seuraaville sadoille niiton jälkeen. Biotiitti levitettiin koekentille ennen nurmien kylvöä. Puolet annoksesta kynnettiin maahan ja toinen puoli levitettiin kylvömuokkauksen yhteydessä. Yhteensä kokeessa oli 12 erilaista kaliumlannoituskäsittelyä, joiden avulla oli tarkoitus hakea parasta biotiitin ja helppo-liukoisen kaliumin yhdistelmää (Taulukko 1).

**Taulukko 1. Koekäsittelyt ja niille annetut lyhenteet.**

	Kaliumia (K)			
	0 kg/ha/niitto	30 kg/ha/niitto	60 kg/ha/niitto	90 kg/ha/niitto
Ei biotiittia:	B 00, K 00	B 00, K 30	B 00, K 60	B 00, K 90
Biotiittia: 10 tn/ha	B 10, K 00	B 10, K 30	B 10, K 60	B 10, K 90
Biotiittia: 20 tn/ha	B 20, K 00	B 20, K 30	B 20, K 60	B 20, K 90

## 2.2 Maa- ja kasvinäytteet

Koeruuduilta otettiin maanäytteet 0–20 cm:n syvyydestä jokaisen vuoden syyskuussa vähintään viitenä osanäytteenä. Maanäytteistä tehtiin viljavuusanalyysit Maantutkimusosastolla Jokioisilla. Maan pH-luvut mitattiin viljavuusanalyysin menetelmällä maa-vesi-suspensiosta (v/v 1:2,5).

Kasvinäytteet otettiin niiton yhteydessä tai juuri ennen niittoa. Jokaiselta koeruudulta otettiin vähintään viisi osanäytettä, jotka yhdistettiin. Näytteet kuivattiin ilmakeiviksi ja ruutusadot sekä kuiva-ainepitoisuudet laskettiin valmiiksi tutkimusasemilla. Kasvinäytteiden kalium-, kalsium- ja magnesiumpitoisuudet analysoitiin Jokioisten keskuslaboratoriossa.

## 3 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

### 3.1 Maan pH-lukujen muutokset kokeen aikana

Maan pH-lukujen tarkastelua varten laskettiin kaikkien kerranteiden keskiarvot riippumatta siitä, mitä kasveja kullakin kerranteella kasvoi. Mukaan otettiin nollaruudun lisäksi vain biotiittia saaneet koejäsenet.

Suurimman biotiittiannoksen pH-lukua kohottava vaikutus näkyi selvimmin Pohjois-Savon, Karjalan ja Etelä-Savon tutkimusasemilla. Erot suurimman (20 t/ha) biotiittiannoksen saaneiden ja ilman biotiittia viljeltyjen koejäsenten välillä olivat noin 0,2 pH-yksikköä. Erot olivat joissakin tapauksissa nähtävissä vielä kymmenentenä koevuonna (Liite 1).

**Taulukko 2. Tutkimusasemilla eri vuosina ja eri kerranteilla (1–4) viljeltyt kasvit.**

Vuosi	Pohjois-Savo	Karjala	Sata-Häme	Etelä-Savo	Pohjois-Pohjanmaa
1980	1–2 koiranheinä 3–4 timotei	3–4 timotei	3–4 timotei	1–2 koiranheinä 3–4 timotei	3–4 timotei
1981	1–2 koiranheinä 3–4 timotei	3–4 timotei	3–4 timotei	1–2 koiranheinä 3–4 timotei	3–4 timotei
1982	1–2 koiranheinä 3–4 timotei	3–4 timotei	3–4 timotei	1–2 koiranheinä 3–4 timotei	–
1983	1–4 italianraiheinä	3–4 italianraiheinä	3–4 italianraiheinä	1–2 koiranheinä 3–4 timotei	3–4 italianraiheinä
1984	1–4 italianraiheinä	3–4 italianraiheinä	3–4 italianraiheinä	1–2 koiranheinä 3–4 timotei	3–4 italianraiheinä
1985	1–4 italianraiheinä	3–4 italianraiheinä	–	1–2 koiranheinä 3–4 timotei	–
1986	1–4 koiranheinä	3–4 timotei	–	1–2 koiranheinä	3–4 italianraiheinä
1987	1–4 koiranheinä	3–4 timotei	–	–	3–4 italianraiheinä
1988	1–4 koiranheinä	3–4 timotei	–	–	–
1989	1–4 koiranheinä	3–4 timotei	–	–	–
1990	1–4 koiranheinä	–	–	–	–

**Taulukko 3. Koekenttien maa-analyysitulokset biotiitin levityksen jälkeen syksyllä 1979.**

Tutkimusasema, maalaji	Kerranteet	Biotiittitaso t/ha	pH		JL		Ca mg/l		K mg/l		Mg mg/l	
			$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
			ESA, KHt	1 ja 2	0	5,61	0,11	1,81	0,31	1071	198	150
10	5,75	0,09			1,54	0,31	1319	175	145	13	56	6
20	5,88	0,15			1,45	0,20	1388	192	160	19	66	12
3 ja 4	0	5,54		0,13	1,50	0,24	1019	258	179	24	51	11
	10	5,69		0,13	1,73	0,17	1269	281	195	24	58	11
	20	5,79		0,09	1,93	0,22	1375	205	219	54	63	9
KAR, htLCt	1 ja 2	0	5,06	0,32	0,97	0,14	2139	678	106	11	140	22
		10	5,34	0,26	0,97	0,07	2325	534	121	6	164	12
		20	5,51	0,27	1,03	0,13	2650	607	133	9	184	20
	3 ja 4	0	4,91	0,24	0,98	0,16	1778	526	104	9	128	15
		10	5,14	0,23	1,03	0,11	2125	528	123	7	159	23
		20	5,37	0,28	1,05	0,13	2419	727	130	17	173	18
SAH, HsS	1 ja 2	0	5,23	1,90	0,72	0,05	1588	92	180	48	164	14
		10	6,15	0,15	0,78	0,02	1625	85	163	46	209	24
		20	6,16	0,11	0,77	0,06	1744	86	156	43	166	15
	3 ja 4	0	5,69	0,09	0,87	0,17	1506	157	185	61	157	10
		10	5,91	0,20	0,86	0,13	1700	197	136	36	175	19
		20	6,42	0,15	0,94	0,14	2069	153	192	44	179	12
PPO, Ct	3 ja 4	0	4,54	0,16	5,97	1,22	1350	122	117	13	305	47
		10	4,83	0,27	5,73	2,01	1619	270	125	19	323	65
		20	4,96	0,20	5,59	1,35	1719	227	128	9	318	32

**Taulukko 4. Kenttäkokeen lannoitus.**

Ravinne	Annos	Käytetty lannoite	Levitetty määrä
Hidasliukoinen kalium (K)	500 kg/ha kokeen alussa	Biotiitti	10 t/ha kokeen alussa
	1000 kg/ha kokeen alussa	Biotiitti	20 t/ha kokeen alussa
Helppoliukoinen kalium (K)	0 kg/ha/niitto	Kalисуola (KCl)	0 kg/ha/niitto
	30 kg/ha/niitto	Kalисуola (KCl)	60 kg/ha/niitto
	60 kg/ha/niitto	Kalисуola (KCl)	120 kg/ha/niitto
	90 kg/ha/niitto	Kalисуola (KCl)	180 kg/ha/niitto
Typpi (N)	100 kg/ha/niitto	Oulunsalpietari	364 kg/ha/niitto
Fosfori (P)	10 kg/ha/niitto	Superfosfaatti	115 kg/ha/niitto

Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalla pH-luvut näyttivät nousevan kokeen loppua kohden. Muutos on kuitenkin näennäinen ja liittyi maan johtoluvun samanaikaiseen laskuun. Kokeen alussa johtoluvut olivat erittäin korkeita ja ne laskivat kokeen kuluessa. Viljavuusanalyysiin kuuluva vesi-pH reagoi herkästi maanesteen ionikonsentraation muutoksiin.

Typpilannoitukseen käytettiin oulunsalpietaria, jonka sisältämä dolomiittikalkki kompensoi typpilannoituksen aiheuttamaa maan pH:n laskua. Suurten oulunsalpietariannosten (yli 300 kg N/ha vuodessa) on todettu dolomiittikalkista huolimatta laskevan maan pH:ta voimakkaasti (SILLANPÄÄ ja RINNE 1975). Biotiittikokeissa käytetty oulunsalpietariannos oli kuitenkin melko sopiva, sillä maan pH-luvut eivät juurikaan laskeneet kokeen aikana.

### 3.2 Biotiittilannoituksen vaikutus satoon

Satotulokset vaihtelivat erittäin paljon ja hajonta oli suuri kaikilla koepaikoilla. Eri vuosien satoja ei voitu vertailla keskenään, sillä niittokertojen määrä ja koekasvit vaihtelivat eri vuosina samoillakin koepaikoilla. Satotulosten perusteella voitiin siis vertailla vain eri koekäsittelyjen vaikutusta satoon. Tuloksissa erottui selvimpänä eri kasvien erilainen tapa reagoida kaliumlannoitukseen yleensä. Koiranheinän ja italianraiheinän sadot kasvoivat kaliumlannoituksen lisääntyessä. Biotiittilannoituksella saatiin näillä kasveilla selviä sadonlisäyksiä. Timoteilla kaliumlannoitus ei vaikuttanut sadon määrään (Liitteet 2–6).

Karjalan tutkimusasemalla, jonka metsäsaraturpeen (htLct) kaliumpitoisuus oli viljavuusluokassa tyydyttävä, italianraiheinän sadot paranivat vuosi-

na 1983–1985 sekä biotiittilannoituksella että helppoliukoisella kalisuolalla. Timoteisadot eivät tällä koepaikalla kuitenkaan olleet riippuvaisia kaliumlannoituksen määrästä (Liite 2). Etelä-Savon tutkimusasemalla (KHt) helppoliukoinen kaliumlannoitus nosti koiranheinän satoa vasta koejakson loppupuolella (Liite 3).

Pohjois-Savon tutkimusasemalla (KHt) eri kaliumlannoitustasot eivät vaikuttaneet satoihin. Tilanne oli sama myös Sata-Hämeen tutkimusasemalla (HsS). Näillä tutkimusasemilla maan käyttökelpoiset kaliumreservit olivat selvästi suuremmat kuin Karjalan metsäsaraturpeella ja Etelä-Savon karkealla hiedalla, eikä kalium muodostunut satojen kannalta minimitekijäksi (Liitteet 5 ja 6).

Kaliumlannoituksella saadut sadonlisät ovat olleet selvimpiä turvemaalla ja vähäisimpiä hiesusavella (SUONURMI-RASI ja HUOKUNA 1983).

### 3.3 Rehun kaliumpitoisuus

Rehun kaliumpitoisuus nousi eläinten kannalta haitallisen korkeaksi (yli 3 %) kaikissa koekäsittelyissä sellaisilla koepaikoilla, joilla maan vaihtuvat kaliumvarat olivat kokeen alussa suuret. Kasvit käyttivät maan kaliumvaroja kaliumin luksusottoon.

Pohjois-Savon tutkimusasemalla (KHt) maan kaliumluvut laskivat kahdeksassa vuodessa 140:stä 70:een mg:aan litrassa maata, mutta kasveille käyttökelpoinen kalium ei kuitenkaan loppunut kokeen kuluessa. Pohjois-Savon karkean hiedan kaliumreservit olivat siten huomattavan suuret. Vielä vuonna 1989 ylittivät kasvien kaliumpitoisuudet nollaruuduillakin 3 %:n tason (Liitteet 7 ja 14).



Karjalan tutkimusasemalla, jonka metsäsaraturpeen kaliumluokka oli kokeen alkaessa tyydyttävä, heijastuivat maan kaliumluvut selvästi rehun kaliumpitoisuuteen. Kaliumpitoisuus laski aluksi vain nollaruuduilla mutta kokeen kuluessa ja maan kaliumvarastojen pienentyessä myös lannoitetuilla ruuduilla (Liite 8).

Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalla (Ct) nollaruuduilla kasvaneiden kasvien kaliumpitoisuudet putosivat jo toisena koevuonna alle 2 %:n. Kasvit reagoivat kaliumin puutteeseen ottamalla suuria määriä natriumia. Kasvien natriumpitoisuuksia mitattiin vuosina 1984 ja 1986. Pitoisuudet vaihtelivat 500 mg:sta 7 000 mg:aan kilossa kuiva-ainetta. Natriumpitoisuudet olivat Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalla poikkeuksellisen suuria myös kaliumlannoitetuissa koejäsenissä.

Täysin ilman kaliumlannoitusta olleilta ruuduilta saatiin usealla koepaikalla kaliumpitoisuudeltaan sopivaa rehua (alle 3 %) toisena tai kolmantena vuonna. Tämän jälkeen satojen kaliumpitoisuus alkoi selvästi laskea. Helppoliukoinen kalisuola nosti rehun kaliumpitoisuutta selvästi. Kaksi suurinta annosta (60 ja 90 kg K/ha/niitto) nostivat rehun kaliumpitoisuuden joka vuosi, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta, yli 3 %:n rajan. Biotiittia saaneiden koejäsenten kaliumpitoisuudet pysyivät paremmalla tasolla kuin helppoliukoista kalisuolaa saaneiden. Biotiittilannoituksella on saatu kaliumpitoisuudeltaan parempaa rehua myös Karjalan tutkimusaseman aikaisemmissa kokeissa (HUHTA 1989).

### 3.4 Kaliumin suhde kalsiumiin ja magnesiumiin, $K/(Ca + Mg)$ ekv.

Pohjois-Savon tutkimusasemalla (KHT), jonka kaliumluvut olivat tyydyttävät, italianraiheinän ja koiranheinän  $K/(Ca + Mg)$  -suhde ylitti rehulle sopivan arvon (2,2) kokeen loppuun asti myös nollaruuduilla. Timotein suhdeluvut olivat kaikissa käsittelyissä italianraiheinän ja koiranheinän lukuja alhaisemmat (Liite 9).

Karjalan tutkimusasemalla (htLCt) biotiittilannoitus piti rehun  $K/(Ca + Mg)$  -suhteen hyvällä tasolla toisesta koevuodesta alkaen (Liite 10). Vaikka suhdeluku oli useana vuonna vain hieman yli yksi, olivat kasvien kaliumpitoisuudet satotasojen perusteella riittävän korkeat (Liitteet 2, 8 ja 10).

Etelä-Savon tutkimusasemalla (KHT) rehun  $K/(Ca + Mg)$  -suhde riippui selvästi annetun kaliumlannoituksen määrästä. Kaikkien koejäsenten suhdeluvut laskivat kokeen kuluessa melko tasaisesti (Liite 11).

Pelkkää biotiittia saaneiden koejäsenten kivennäisainetasapaino oli kaikilla tutkimusasemilla parempi ja  $K/(Ca + Mg)$  -suhde alhaisempi kuin helppoliukoista kalisuolaa saaneiden koejäsenten. Kivennäisaineiden suhteisiin vaikuttivat eniten rehun kaliumpitoisuus ja sen vaihtelut. Ensimmäisinä koevuosina ja sellaisilla tutkimusasemilla, joilla kasveille käyttökelpoiset kaliumvarat olivat runsaat, oli rehun kivennäisainekoostumus myös nollaruuduilla ja pelkällä biotiitilla lannoitetuissa koejäsenissä arveluttavan korkea.

### 3.5 Kasvien kaliuminotto

Kasvien kaliuminottoa verrattiin ainoastaan 20 tn:n biotiittierän sisältämään kaliumin kerta-annokseen, joka oli 5 %:n kaliumpitoisuuden mukaan lasketunna 1 000 kg K/ha. Koiranheinä ja italianraiheinä osoittautuivat tehokkaammiksi kaliumin ottajiksi kuin timotei (Liitteet 12 ja 13).

Etelä-Savon tutkimusasemalla koiranheinä otti jo kahtena ensimmäisenä vuonna yhteensä 1 000 kg K/ha. Koiranheinän vuotuisen kaliuminoton on aikaisemminkin todettu olevan samaa suuruusluokkaa, n. 450 kg/ha, vaikka vuotuinen typpiannos on ollut 150 kg suurempi kuin tässä kokeessa (JOY ym. 1973). Timotein kaliuminotto ylitti 1 000 kg ilmeisesti vasta neljäntenä vuonna (Liite 12). Myös Karjalan tutkimusasemalla kaliuminotto ylitti 1 000 kg:n rajan vasta kolmen timotei- ja yhden italianraiheinävuoden jälkeen (Liite 13).

### 3.6 Biotiitin vaikutus maan kaliumlukuihin

Vuonna 1979 tehtyjen maa-analyysien mukaan Karjalan (htLCt), Pohjois-Pohjanmaan (Ct) ja Etelä-Savon (KHT) koeasemien kaliumluvut olivat tyydyttävät. Biotiittia saaneiden koeruutujen kaliumluvut pysyivät vähintään välttävällä tasolla 2–3 vuotta (Taulukko 5). Biotiittilannoitus hidasti maan kaliumlukujen laskua kokeen kuluessa (Liitteet 14–18).

**Taulukko 5. Biotiitilla lannoitettujen koerutujen kaliumpitoisuudet (mg/l maata) ja viljavuusluokat.**

Tutkimusasema	Vuosi	Ei biotiittia	10 t biotiittia	20 t biotiittia
Karjala, htLCt	1980	50 mg/l välttävä	90 mg/l tydyttävä	95 mg/l tydyttävä
	1981	50 mg/l välttävä	70 mg/l välttävä	93 mg/l tydyttävä
	1982	40 mg/l huononlainen	50 mg/l välttävä	75 mg/l välttävä
Etelä-Savo, KHt	1980	70 mg/l välttävä	105 mg/l välttävä	135 mg/l tydyttävä
	1981	49 mg/l huononlainen	74 mg/l välttävä	96 mg/l välttävä
	1982	31 mg/l huono	39 mg/l huono	59 mg/l huononlainen
Pohjois-Pohjanmaa, Ct	1980	50 mg/l välttävä	80 mg/l tydyttävä	95 mg/l tydyttävä
	1981	40 mg/l huononlainen	65 mg/l välttävä	88 mg/l tydyttävä
Pohjois-Savo, KHt	1980	138 mg/l tydyttävä	155 mg/l tydyttävä	163 mg/l tydyttävä
	1982	98 mg/l välttävä	106 mg/l tydyttävä	119 mg/l välttävä
	1988	69 mg/l huononlainen	81 mg/l välttävä	88 mg/l välttävä
Sata-Häme, HsS	1980	195 mg/l välttävä	168 mg/l välttävä	193 mg/l välttävä
	1981	195 mg/l välttävä	120 mg/l välttävä	163 mg/l välttävä

Sata-Hämeen (HsS) ja Pohjois-Savon (KHt) tutkimusasemilla biotiittilannoitus ei vaikuttanut maan kaliumlukuun 2–3 ensimmäisen vuoden aikana. Pohjois-Savon karkealla hietamaalla maan vaihtuvat kaliumvarat olivat erittäin suuret. Nollaruutujen kaliumpitoisuus oli vielä vuonna 1988 välttävällä tasolla (Taulukko 5).

### 3.7 Biotiitin käyttökelpoisuus eri maalajeilla

Biotiitin käyttökelpoisuutta tarkasteltaessa voidaan maalajit jakaa kahteen ryhmään. Ensimmäisen ryhmän muodostavat kaliumia voimakkaasti pidättävät maalajit, joiden kaliumvaroista suurin osa on hitaasti vaihtuvaa, kiilteiden kaliumia. Tässä aineistossa tällaisia maalajeja olivat Pohjois-Savon karkea hieta ja Sata-Hämeen hiesusavi. Näillä maalajeilla biotiittilannoituksen tuoma kaliumlisä oli vaatimaton maan luontaisiin, kasveille käyttökelpoiseihin kaliumvaroihin verrattuna. Kaliumlan-

noitus ei tuottanut selviä sadonlisiä eikä nostanut maan kalilukuja. Rehun laatukaan ei parantunut, koska vaihtuva kalium riitti luksusottoon.

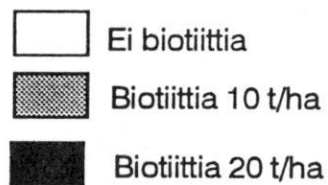
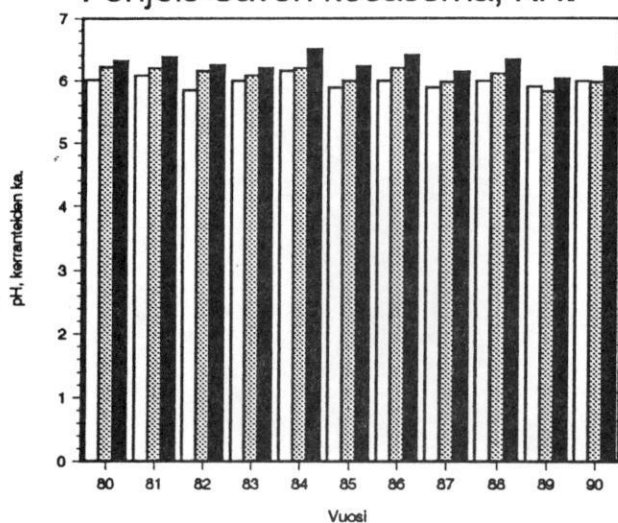
Toisen ryhmän muodostavat vähän vaihtuvaa kaliumia sisältävät tai kaliumia heikosti pidättävät maalajit, joiden totaalkaliumista suurin osa on maasälpäen kaliumia. Tällaisilla mailla biotiitin hyvät ominaisuudet tulevat parhaiten esille. Kentäkokeessa tällaisia maita olivat Karjalan hietainen metsäsaraturve, Pohjois-Pohjanmaan saraturve ja Etelä-Savon karkea hieta. Biotiittilannoitus nosti näiden maiden kaliumlukuja ja biotiitilla saatiin myös selviä sadonlisiä lannoittamattomiin käsitteilyihin verrattuna (Liitteet 2–6). Biotiitilla tuotetut sadot vastasivat suuruudeltaan 90–180 kg/ha vuotuisella helppoliukoisen kaliumin annoksella tuotettuja satoja. Biotiittilannoituksella rehun laatuun vaikuttavat kasvien kivennäisainesuhteet pysyivät parempina kuin helppoliukoisella kaliumlannoituksella.

Biotiittia voidaan suositella vähän vaihtuvaa kaliumia sisältäville tai kaliumia heikosti pidättäville maille, joiden viljavuusluvut ovat enintään tyydyttävällä tasolla. Sopiva biotiittiannos on 5–10 tn/ha nurmen perustamisvaiheessa. Tarvittaessa biotiittilannoitusta voidaan täydentää helppoliukoisella kaliumlannoituksella. Käytettävien biotiittiannosten suuruutta rajoittavat pääasiassa levitys- ja kuljetuskustannukset. Levitykseen käytetään kostean kalkin levityskalustoa, jolla 5–10 tn:n hehtaarianos voidaan levittää kerralla. Tilan etäisyys Siilinjärven kaivoksesta vaikuttaa puolestaan kuljetuskustannuksiin.

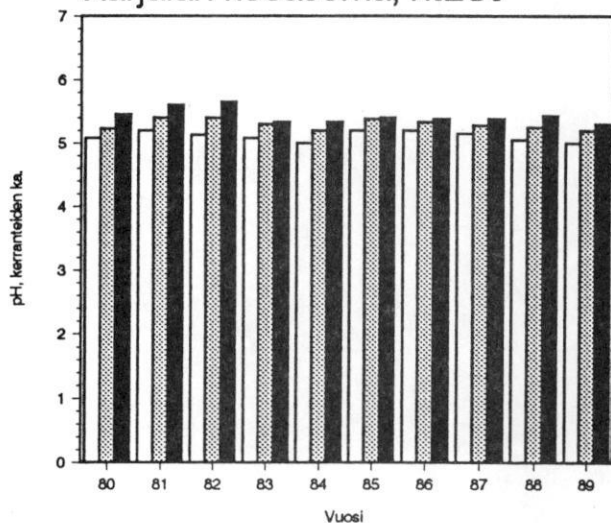
## KIRJALLISUUS

- BERGMANN, W. 1983. *Ehrnährungsstörungen bei Kulturpflanzen, Entstehung und Diagnose*. Fischer, Jena.
- Centre for Agricultural Publishing and Documentation. 1973. *Tracing and treating mineral disorders in dairy cattle*. Wageningen, The Netherlands.
- JOY, P., LAKANEN, E. & SILLANPÄÄ, M. 1973. Effects of heavy nitrogen dressing upon release of potassium from soils cropped with ley grasses. *Annales Agriculturae Fenniae* 12: 172–184.
- HUHTA, H. 1989. Kokemuksia biotiitista suonurmen kaliumlannoitteena. *Koetoiminta ja Käytäntö* 46: 82. [Maaseudun Tulevaisuuden liite 19.12.1989.]
- KEMP, A. & HART, M. L. 't 1957. Grass Tetany in grazing milking cows. *Neth. J. Agric. Sci.* 5: 4–17.
- KOIKKALAINEN, K., HUHTA, H., VIRKAJÄRVI, P. & HEIKKILÄ, R. 1990. Pitkäaikaisen säilörehunurmen kaliumlannoitus heikosti kaliumia pidättävillä maille. Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 9/90. 59 p.
- Nyt saadut tulokset tukevat Karjalan tutkimusasemalla aikaisemmissa biotiittikokeissa saatuja tuloksia, joiden mukaan biotiitti soveltuu suonurmen kaliumlannoitteeksi Siilinjärven lähialueilla. Vuosittain levitetty biotiitti (230 kg K/ha) antoi lähes yhtä hyvän tuloksen kuin normaali NPK-lannoitus ja viiden vuoden erissä annettu biotiitti tuotti kummankin viisivuotiskauden alussa jopa normaalia NPK-lannoitusta paremman tuloksen (HUHTA 1989).
- RINNE, S-L., SILLANPÄÄ, M., HUOKUNA, E. & HIIVOLA, S-L. 1978. The effect of nitrogen fertilization on K/(Ca + Mg) ratio in grass. *Annales Agriculturae Fenniae* 17: 83–88.
- SILLANPÄÄ, M. 1978. Lannoitus ja kalkitus "vihreän linjan" viljelyssä. Maantutkimuslaitoksen tiedote 4. 16 p.
- SILLANPÄÄ, M. & RINNE, S-L. 1975. The effect of heavy nitrogen fertilization on the uptake of nutrients and on some properties of soils cropped with grasses. *Annales Agriculturae Fenniae* 14: 210–226.
- SUONURMI-RASI, R. & HUOKUNA, E. 1983. Kaliumin lannoitustason ja -tavan vaikutus tuorerehunurmien satoihin ja maiden K-pitoisuuksiin. Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 5/83. 13 p.

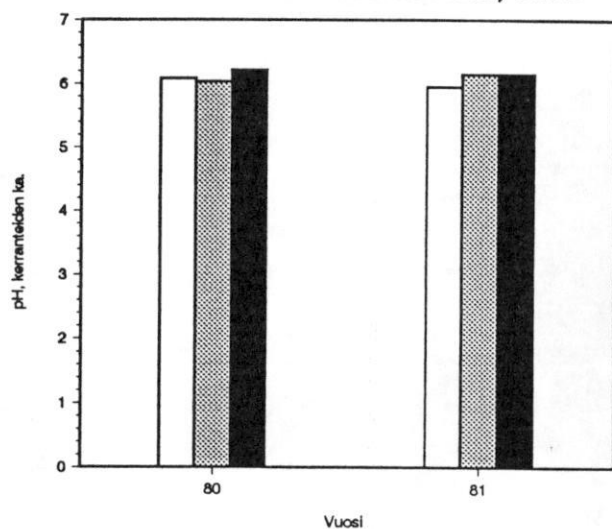
Pohjois-Savon koeasema, KHt



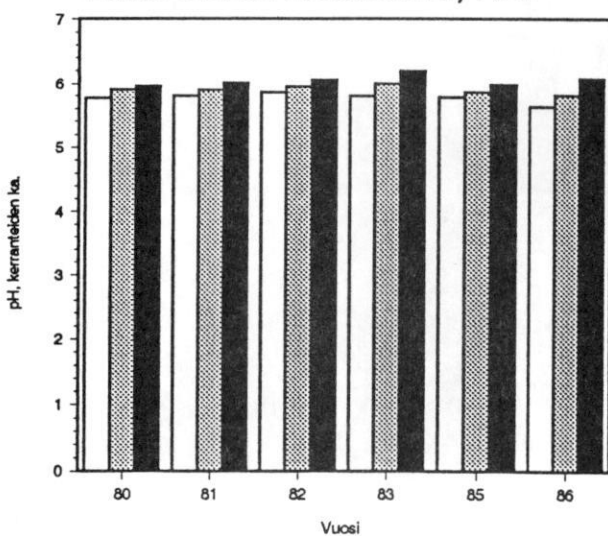
Karjalan koeasema, htLCT



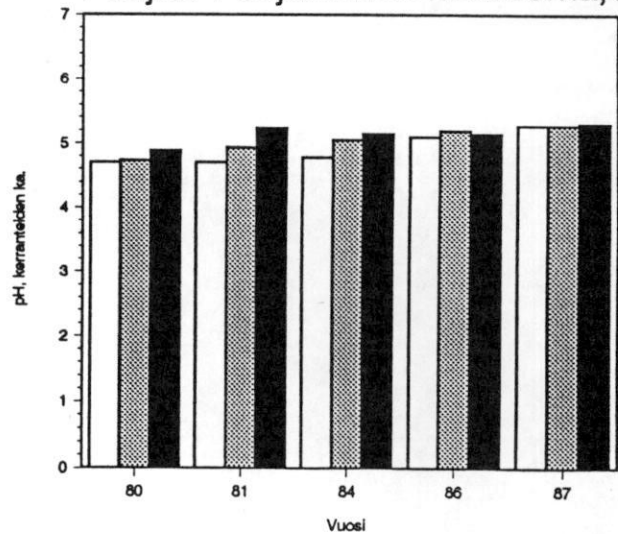
Sata-Hämeen koeasema, HsS



Etelä-Savon koeasema, KHt



Pohjois-Pohjanmaan koeasema, Ct



Pintamaan pH biotiittikäsittelyissä.

Karjalan tutkimusasema, htLCt. Niittokertojen yhteenlasketut kuiva-ainesadot (kg/ha) ja suhdeluvut.

<u>käsittely</u>	<u>1980 timotei</u>		<u>1981 timotei</u>		<u>1982 timotei</u>	
B 00, K 00	8290	100	7230	100	8150	100
B 00, K 30	8000	97	8410	116	8550	105
B 00, K 60	8170	99	8380	116	9000	110
B 00, K 90	7360	89	7890	109	8770	108
B 10, K 00	8440	102	8210	114	8800	108
B 10, K 30	8300	100	8340	115	8130	100
B 10, K 60	8150	98	9060	125	8950	110
B 10, K 90	7810	94	8040	111	9090	112
B 20, K 00	8610	104	8340	115	8510	104
B 20, K 30	8460	102	8170	113	8640	106
B 20, K 60	8760	106	7840	108	8730	107
B 20, K 90	8280	100	6900	95	8950	110

<u>käsittely</u>	<u>1983 it.raiheinä</u>		<u>1984 it.raiheinä</u>		<u>1985 it.raiheinä</u>	
B 00, K 00	9390	100	5630	100	5970	100
B 00, K 30	10750	114	7300	130	7760	130
B 00, K 60	10800	115	6930	123	7970	134
B 00, K 90	10670	114	7040	125	8250	138
B 10, K 00	10150	108	6200	110	6370	107
B 10, K 30	10650	113	6780	120	8470	142
B 10, K 60	10830	115	6850	122	8480	142
B 10, K 90	11120	118	6980	124	9280	155
B 20, K 00	10480	112	6720	119	7620	128
B 20, K 30	11100	118	7130	127	9380	157
B 20, K 60	11390	121	7520	134	9150	153
B 20, K 90	11600	124	7460	133	9180	154

	<u>1986 timotei</u>		<u>1987 timotei</u>		<u>1988 timotei</u>	
B 00, K 00	4950	100	6340	100	6850	100
B 00, K 30	4740	96	6040	95	8820	129
B 00, K 60	4860	98	6140	97	8830	129
B 00, K 90	4140	84	5970	94	7860	115
B 10, K 00	4870	98	6650	105	7170	105
B 10, K 30	5130	104	6510	103	9300	136
B 10, K 60	5150	104	6190	98	9050	132
B 10, K 90	4110	83	6170	97	8830	129
B 20, K 00	4710	95	6730	106	7540	110
B 20, K 30	4960	100	6230	98	9330	136
B 20, K 60	4840	98	5910	93	8950	131
B 20, K 90	4120	83	5970	94	8980	131

Etelä-Savon tutkimusasema, KHT. Niittokertojen yhteenlasketut kuiva-ainesadot (kg/ha) ja suhdeluvut.

<u>käsittely</u>	<u>1980 koiranh.</u>		<u>1980 timotei</u>		<u>1981 koiranh.</u>		<u>1982 koiranh.</u>	
B 00, K 00	10490	100	7880	100	11860	100	9720	100
B 00, K 30	10740	102	7520	95	11460	97	11570	119
B 00, K 60	11540	110	7850	100	10200	86	11250	116
B 00, K 90	10530	100	7230	92	10330	87	10800	111
B 10, K 00	10970	105	6880	87	12040	102	10500	108
B 10, K 30	10950	104	8480	108	11800	99	11730	121
B 10, K 60	11430	109	7750	98	11340	96	12110	125
B 10, K 90	10760	103	7980	101	11170	94	11590	119
B 20, K 00	10430	99	7620	97	12150	102	11450	118
B 20, K 30	11270	107	9090	115	11960	101	11520	119
B 20, K 60	11080	106	8090	103	11064	93	11990	123
B 20, K 90	10140	97	7510	95	10750	91	11530	119

<u>käsittely</u>	<u>1982 timotei</u>		<u>1983 koiranh.</u>		<u>1983 timotei</u>		<u>1984 koiranh.</u>	
B 00, K 00	7700	100	7210	100	6010	100	6900	100
B 00, K 30	8370	109	10200	141	6780	113	9430	137
B 00, K 60	8320	108	11400	158	6550	109	10920	158
B 00, K 90	6560	85	12250	170	6960	116	11060	160
B 10, K 00	8980	117	10000	139	7920	132	8560	124
B 10, K 30	8630	112	11690	162	8790	146	9900	143
B 10, K 60	9190	119	12830	178	8010	133	11240	163
B 10, K 90	9050	118	12640	175	8620	143	10620	154
B 20, K 00	8490	110	11980	166	9440	157	11270	163
B 20, K 30	8920	116	12320	171	9660	161	11170	162
B 20, K 60	8410	109	12370	172	9310	155	11740	170
B 20, K 90	7670	100	11880	165	8830	147	10940	159

<u>käsittely</u>	<u>1984 timotei</u>		<u>1985 koiranh.</u>		<u>1985 timotei</u>		<u>1986 koiranh.</u>	
B 00, K 00	6910	100	4850	100	3760	100	2690	100
B 00, K 30	7000	101	9300	192	4210	112	6700	249
B 00, K 60	6870	99	11000	227	4060	108	9640	358
B 00, K 90	6310	91	11000	227	4270	114	9300	346
B 10, K 00	7580	110	6680	138	5440	145	3190	119
B 10, K 30	7810	113	8610	178	4770	127	7180	267
B 10, K 60	6980	101	11440	236	4440	118	9830	365
B 10, K 90	6990	101	11620	240	3900	104	9680	360
B 20, K 00	8840	128	8170	168	6660	177	4900	182
B 20, K 30	7970	115	10400	214	5880	156	8110	301
B 20, K 60	7830	113	11540	238	4950	132	10450	388
B 20, K 90	6810	99	11850	244	3680	98	11200	416

Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema, Ct. Niittokertojen yhteenlasketut kuiva-ainesadot (kg/ha) ja suhdeluvut.

<u>käsittely</u>	<u>1981 timotei</u>		<u>1982 timotei</u>		<u>1983 it.raiheinä</u>	
B 00, K 00	4500	100	3820	100	3690	100
B 00, K 30	4640	103	4090	107	4020	109
B 00, K 60	6670	148	5300	139	3610	98
B 00, K 90	5800	129	5360	140	4440	120
B 10, K 00	5950	132	4960	130	3970	108
B 10, K 30	5410	120	5200	136	4260	115
B 10, K 60	6740	150	5730	150	4340	118
B 10, K 90	6930	154	5640	148	4780	129
B 20, K 00	5040	112	5030	132	3690	100
B 20, K 30	6400	142	5340	140	4100	111
B 20, K 60	6940	154	5580	146	3940	107
B 20, K 90	6130	136	5750	151	4060	110
<u>käsittely</u>	<u>1984 it.raiheinä</u>		<u>1985 it.raiheinä</u>		<u>1986 it.raiheinä</u>	
B 00, K 00	3810	100	3260	100	3310	100
B 00, K 30	4240	111	4300	132	3870	117
B 00, K 60	3260	86	4310	132	3870	117
B 00, K 90	3920	103	5250	161	4700	142
B 10, K 00	3900	102	4290	131	4090	124
B 10, K 30	4610	121	5040	154	4360	132
B 10, K 60	4180	110	4670	143	4260	129
B 10, K 90	5060	133	4540	139	4970	150
B 20, K 00	4570	120	4630	142	4170	126
B 20, K 30	5470	144	4460	137	3820	115
B 20, K 60	4830	127	4100	126	3980	120
B 20, K 90	5030	132	4870	149	4830	146

## Pohjois-Savon tutkimusasema, KHt. Niittokertojen yhteenlasketut kuiva-ainesadot (kg/ha) ja suhdeluvut.

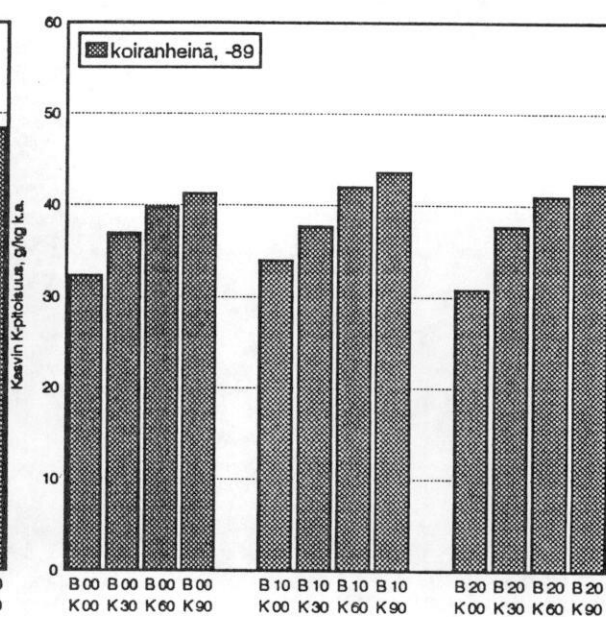
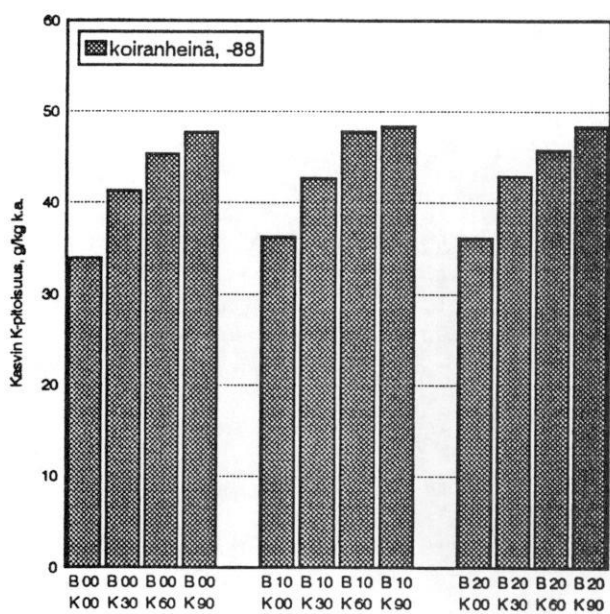
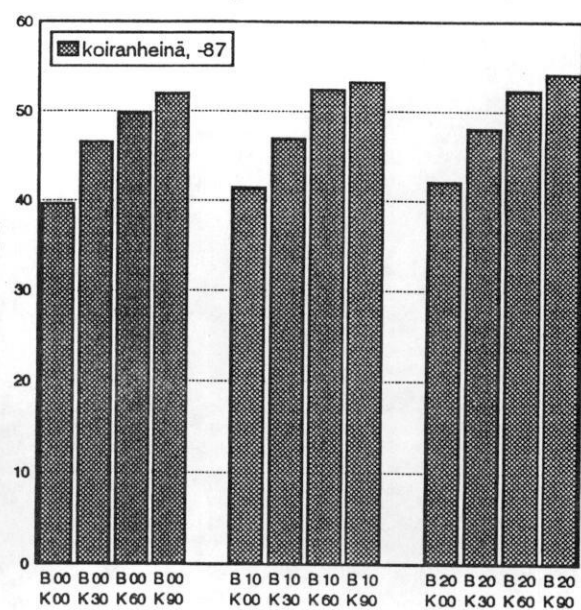
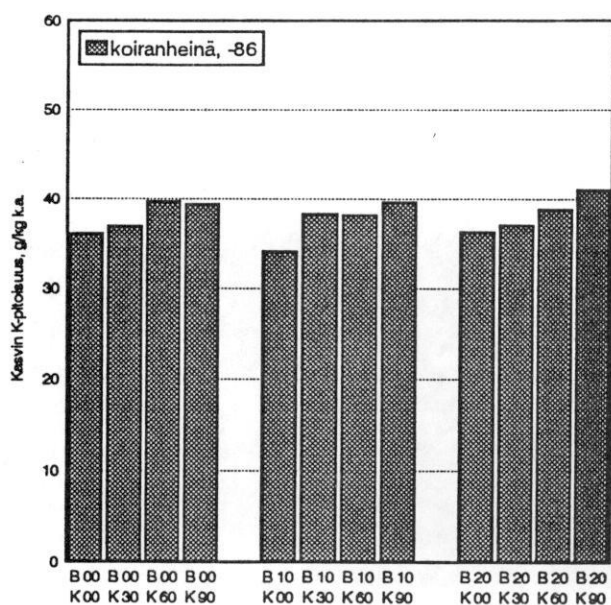
<u>käsittely</u>	<u>1980 koiranh.</u>		<u>1980 timotei</u>		<u>1981 koiranh.</u>		<u>1981 timotei</u>	
B 00, K 00	10440	100	8900	100	8620	100	5880	100
B 00, K 30	10190	98	8240	93	8820	102	6570	112
B 00, K 60	9990	96	9230	104	8730	101	5620	96
B 00, K 90	9940	95	9000	101	8640	100	5880	100
B 10, K 00	10370	99	10140	114	8690	101	7160	122
B 10, K 30	10340	99	9570	108	8940	104	6590	112
B 10, K 60	10240	98	8960	101	8120	94	6240	106
B 10, K 90	9610	92	9420	106	9010	105	6770	115
B 20, K 00	11050	106	9110	102	9820	114	6860	117
B 20, K 30	10770	103	8990	101	9180	106	7240	123
B 20, K 60	10530	101	8860	100	8530	99	6360	108
B 20, K 90	9760	93	8830	99	8800	102	5900	100
<u>käsittely</u>	<u>1982 koiranh.</u>		<u>1982 timotei</u>		<u>1984 it.raiheinä</u>		<u>1985 it.raiheinä</u>	
B 00, K 00	7960	100	7110	100	9490	100	10350	100
B 00, K 30	7950	100	8280	116	10030	106	10570	102
B 00, K 60	8240	104	8800	124	9430	99	10800	104
B 00, K 90	7840	98	7790	110	9540	101	10090	97
B 10, K 00	8550	107	6460	91	9710	102	10340	100
B 10, K 30	9090	114	7030	99	9920	105	10800	104
B 10, K 60	9010	113	7240	102	9650	102	11220	108
B 10, K 90	8730	110	6880	97	10520	111	10980	106
B 20, K 00	7840	98	7850	110	9970	105	11430	110
B 20, K 30	9180	115	8830	124	9700	102	11030	107
B 20, K 60	8650	109	9600	135	9650	102	11390	110
B 20, K 90	8250	104	9130	128	9870	104	10980	106
<u>käsittely</u>	<u>1986 koiranh.</u>		<u>1987 koiranh.</u>		<u>1988 koiranh.</u>		<u>1989 koiranh.</u>	
B 00, K 00	9600	100	9210	100	9360	100	2680	100
B 00, K 30	9410	98	9220	100	10000	107	2750	103
B 00, K 60	9790	102	9470	103	10310	110	2867	107
B 00, K 90	9340	97	9260	101	9950	106	2709	101
B 10, K 00	9710	101	9490	103	9560	102	2568	96
B 10, K 30	9330	97	9780	106	10410	111	2881	108
B 10, K 60	10150	106	9850	107	10100	108	3122	116
B 10, K 90	9760	102	9730	106	9960	106	3026	113
B 20, K 00	9900	103	8940	97	9560	102	2669	100
B 20, K 30	9510	99	9460	103	9960	106	2818	105
B 20, K 60	9590	100	9550	104	10190	109	2953	110
B 20, K 90	9590	100	9500	103	10300	110	2835	106



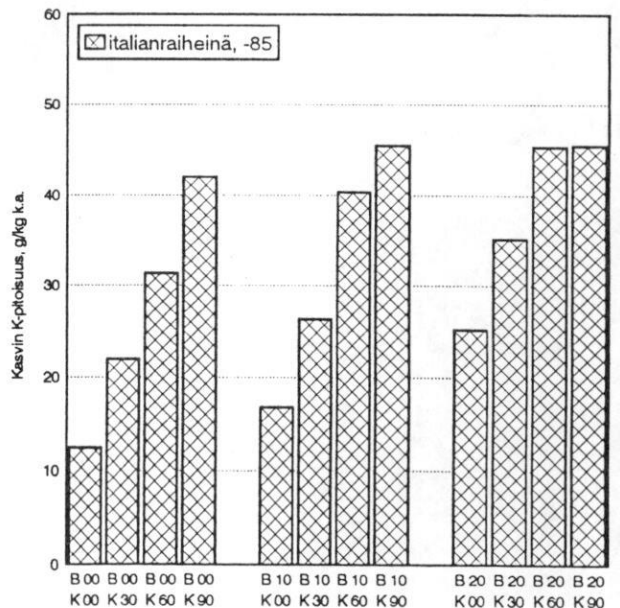
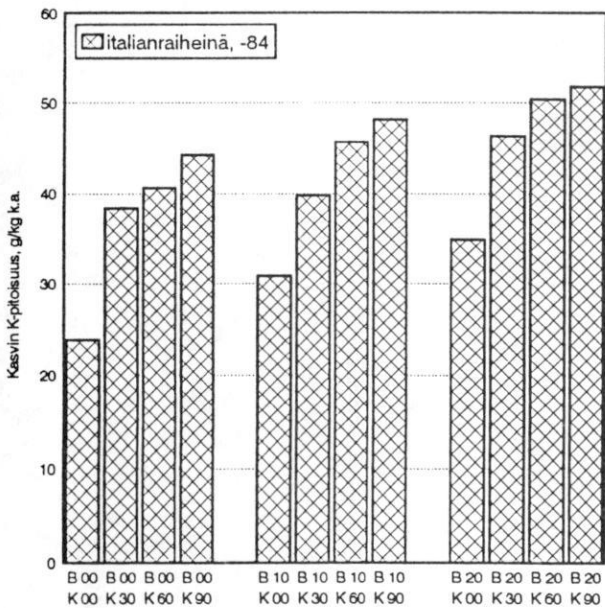
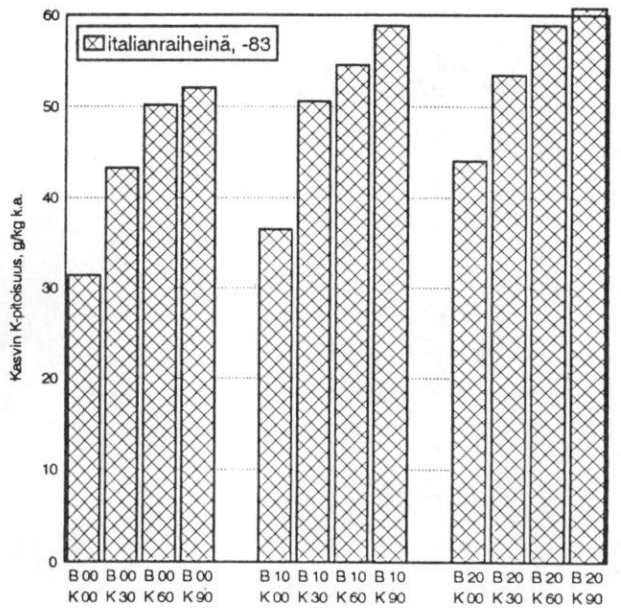
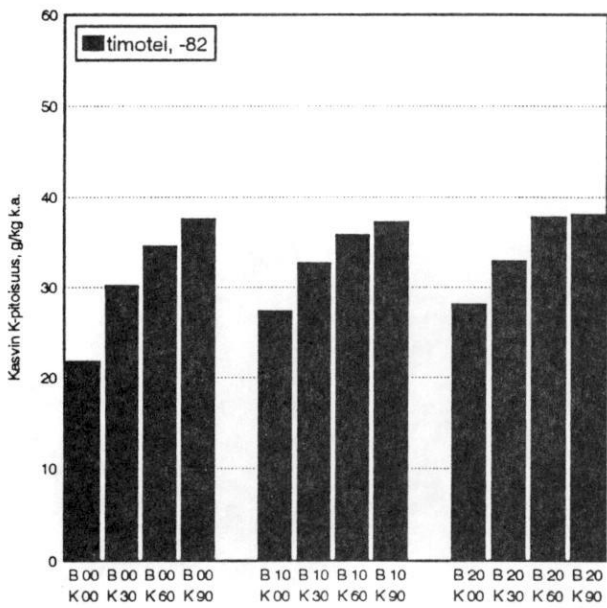
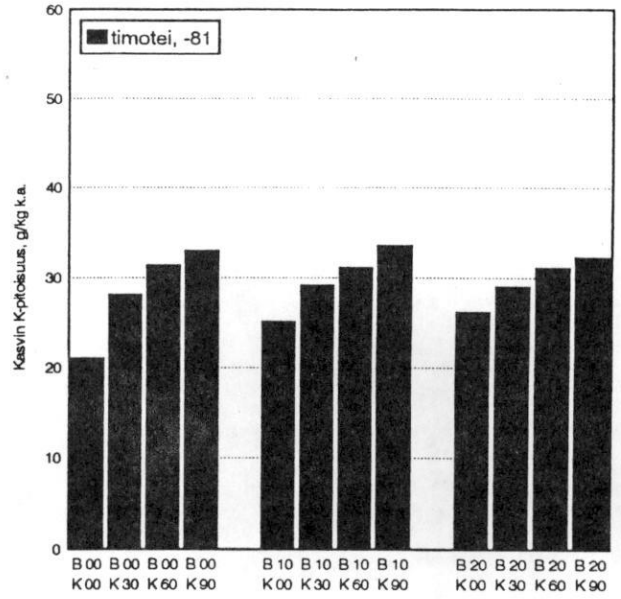
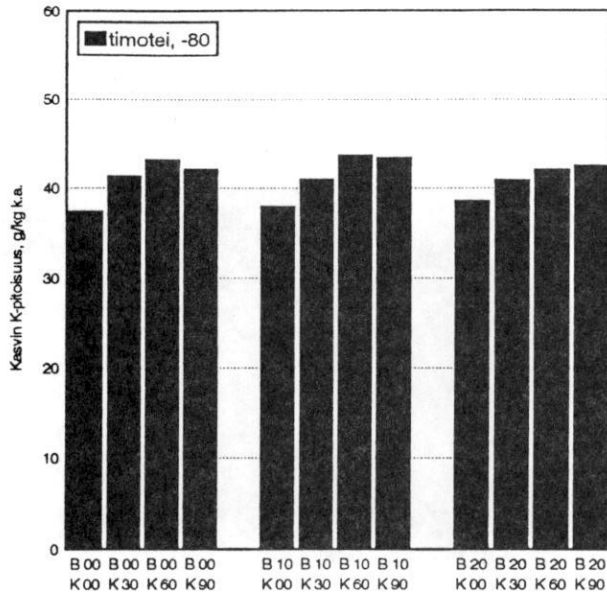
Sata-Hämeen tutkimusasema, HsS. Niittokertojen yhteenlasketut kuiva-ainesadot (kg/ha) ja suhdeluvut.

<u>käsittely</u>	<u>1980 timotei</u>		<u>1981 timotei</u>		<u>1982 timotei</u>	
B 00, K 00	8390	100	9700	100	5340	100
B 00, K 30	8610	103	9380	97	5090	95
B 00, K 60	8340	99	9520	98	5250	98
B 00, K 90	10260	122	9710	100	5500	103
B 10, K 00	8750	104	9750	101	5320	100
B 10, K 30	7410	88	9240	95	5170	97
B 10, K 60	7620	91	8990	93	4830	91
B 10, K 90	9170	109	9400	97	5300	99
B 20, K 00	7980	95	9700	100	5150	96
B 20, K 30	6760	81	9560	99	5010	94
B 20, K 60	7290	87	9740	100	4930	92
B 20, K 90	8280	99	9220	95	5320	100

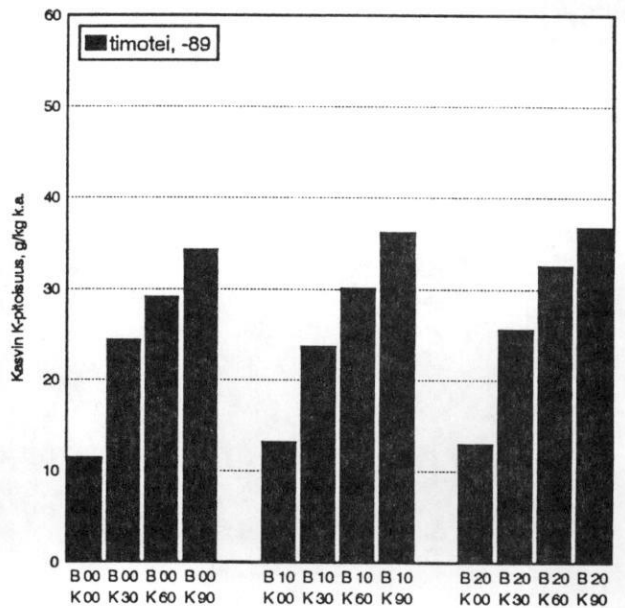
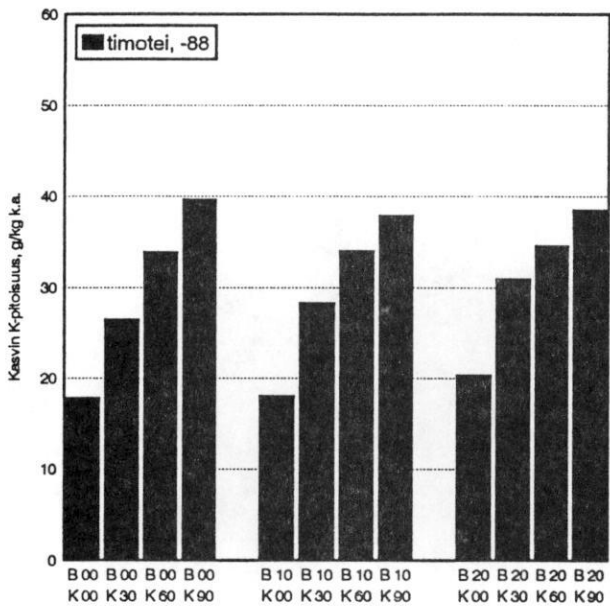
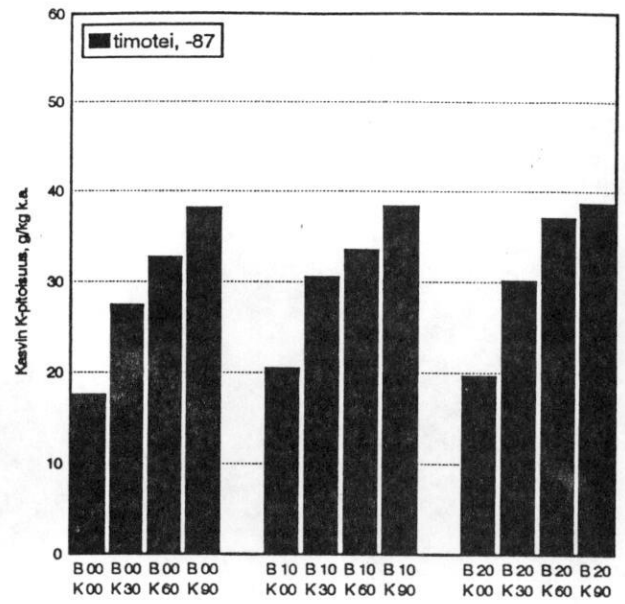
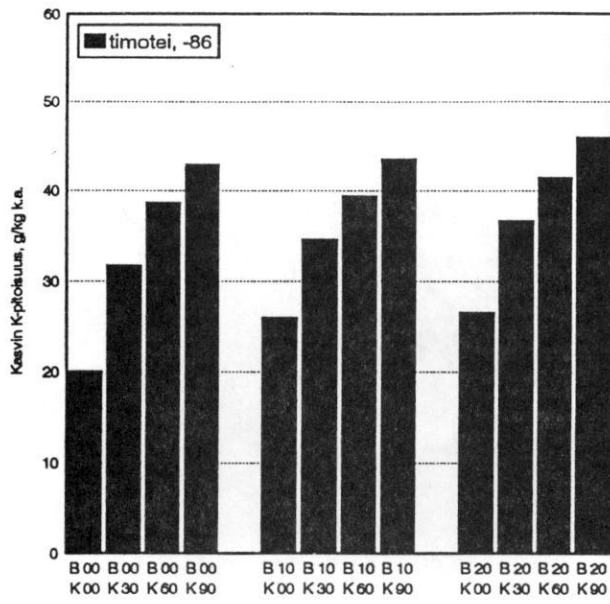
<u>käsittely</u>	<u>1983 it.raiheinä</u>		<u>1984 it.raiheinä</u>	
B 00, K 00	6810	100	6810	100
B 00, K 30	6590	97	7070	104
B 00, K 60	6880	101	7030	103
B 00, K 90	6680	98	7270	107
B 10, K 00	5560	82	6610	97
B 10, K 30	6090	89	6590	97
B 10, K 60	6820	100	6730	99
B 10, K 90	6630	97	6820	100
B 20, K 00	5230	77	6830	100
B 20, K 30	5670	83	6550	96
B 20, K 60	6070	89	7030	103
B 20, K 90	6560	96	7180	105



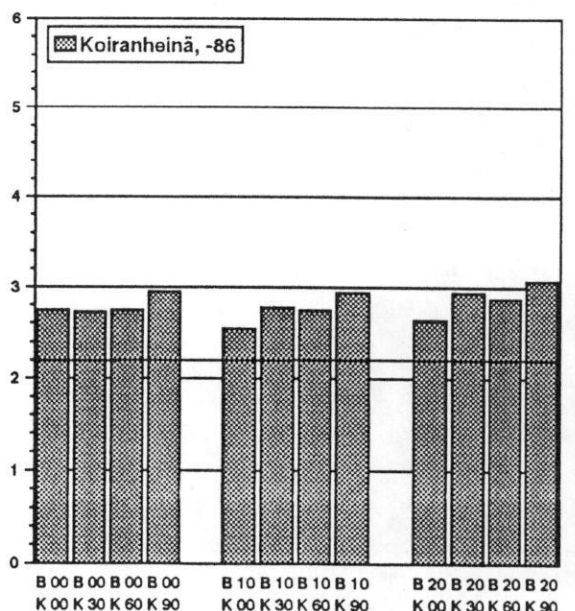
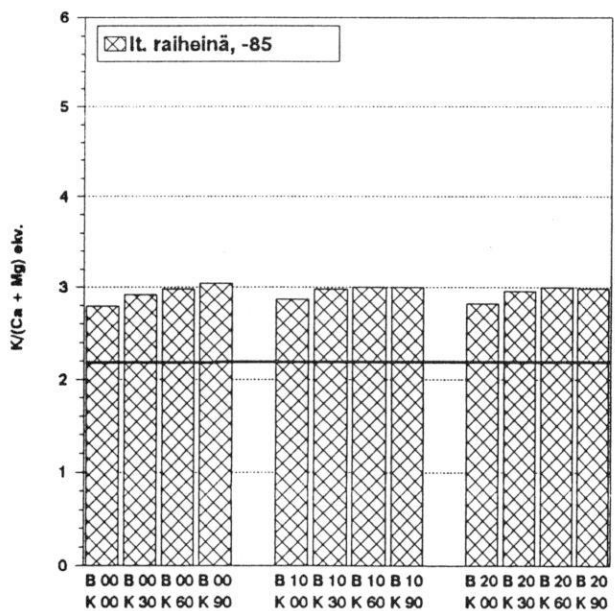
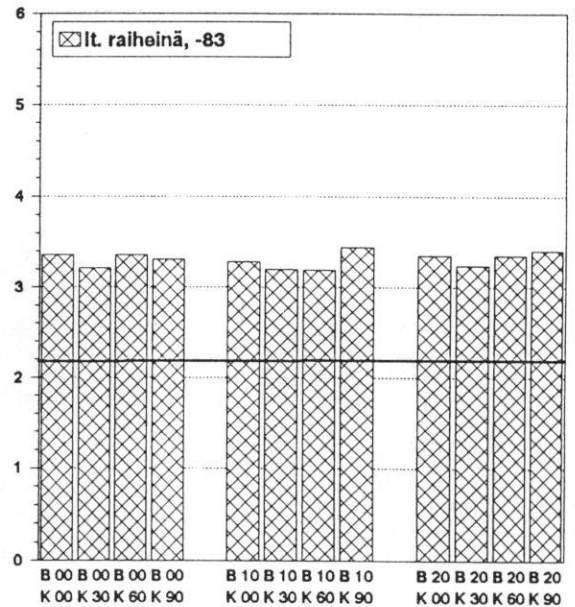
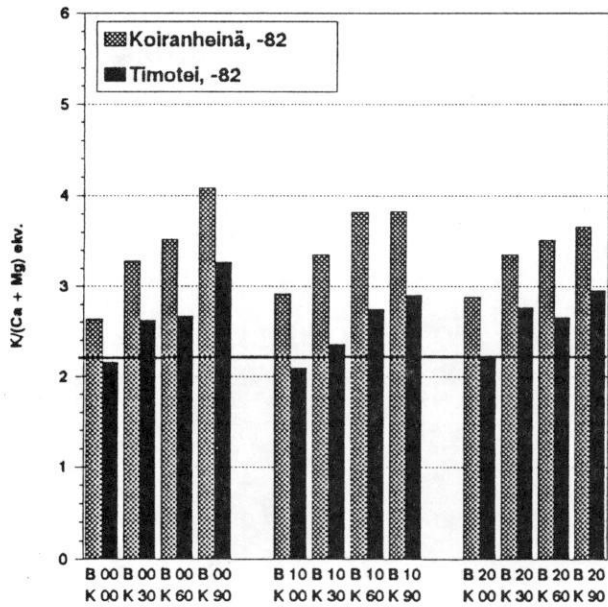
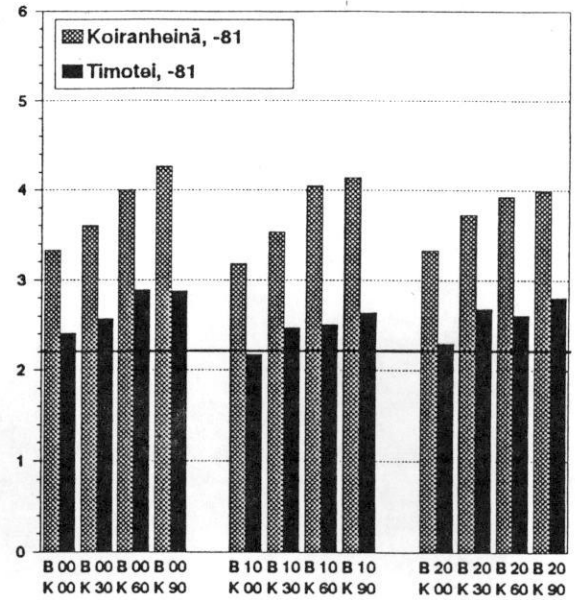
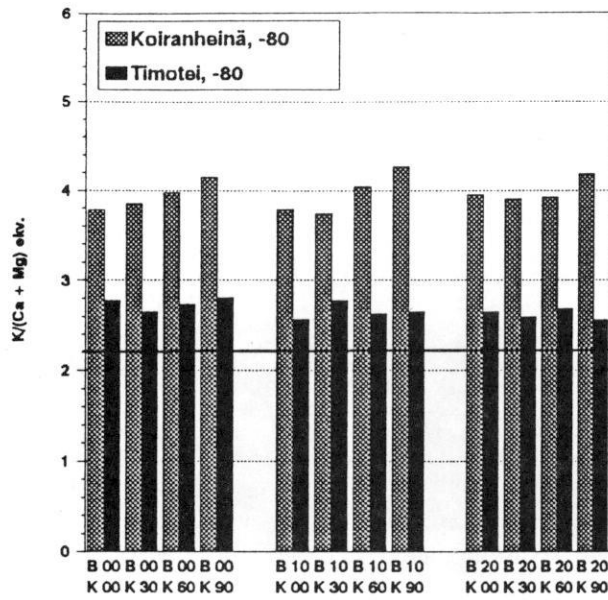
Pohjois-Savon tutkimusasema. Kasvien kaliumpitoisuus (g/kg k.a.).



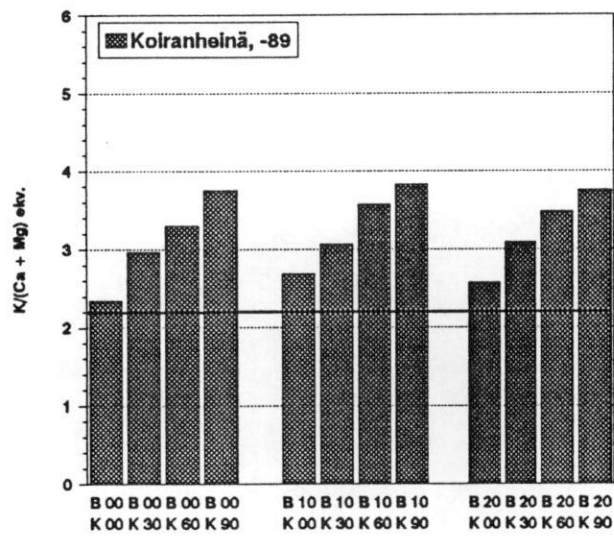
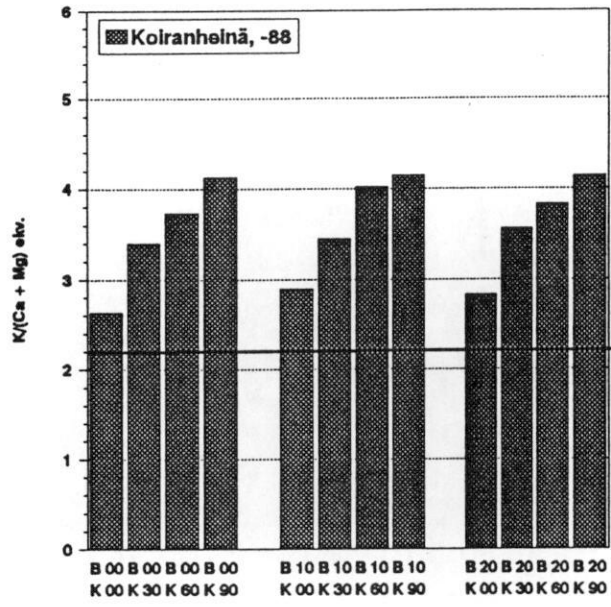
Karjalan tutkimusasema. Kasvien kaliumpitoisuus (g/kg k.a.).



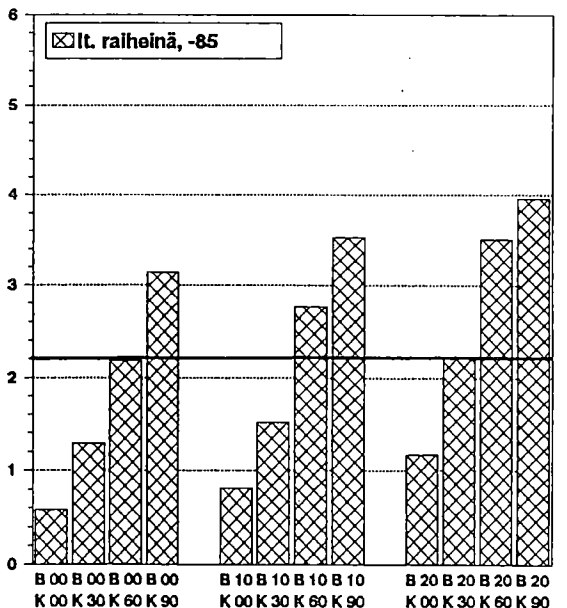
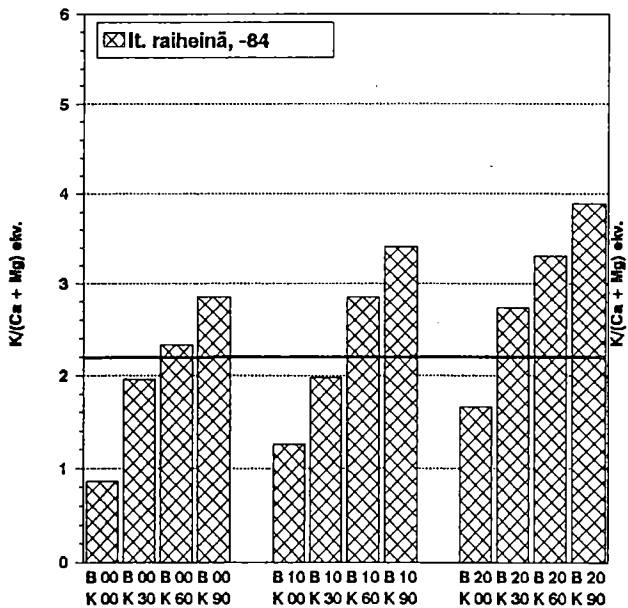
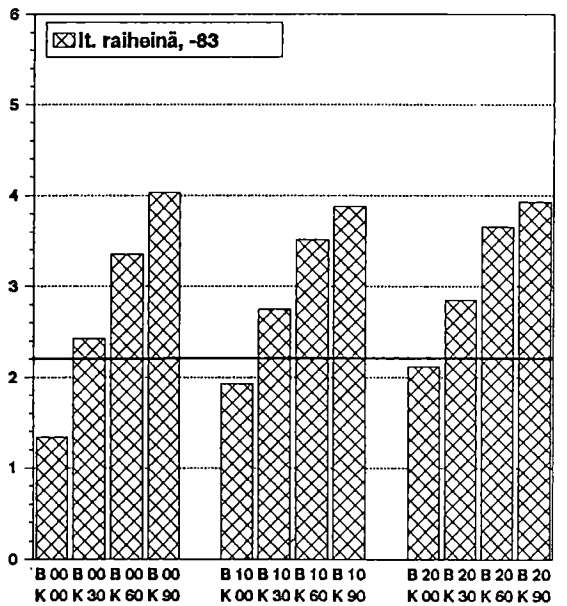
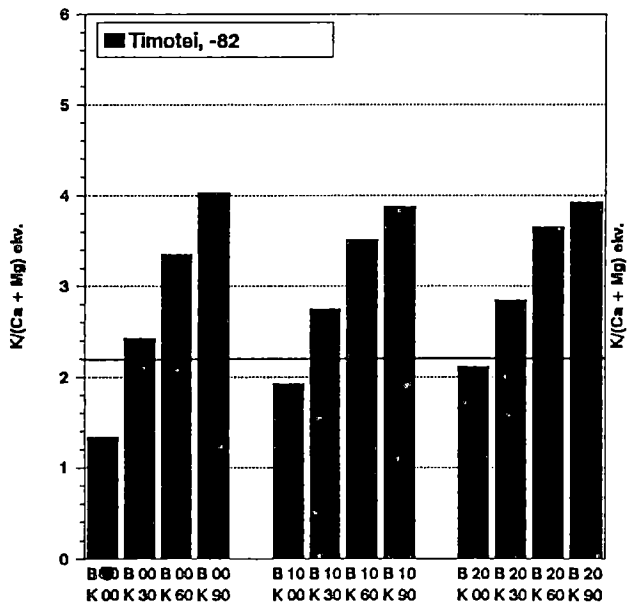
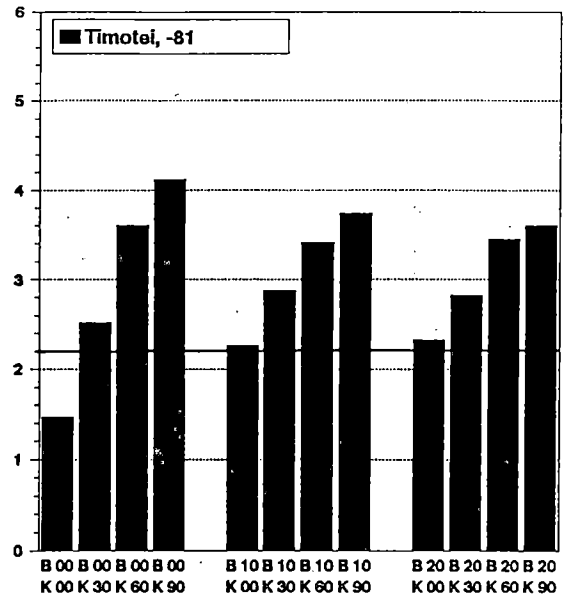
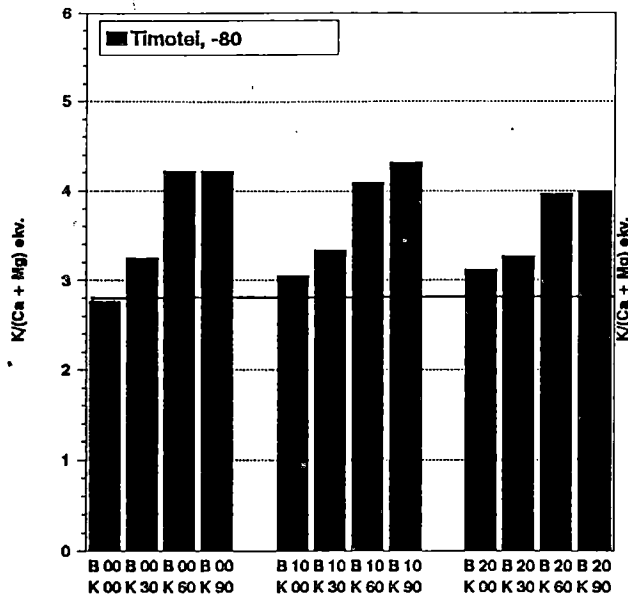
Karjalan tutkimusasema. Kasvien kaliumpitoisuus (g/kg k.a.).



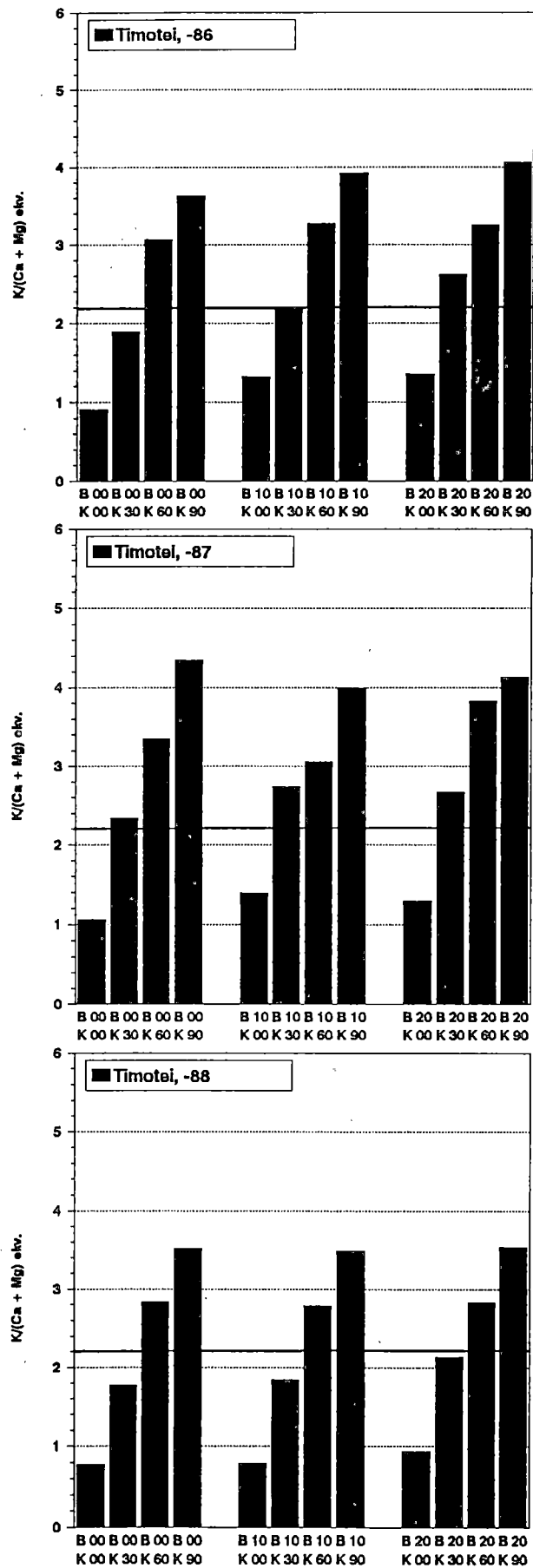
Pohjois-Savon tutkimusasema. Kasvien keskimääräinen K/(Ca + Mg)-ekvivalenttisuhte.



Pohjois-Savon tutkimusasema. Kasvien keskimääräinen K/(Ca + Mg)-ekvivalenttisuhte.

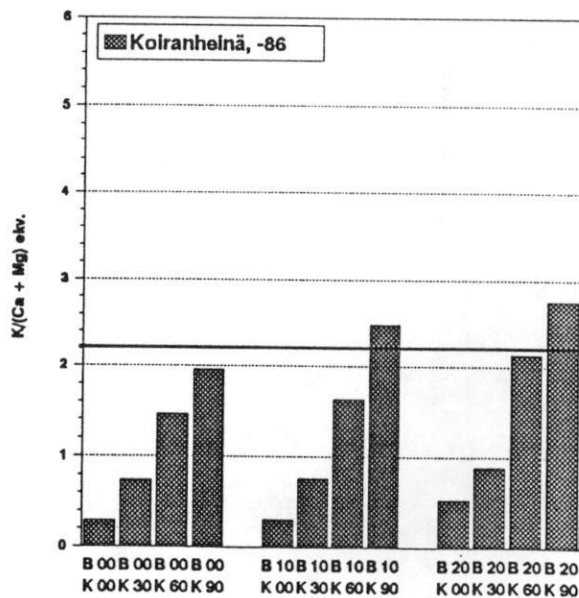
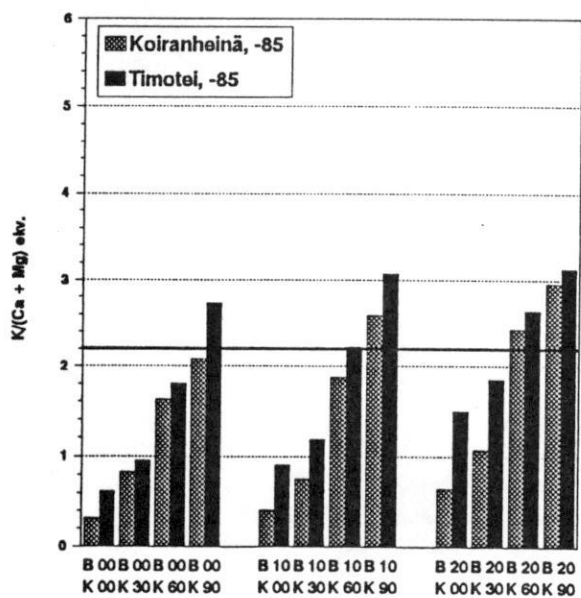
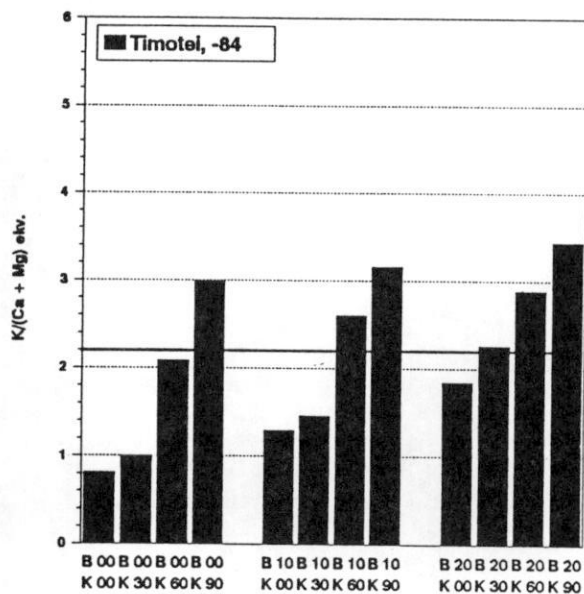
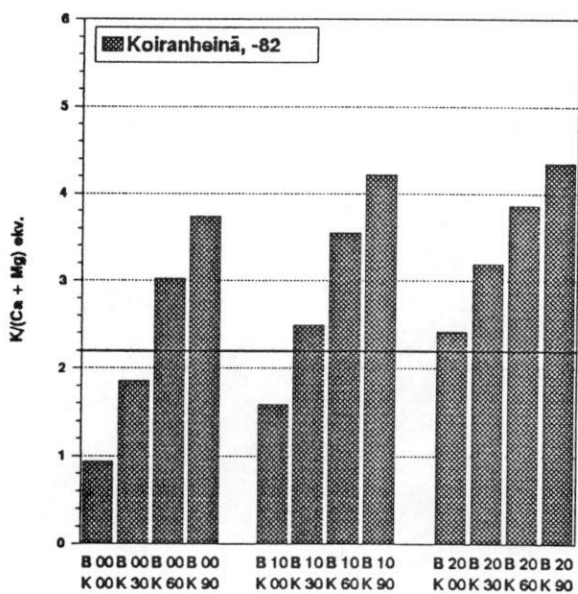
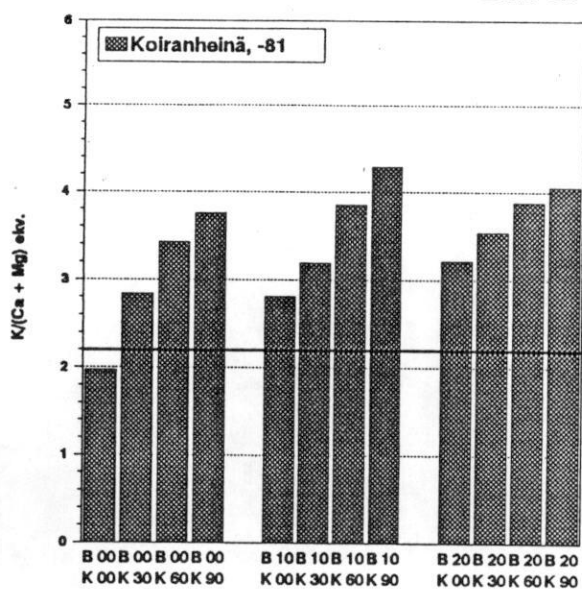
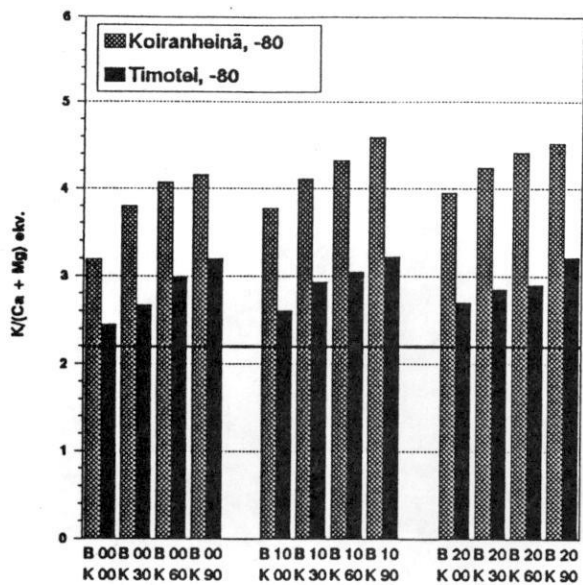


Karjalan tutkimusasema. Kasvien keskimääräinen K/(Ca + Mg)-ekvivalenttisuhde.

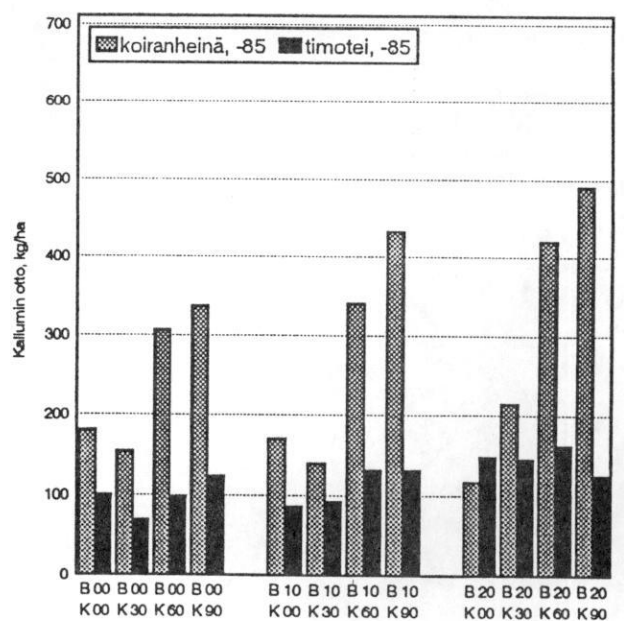
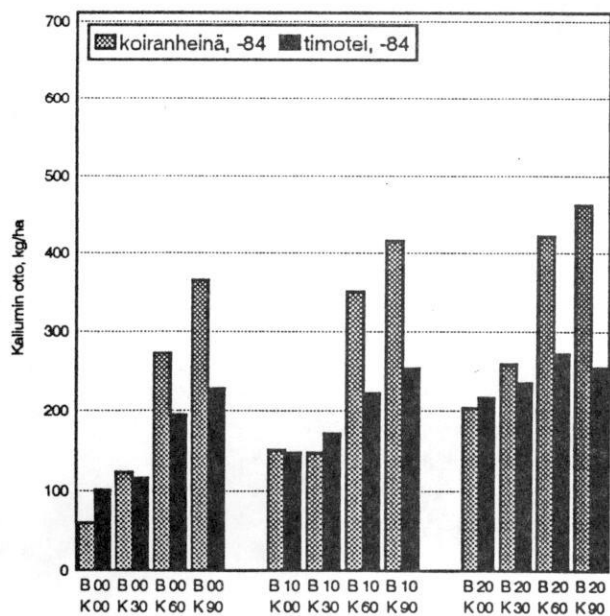
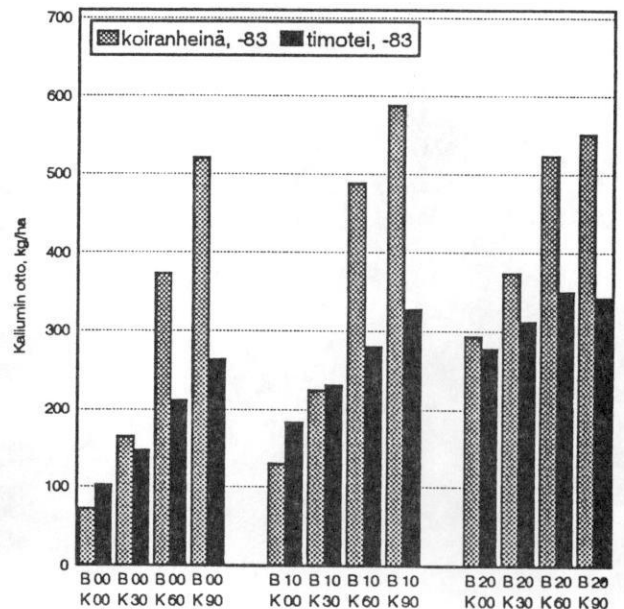
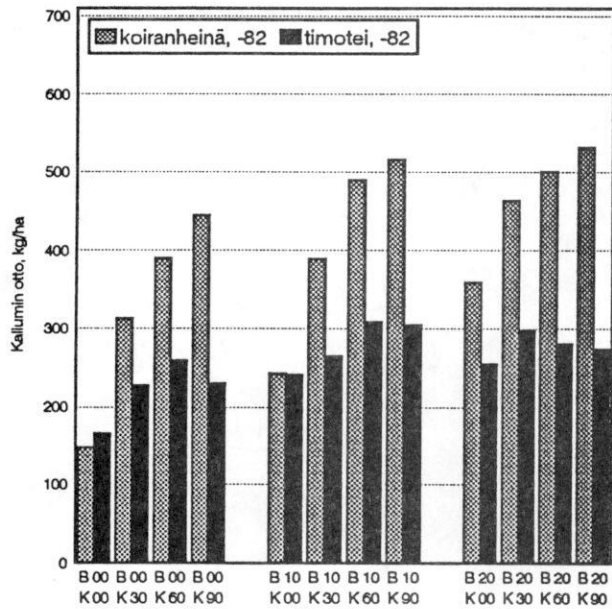
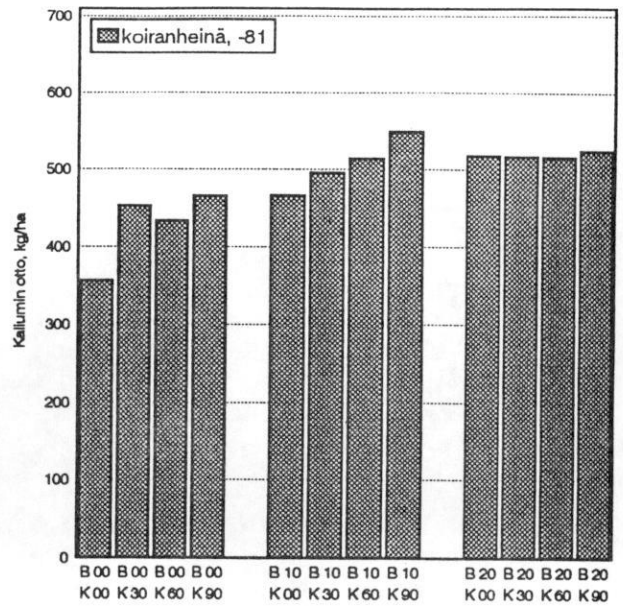
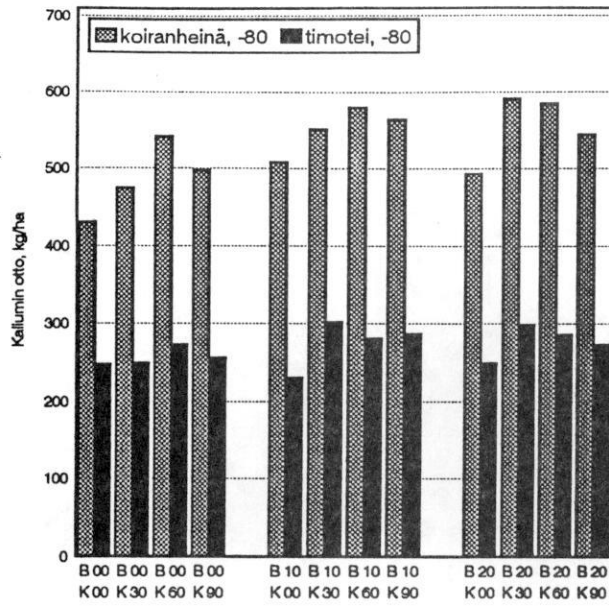


Karjalan tutkimusasema. Kasvien keskimääräinen K/(Ca + Mg)-ekvivalenttisuhte.

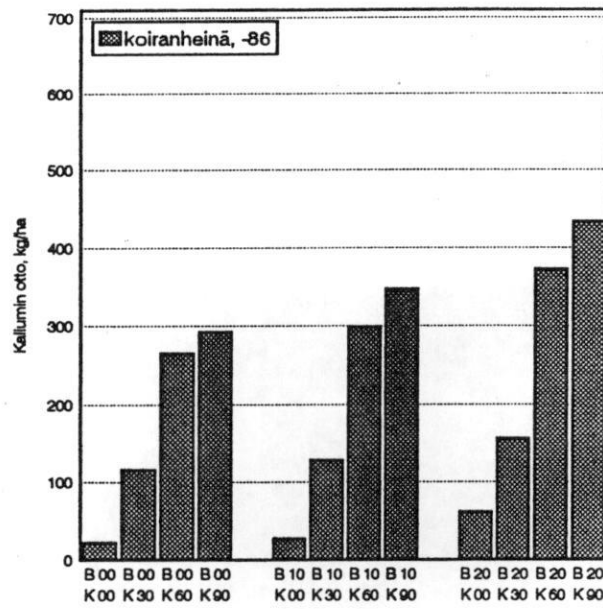




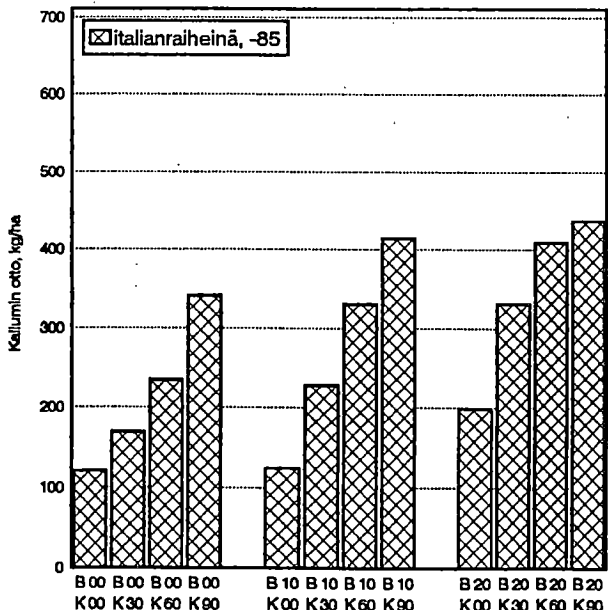
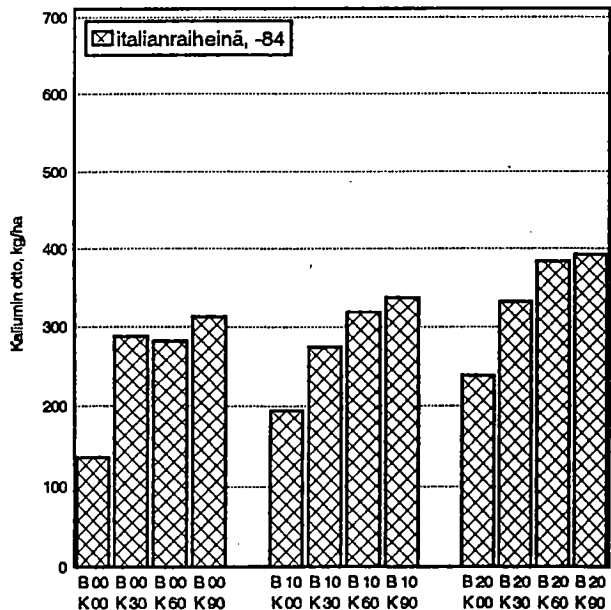
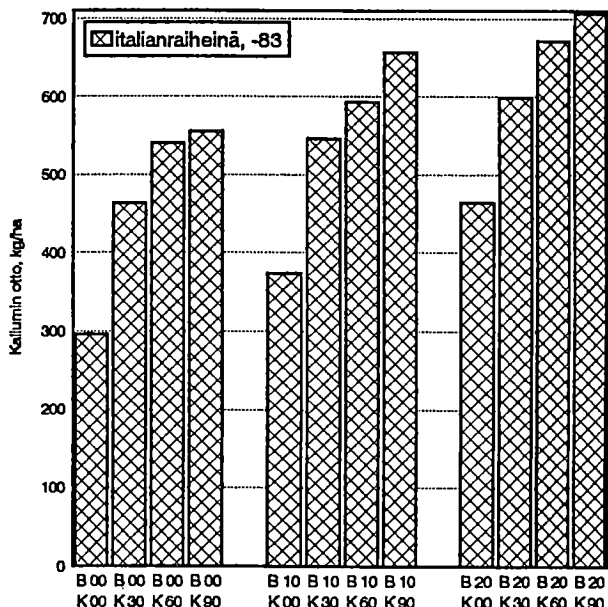
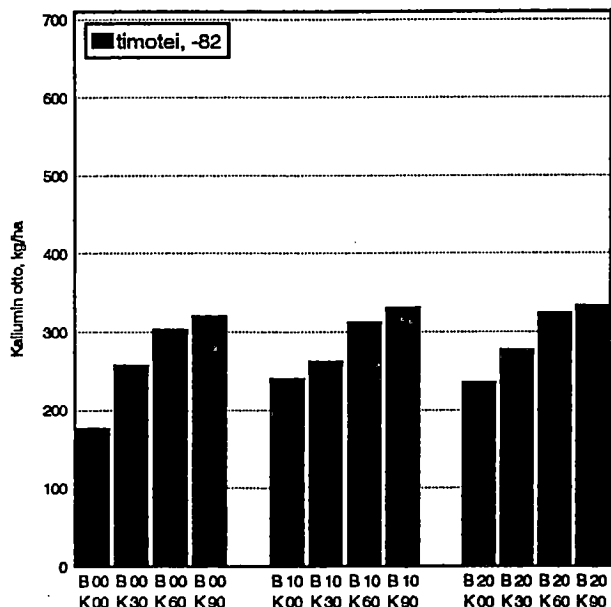
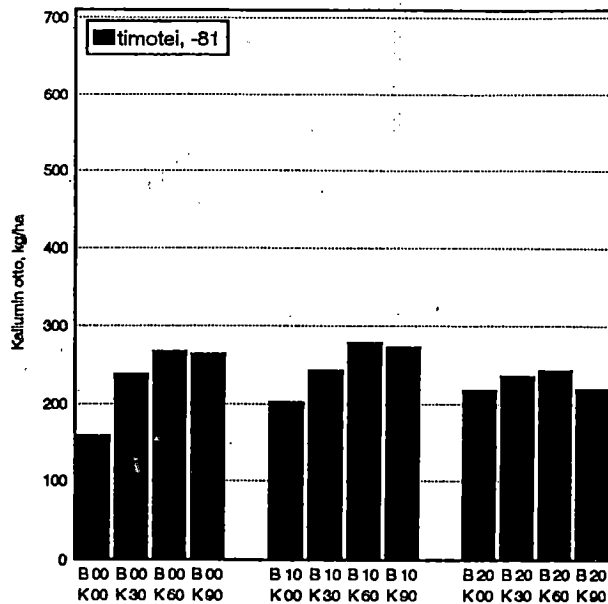
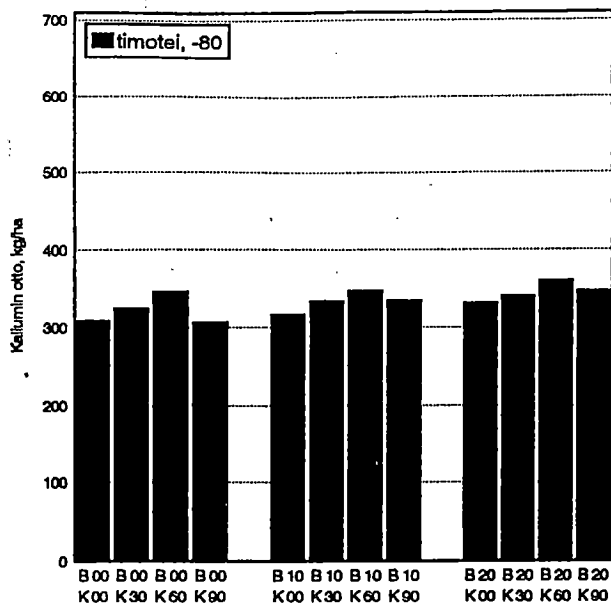
Etelä-Savon tutkimusasema. Kasvien keskimääräinen K/(Ca + Mg) -ekvivalenttisuhte.



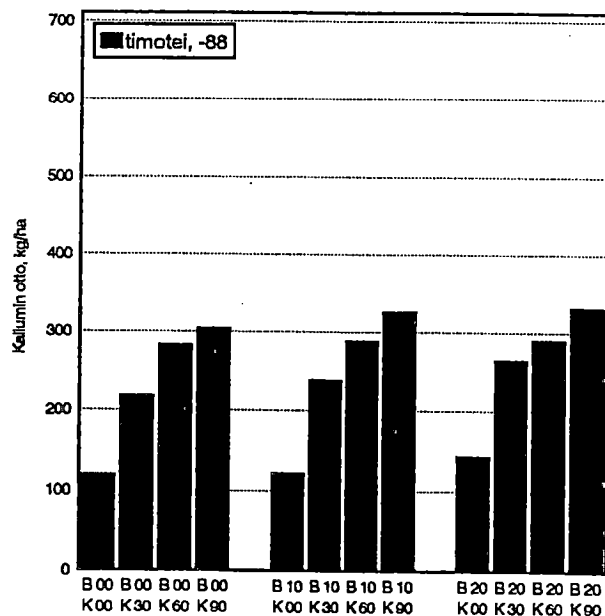
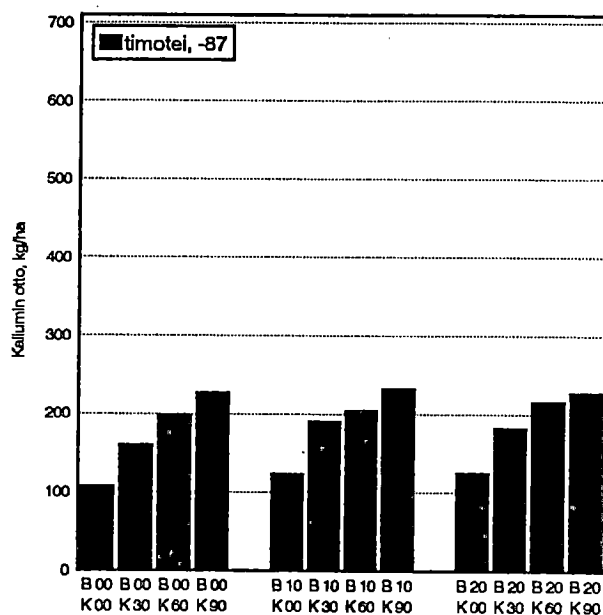
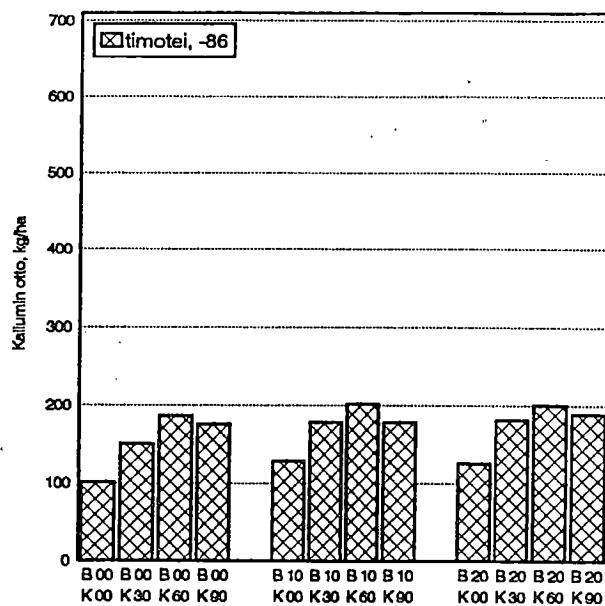
Etelä-Savon tutkimusasema. Kasvien kaliuminotto (kg/ha vuodessa).



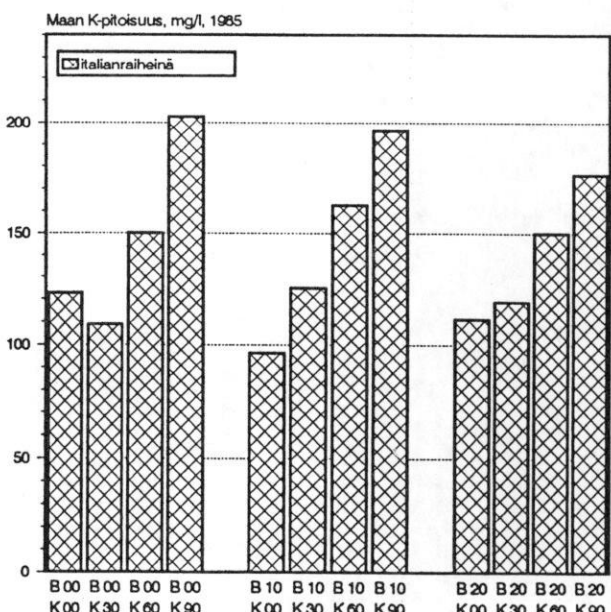
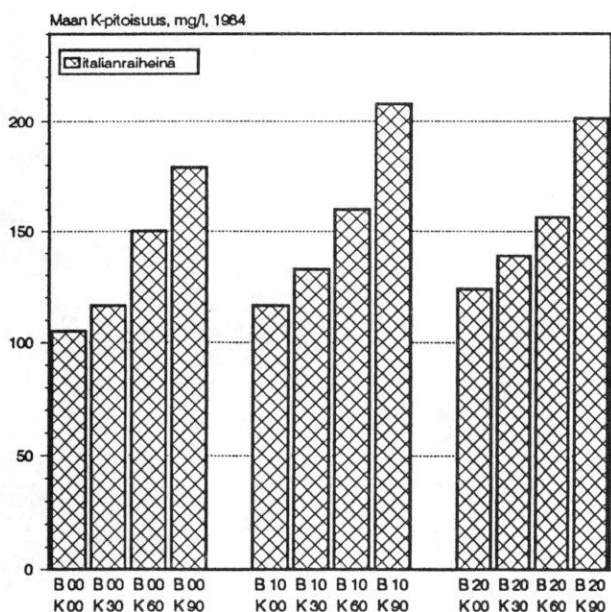
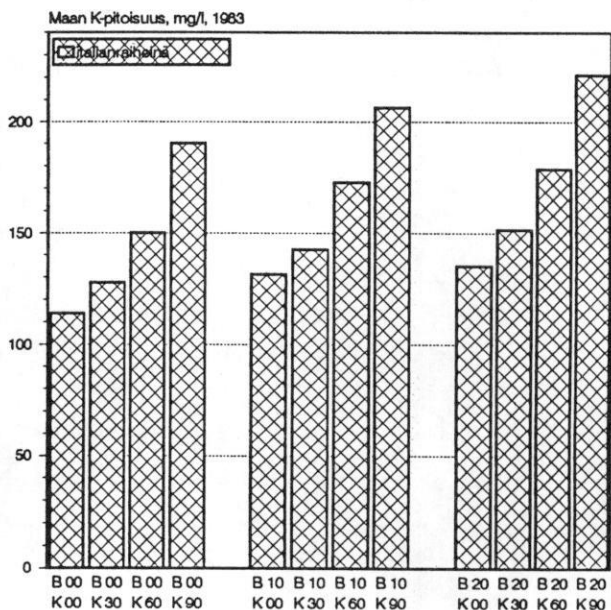
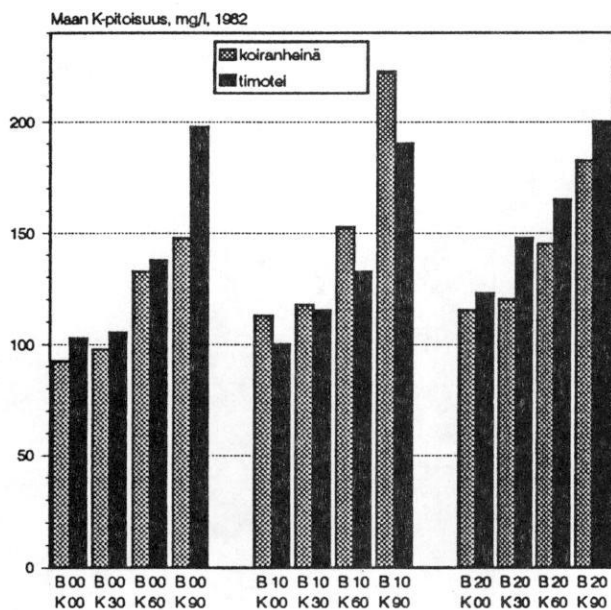
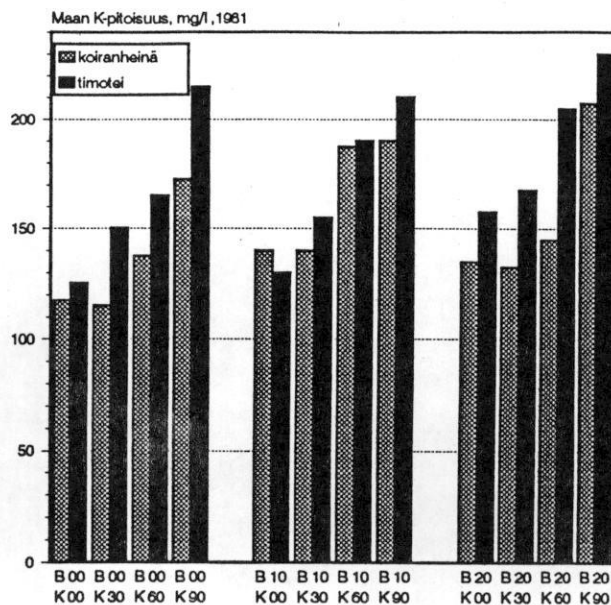
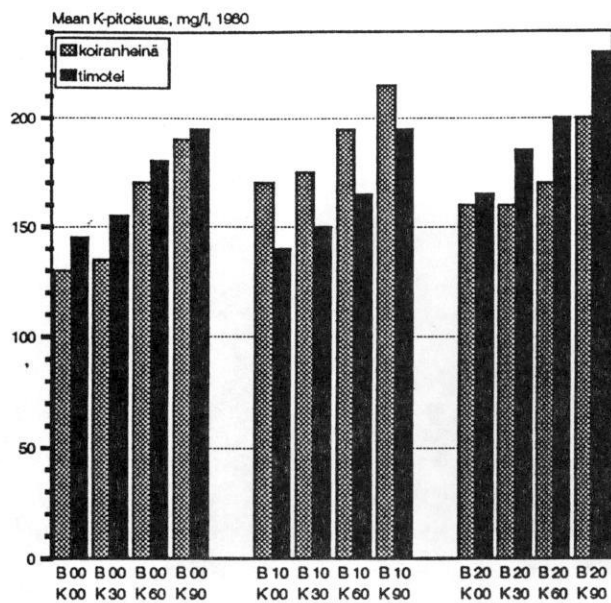
Etelä-Savon tutkimusasema. Kasvien kaliuminotto (kg/ha vuodessa).



Karjalan tutkimusasema. Kasvien kaliuminotto (kg/ha vuodessa).

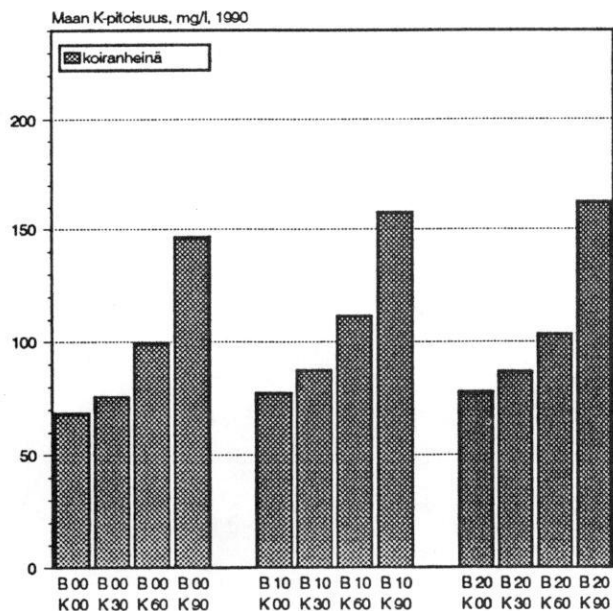
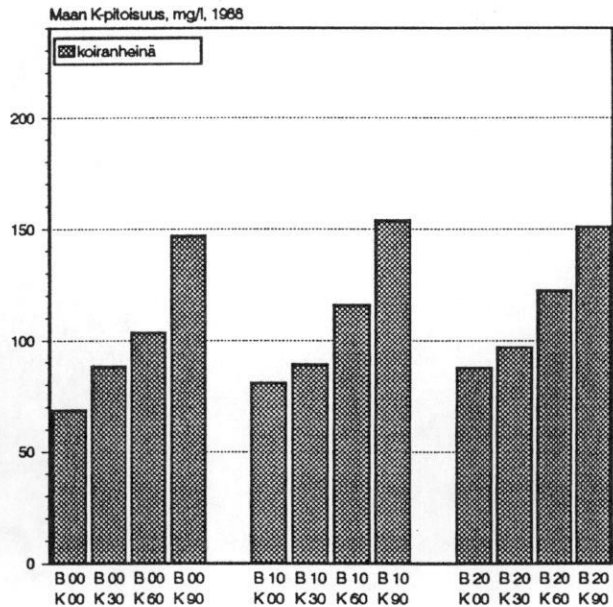
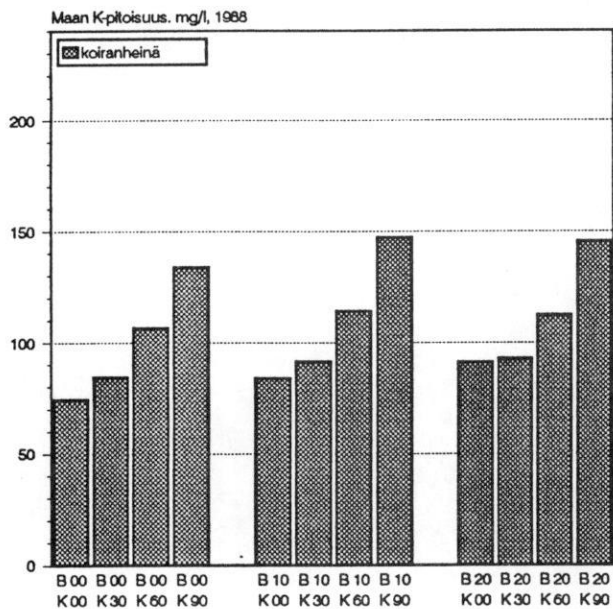
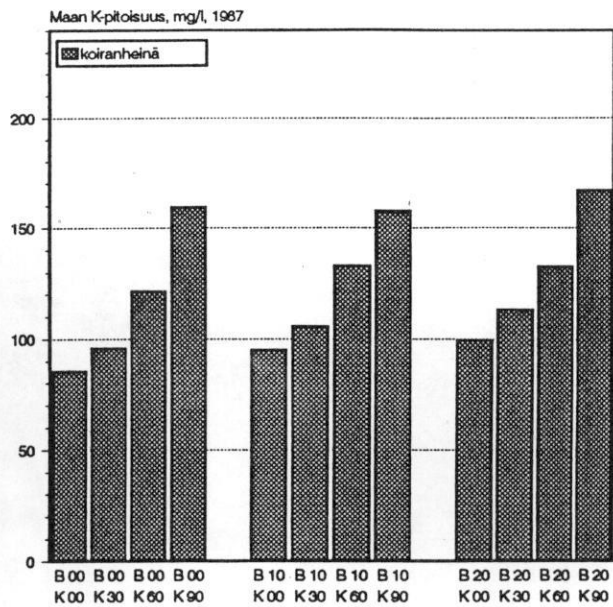
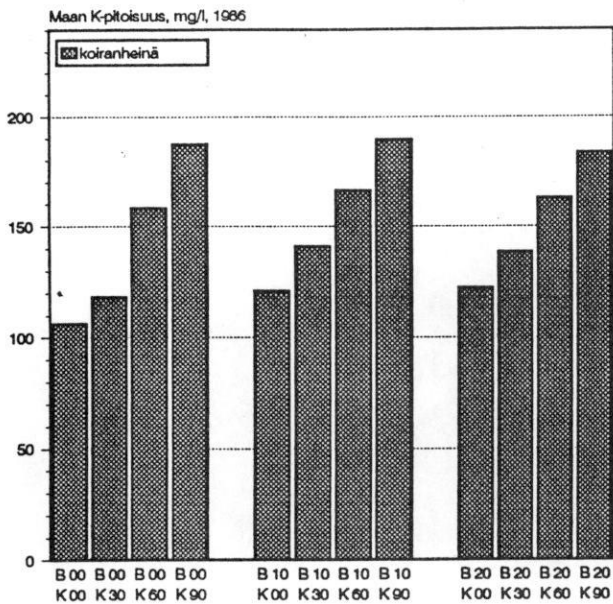


Karjalan tutkimusasema. Kasvien kaliuminotto (kg/ha vuodessa).

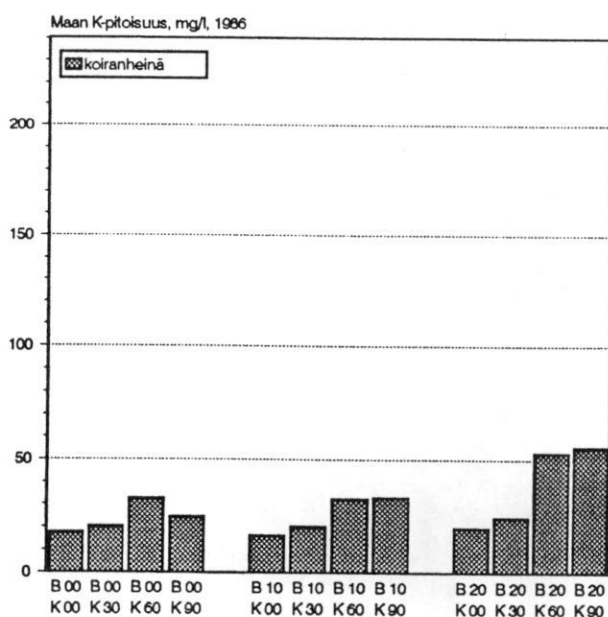
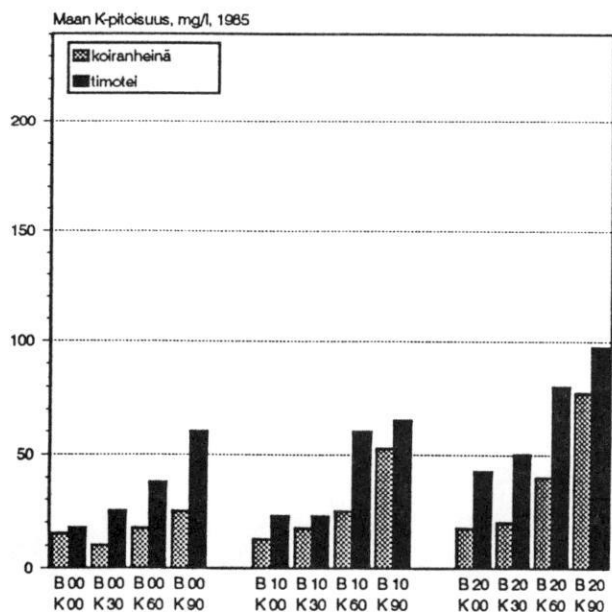
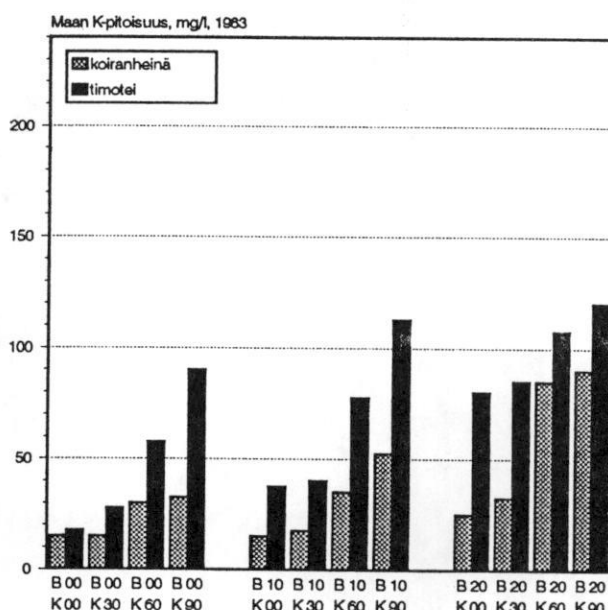
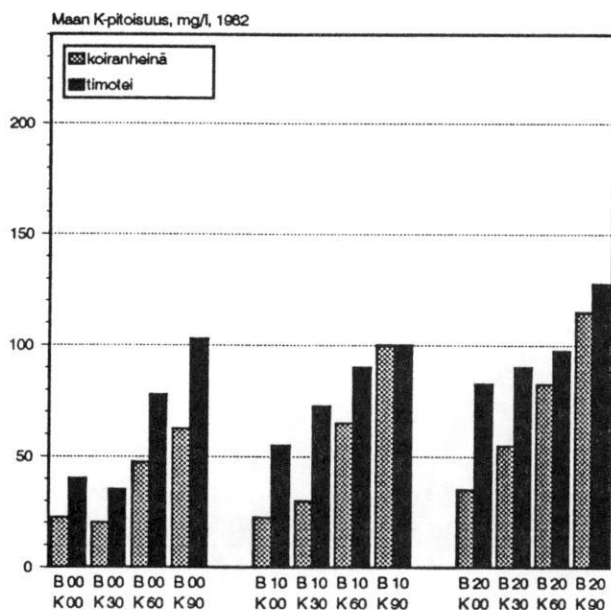
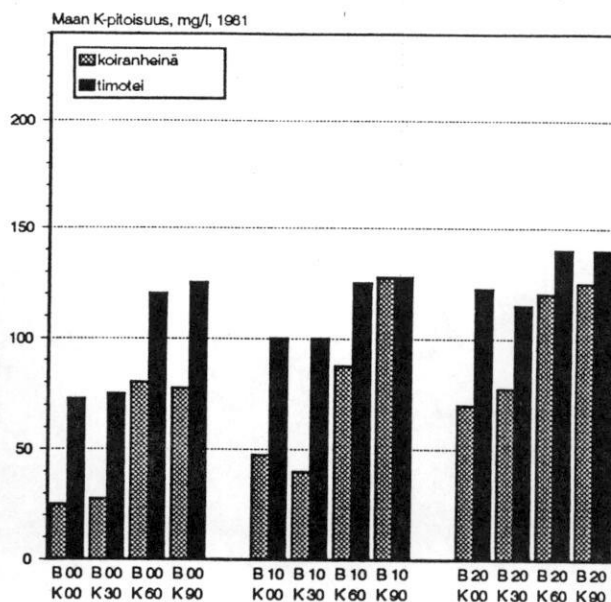
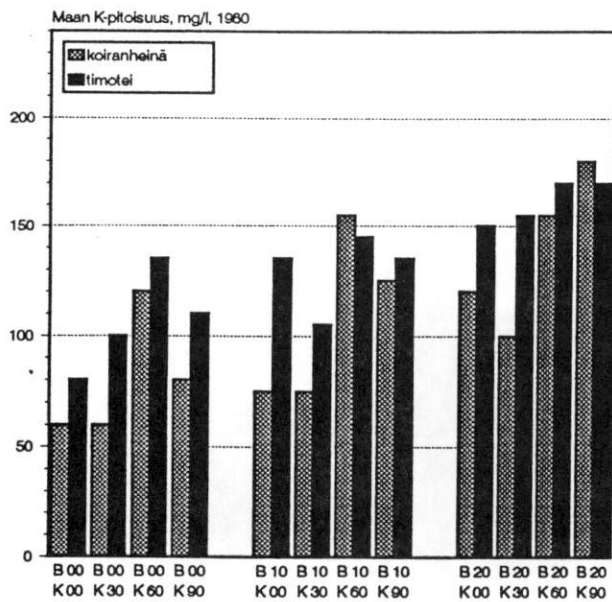


Pohjois-Savon tutkimusasema. Maan kaliumpitoisuus (mg/l maata).

Liite 14b

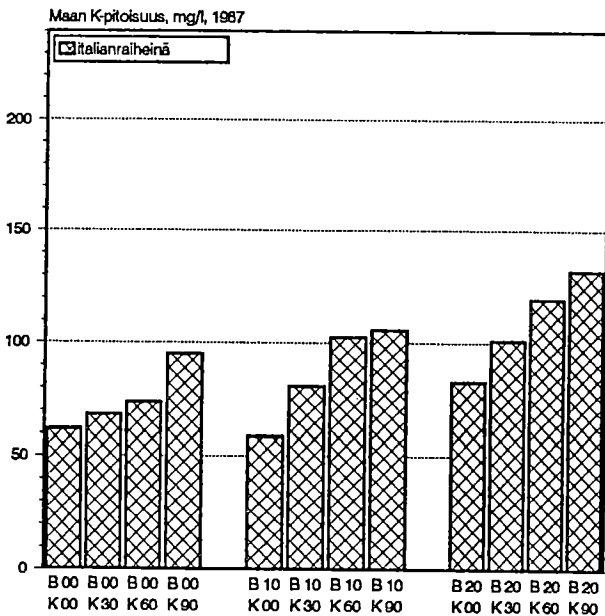
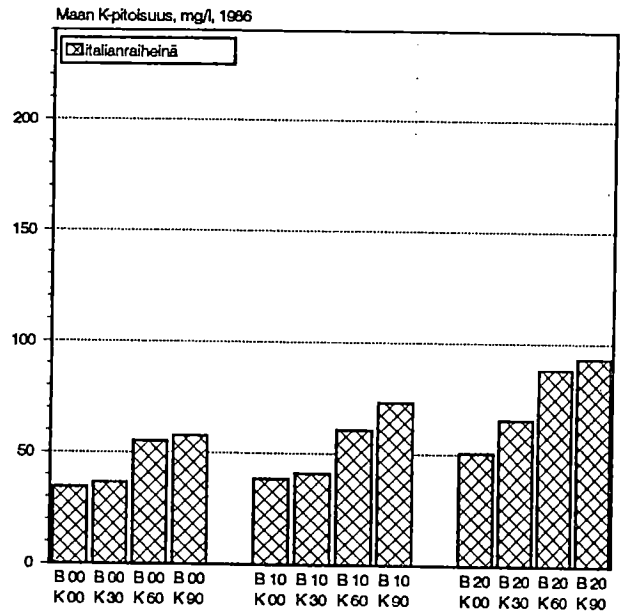
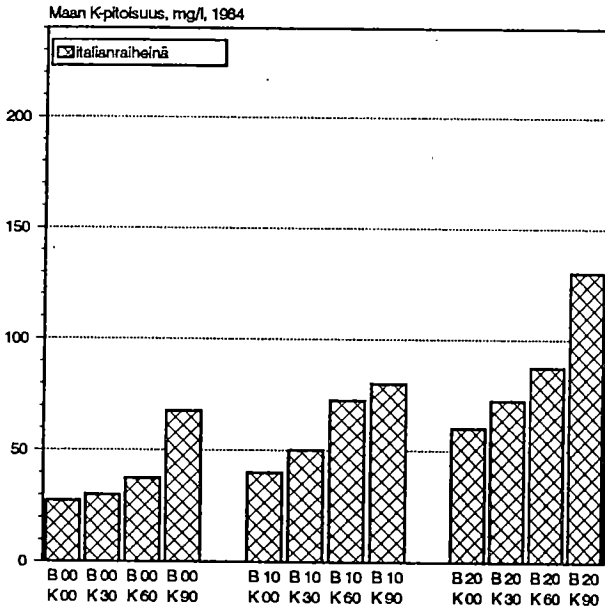
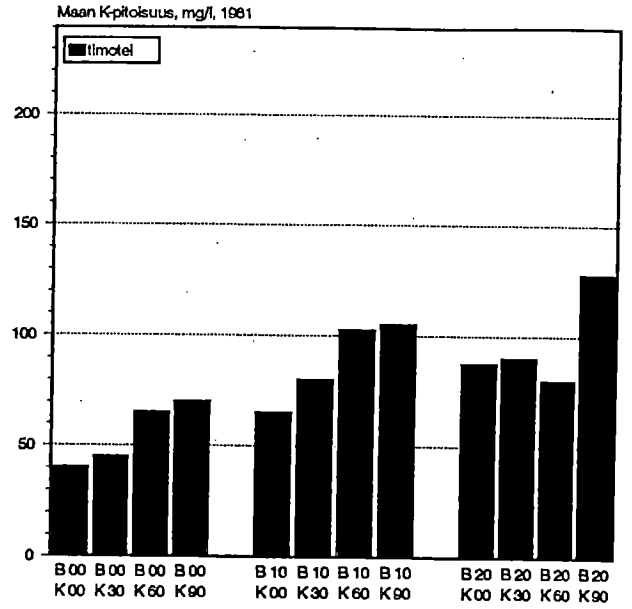
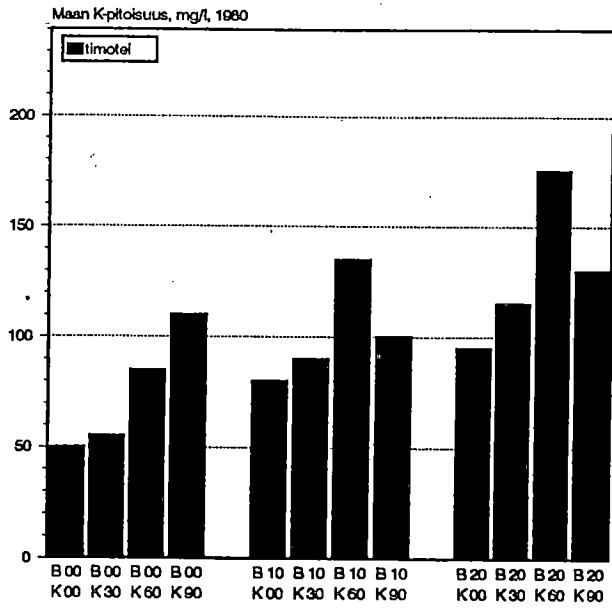


Pohjois-Savon tutkimusasema.  
Maan kaliumpitoisuus (mg/l maata).

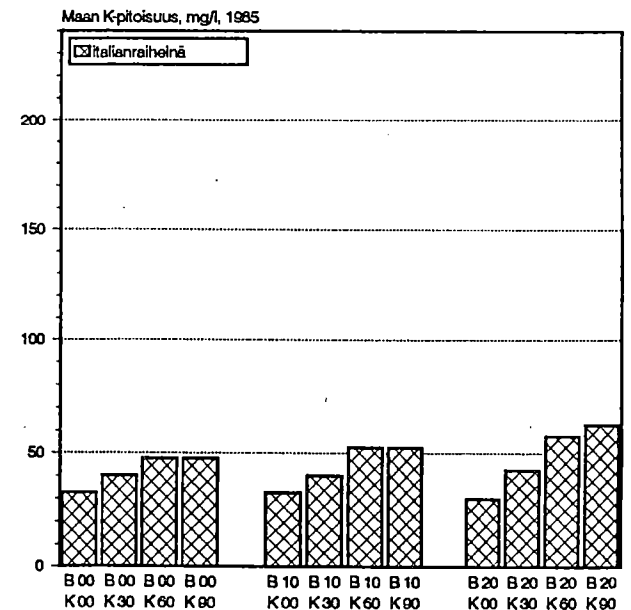
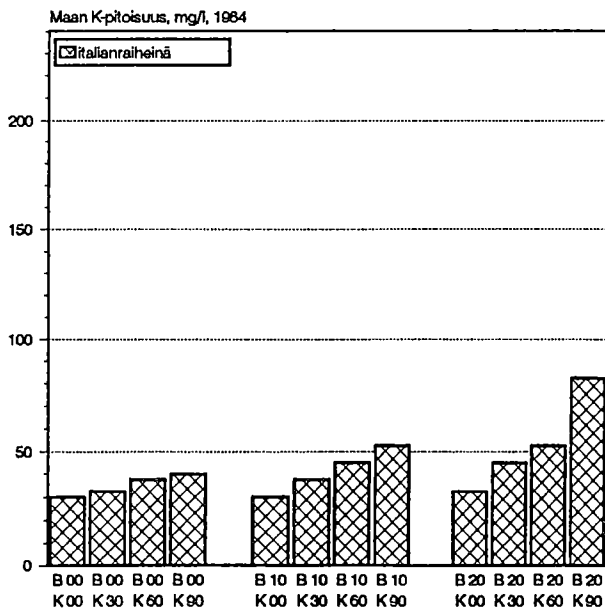
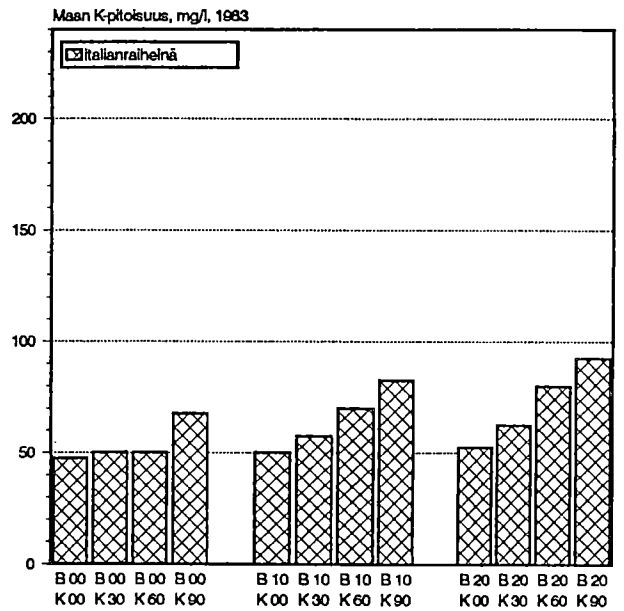
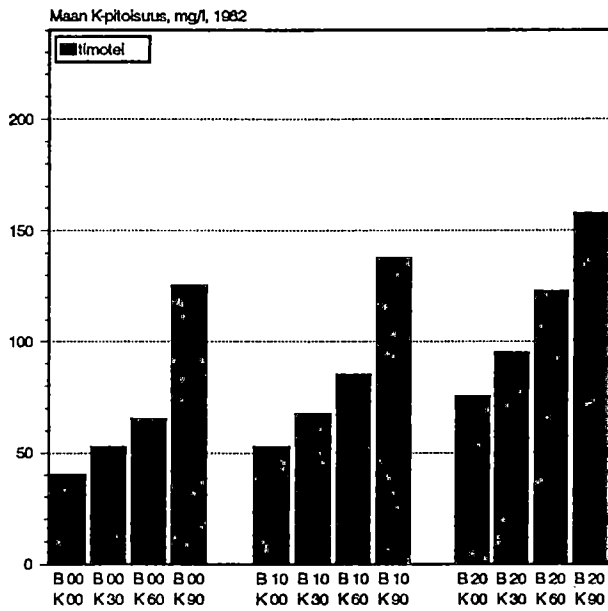
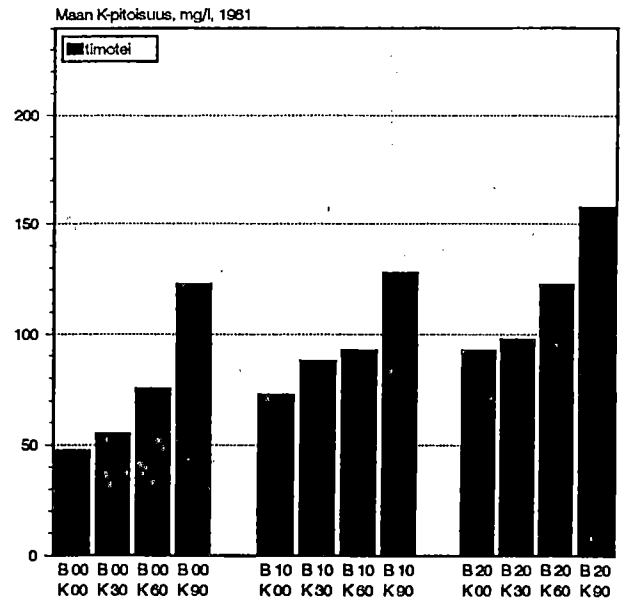
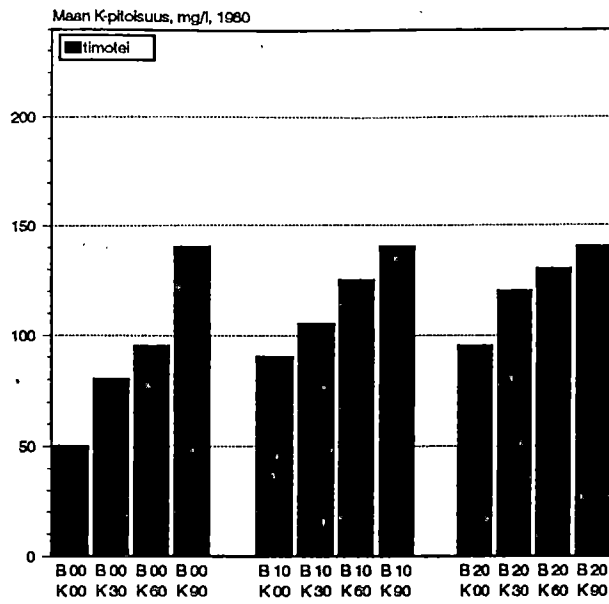


Etelä-Savon tutkimusasema. Maan kaliumpitoisuus (mg/l maata).



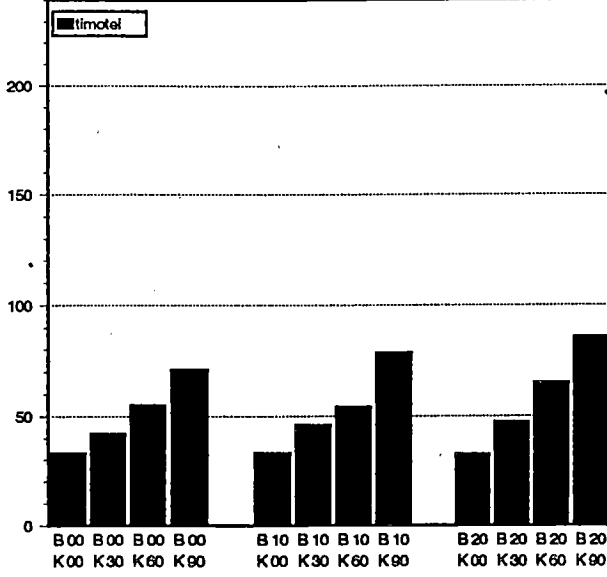


Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema.  
Maan kaliumpitoisuus (mg/l maata).

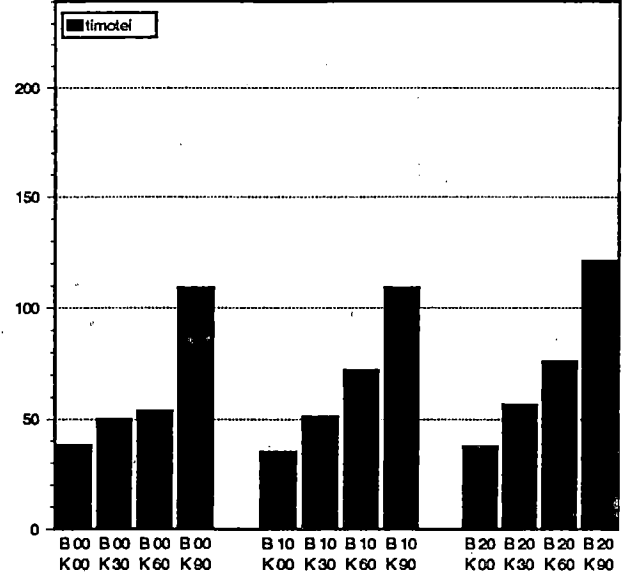


Karjalan tutkimusasema. Maan kaliumpitoisuus (mg/l maata).

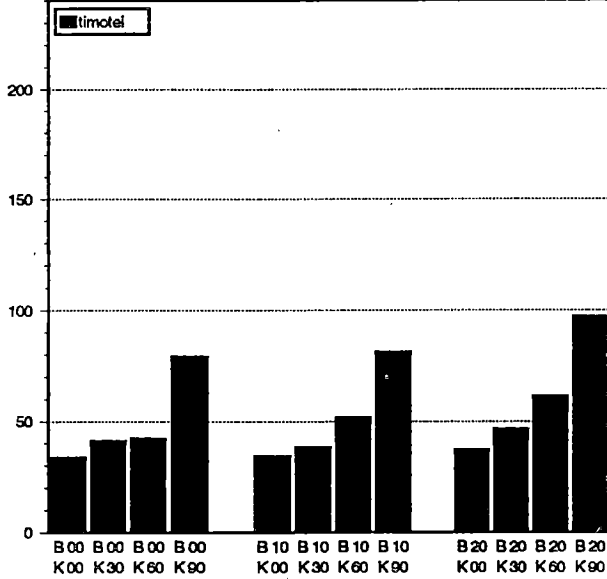
Maan K-pitoisuus, mg/l, 1986



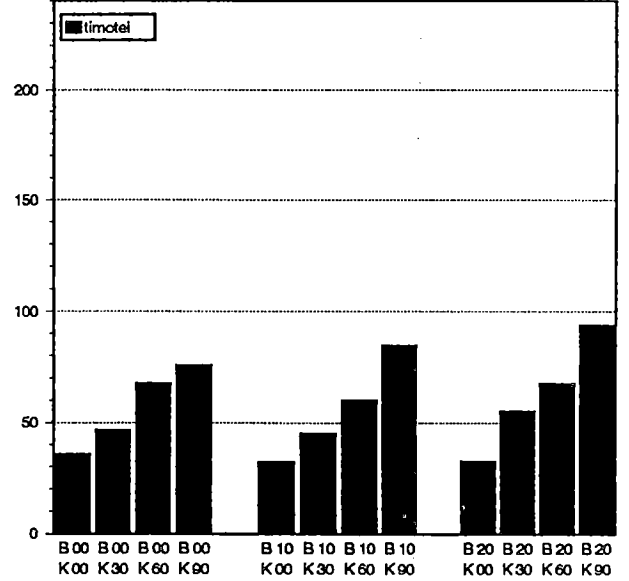
Maan K-pitoisuus, mg/l, 1987



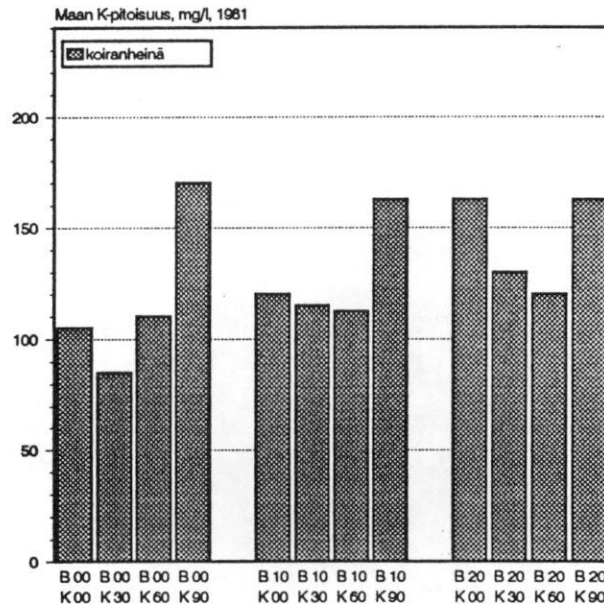
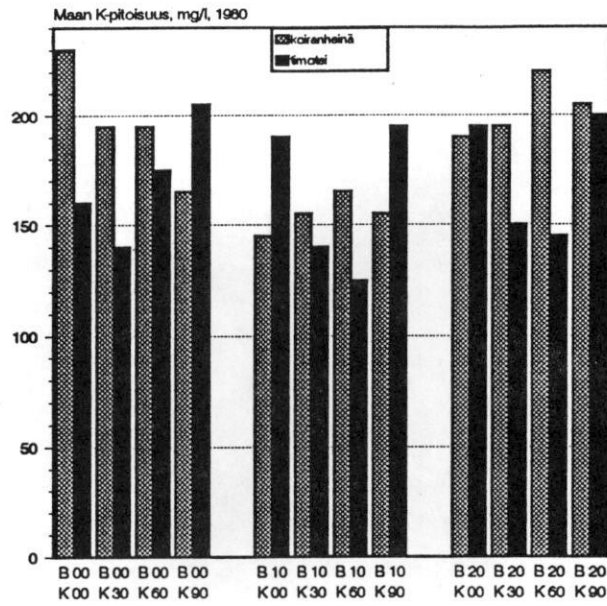
Maan K-pitoisuus, mg/l, 1988



Maan K-pitoisuus, mg/l, 1989



Karjalan tutkimusasema. Maan kaliumpitoisuus (mg/l maata).



Sata-Hämeen tutkimusasema. Maan kaliumpitoisuus (mg/l maata).

## MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUKSEN TIEDOTTEET

(Tiedotteet vuosilta 1983–90 on lueteltu aiempien vuosikertojen numeroissa.)

1991

2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONTTURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1983–1990. 146 p. + 2 liitettä.
3. VILKKI, J. Kulta-kevättrypsi. 20 p. + 1 liite.
4. KEMPPAINEN, E. & VUORINEN, M. Maanparannusaineiden vertailu kenttäkokeessa. (Sotkamon maanparannuskoe). 22 p.
5. YLÄRANTA, T. Maataloustuotannon vaikutus kasvihuoneilmiöön Suomessa. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen. 18 p.
6. HANNUKKALA, A. E. Puikulan viljelytekniikka Lapissa. 23 p.
7. URVAS, L. & HÄMÄLÄINEN, I. Viljeltyjen moreenimaiden kemialliset ominaisuudet. Kirjallisuuskatsaus. 28 p.
8. JUHANOJA, S. Freesian sadon ajoittaminen. 57 p.
9. LAURILA, L., HIIVOLA, S-L. & KARVONEN, T. Rukiin sakoluku Etelä-Pohjanmaalla. 56 p.
10. HUUSELA-VEISTOLA, E., PAHKALA, K. & MELA, T. Peltokasvit sellun ja paperin raaka-aineena. Kirjallisuustutkimus. 36 p. + 1 liite.
11. TIIRI, J. Muokkauksen vaikutus maan toimintoihin. 82 p.
12. NIEMELÄINEN, O. & HUUSELA-VEISTOLA, E. Typpilannoituksen vaikutus niittynurmikka-, nurmirölli-, puisto- ja punanatanurmikon kasvuun ja kestävyYTEEN. 38 p.
13. HUUSELA-VEISTOLA, E., NIEMELÄINEN, O. & HUHTA, H. Lajikkeen, lannoituksen ja leikkuun vaikutus niittynurmikka-natanurmikon menestymiseen. 33 p.
14. HUUSELA-VEISTOLA, E., NIEMELÄINEN, O. & HUHTA, H. Siemenmäärä nurmikon perustamisessa. 30 p.
16. NIEMELÄINEN, O., HUUSELA-VEISTOLA, E. NISSINEN, O. & TALVITIE, H. Nurmikkosiemen-seosten menestyminen eri tavoin kunnostetulla kasvualustalla. 51 p., 5 liitettä.
17. HÄRKÖNEN, E., NIEMELÄINEN, O. & HUUSELA-VEISTOLA, E. Englanninraiheinä nurmikon perustamisessa Suomessa. 26 p. + 1 liite.
18. JUNNILA, S. & ERVIÖ, L-R. Uusien herbisidien tehokkuus ja käyttökelpoisuus viljakasvustoissa. 48 p.

19. ALAVIUHKOLA, T., SUOMI, K. & FRIMAN, T. Uusimmat koetulokset sikatalouden tutkimus-  
asemalta. 77p.
20. KEMPPAINEN, E., ANISZEWSKI, T. & MIETTINEN, E. Nurmikasvilajien vertailu Pohjois-Kai-  
nuussa. 17 p.
21. **Salaatin viljely ja sadon laatu. *Cultivation of lettuce and quality of yield.***  
Yhteistutkimuksen "Salaatin viljelymenetelmien kehittäminen ja viljelytoimien vaikutus sa-  
laatin laatuun" loppuraportti. 179 p.  
Toimittaneet RAILI JOKINEN ja RISTO TAHVONEN.
22. AVIKAINEN, H., HARJU, P., KOPONEN, H., MANNINEN, M., MEINANDER, B. & TAHVONEN,  
R. Desinfiointiaineiden soveltuvuus pelto- ja kasvihuonetuotannossa. 52 p. + 2 liitettä.
23. JOKI-TOKOLA, E. Rehun kuiva-ainepitoisuuden, paalien muovitustavan ja säilytyspaikan vai-  
kutuksen pyöröpaalisäilörehun säilyvyyteen. 27 p.
24. JUHANOJA, S. & HIIRSALMI, A. Tuloksia puiden ja koristepensaiden menestymisen seuran  
nasta vuosina 1970–90. 116 p.

## 1992

1. HAKKOLA, H. & KERÄNEN, T. Rehuviljakokeiden tuloksia 1977-91 Pohjois-Pohjamaan tutki-  
musasemalta. 22 p.
2. KOSSILA, V. & MÄNTYSAARI, P. Pikkuvasikoiden ruokintakoetuloksia Maatalouden tutkimus-  
keskuksessa v. 1973-89. 110 p. + 3 liitettä.
3. URVAS, L. Kalium-, mangaani- ja sinkkilannoituksen vaikutus timotein ravinnepitoisuuteen  
Pohjois-Suomen suonurmilla. 23 p.
4. NISSINEN, O. Yksivuotisten tuorehukasvien soveltuminen laidun- ja niittoruokintaan Poh-  
jois-Suomessa. 45 p.
5. HANNUKKALA, A.E. Timoteinurmen perustaminen Pohjois-Lapissa. 15 p.
6. MÄKELÄ-KURTTO, R., SIPPOLA, J. & JOKINEN, R. Teollisuuden jätevesilietteet ja niiden hyö-  
tykäyttö maataloudessa. (Loppuraportti tutkimushankkeesta "Teollisuuden jätevesilietteet ja  
niiden mahdollinen hyväksikäyttö maataloudessa".) 51 p. + 40 liitettä.
7. VANHALA, P. Rikkakasvien fyysikaalinen ja mekaaninen torjunta kasvukauden aikana. 68 p.
8. SAASTAMOINEN, M. Sohvi-herne. 41 p. + 2 liitettä.
9. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MÄKE-  
LÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1984–1991. 109 p. + 2 liitettä.
10. GALAMBOSI, B. & RAHUNEN, I. Yrttien käyttö ja viljely. 39 p. + 1 liite.

11. SIMOJOKI, P., MEHTO-HÄMÄLÄINEN, U., LAITINEN, V. & RÄKKÖLÄINEN, M. Rikkakasvien torjunta ilman herbisidejä. 37 p.
12. Hiehofkasvatuskokeiden tuloksia.  
SAIRANEN, S., KOSSILA, V., ARONEN, I. & MICORDIA, A. Risteytyshiehot. P. 4–23.  
KOSSILA, V., SAIRANEN, S., MICORDIA, A., VALMARI, A. & HAKKOLA, H. Hiehot ja hieholehmät. P. 24–40 + 9 liitettä.  
KOSSILA, V., HEIKKILÄ, T. & SAIRANEN, S. Kaksoset ja kolmoset. P. 41–48 + 2 liitettä.  
Toimittaneet VAPPU KOSSILA ja SILJA SAIRANEN.
13. URVAS, L. & HYVÄRINEN, S. Maaperäkarttaselitys. LAPINLAHTI. 13 p. + 2 liitettä.
14. Pikkuvasikoiden ruokintakoetuloksia 1990–91. 57 p. + 1 liite.  
KOSSILA, V., ARONEN, I., TOIVONEN, V. & SAIRANEN, S. Korsirehun korjuuasteen vaikutus pikkuvasikoiden kasvuun ja rehunkulutukseen. P. 4–20.  
KOSSILA, V., ARONEN, I., SAIRANEN, S. & MÄNTYSAARI, P. Piimäjauhe ja maitojauhe-10 verrattuna kurrijauhejuottoon ja ohrajauhoihin lisätyn kauraproteiinin vaikutus vasikoilla. P. 21–40.  
KOSSILA, V., ARONEN, I., SAIRANEN, S. & NOUSIAINEN, J. Probioottien vaikutus pikkuvasikoiden kasvuun, rehunkulutukseen ja terveyteen. Eri suoliston osiin vaikuttavien probioottien yhdysvaikutus. P. 41–57.  
Toimittaneet VAPPU KOSSILA & SILJA SAIRANEN.
15. NISSLÄ, E. Arttu-ohra. 16 p. + 3 liitettä.
16. SALO, T. Typpi- ja kloridilannoituksen vaikutus punajuurikkaan nitraattipitoisuuteen ja satoon. *The effect of nitrogen and chloride fertilization on the nitrate content and yield of beetroot.* 37 p. + 6 liitettä.
17. GALAMBOSI, B. & PIEKKARI, S. Yrtit, mausteet ja rohdokset Suomessa. Luettelo julkaisuista. 48 p.
18. MÄKELÄ-KURTTO, R., LINDSTEDT, L. & SIPPOLA, J. Laboratorioiden ja analyysimenetelmien välinen vertailututkimus viljelymaan raskasmetalleista. 61 p. + 3 liitettä.

## 1993

1. SAASTAMOINEN, M. Sisko-kaura. 24 p. + 2 liitettä.
2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MÄKELÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1985–1992. 108 p. + 2 liitettä.
3. KIVIJÄRVI, P., DALMAN, P. & VALO, R. Vihanneslajikkeet Etelä-Savon tutkimusasemalla vuosina 1983–91. (*Summary: Vegetable varieties tested at the South-Savo Research Station of the Agricultural Research Centre of Finland in 1983–91.*) 34 p.
4. RINNE, S-L., SIPPOLA, J. & SIMOJOKI, P. Omavaraisen viljelyn vaikutus maan ominaisuuksiin. (*Summary: Effect of self-sufficient cultivation on soil properties.*) 26 p. + 12 liitettä.

5. RINNE, K., SUVITIE, M. & RINNE, S-L. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan monivuotinen vertailu kotovaraisella säilörehu-vilja- ja heinä-vilja-urearuokinnalla. Lehmien rehunkulutus, ravinnonsaanti, tuotokset, maidon koostumus sekä hedelmällisyys ja kestävyys 4.-6. lypsykausina. *Comparison of Finnish Ayrshire, Friesian and Finncattle on grass silage-cereal and hay-urea-cereal diets. Feed intake and nutrient supply, production and composition of milk, fertility and culling of the cows during the 4th-6th production years.* 48 p. + 1 liite.
6. VILKKI, J. Helmi-öljypellava. 8 p. + 3 liitettä.
7. VIRKAJÄRVI, P. & HUHTA H. Nurmen viljely polttoturvesoiden jättöalueilla. Timotein fosforilannoitus Tohmajärven Valkeasuolla. *Grass production on cut-away peatlands. Phosphorus fertilization for timothy (Phleum pratense) leys at Valkeasuo, Tohmajärvi.* 27 p. + 2 liitettä.
8. SANKARI, H. Bioenergian tuotantoon soveltuvat peltokasvit. Kirjallisuuskatsaus. Kasvintuotannon osaraportti esitutkimukseen "Energian tuottaminen elintarviketuotannosta vapautuvalla peltoalalla." *Suitability of cultivated plants for bioenergy production. Literary survey. The partial report of plant production to the preliminary study entitled "Energy production in the areas released from food production."* 38 p.
9. GALAMBOSI, B., KEMPPAINEN, R., SIKKILÄ, J. & TALVITIE, H. Maustekasvien merkitys mehiläisille. (*Summary: The significance of culinary herbs to bees.*) 62 p. + 9 liitettä.
10. URONEN, K.R., TAHVONEN, R., JOKINEN, R. & BARTOSIK, M-L. Kasvualustan johtokyvyn vaikutus vaikutus turpeessa viljellyn tomaatin satoon ja sadon laatuun. (*Summary; Sammanfattning.*) 34 p. + 3 liitettä.
11. ARONEN, I., LAMPILA, M. & HEPOLA, H. Säilörehu, heinä ja olki kasvavien ayrshiresonnien ruokinnassa. (*English summary.*) 24 p.
12. SUVELA, M. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Ympärivuotisen karitsoinnin merkitys lihan tuotantoon ja kannattavuuteen. *Effect of out-of-season lambing on meat production and profitability.* 52 p. + 3 liitettä.  
SUVELA, M. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Ympärivuotinen karitsointi ja lihantuotanto. P. 7-43.  
SUVELA, M. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Tiheän ja normaalin karitsoinnin vertailu. P. 44-52.
13. SIMOJOKI, P. Selluloosatehtaan jätelietteen lannoitusvaikutus. (*Summary: Fertilizer effect of sludge from a sulphate and paper mill.*) 17 p. + 2 liitettä.
14. **Omavaraisen viljelyn kannattavuuslaskelmia.** 33 p. + 4 liitettä.  
MÄKINEN-HANKAMÄKI, S. Laskelmia omavaraisten viljelymenetelmien kannattavuudesta. (*Summary: Calculations on the profitability of self-sufficient cultivation methods.*) P. 7-23.  
RIEPPONEN, L. Omavaraisen ja tavanomaisen viljelyn kannattavuuden vertailu. (*Summary: Comparison of the profitability of self-sufficient and conventional cultivation methods.*) P. 25-33.
15. KEMPPAINEN, E., JAAKKOLA, A. & ELONEN, P. Peltomaiden kalkitustarve ja kalkituksen vaikutus viljan ja nurmen satoon. (*Summary: Effect of liming on yield of cereals and grass.*) 44 p. + 29 liitettä ja 7 kuvallitettä.
16. VUORINEN, M. & TAKALA, M. Sinimailasan viljelyyn vaikuttavia tekijöitä. (*Summary: Management of alfalfa.*) 17 p. + 1 liite ja 19 liitetaulukkoa.



14. **Omavaraisen viljelyn kannattavuuslaskelmia.** 33 p. + 4 liitettä.  
MÄKINEN-HANKAMÄKI, S. Laskelmia omavaraisten viljelymenetelmien kannattavuudesta. (*Summary: Calculations on the profitability of self-sufficient cultivation methods.*) p. 7–23.  
RIEPPONEN, L. Omavaraisen ja tavanomaisen viljelyn kannattavuuden vertailu. (*Summary: Comparison of the profitability of self-sufficient and conventional cultivation methods.*) p. 25–33.
15. KEMPPAINEN, E., JAAKKOLA, A. & ELONEN, P. Peltomaiden kalkitustarve ja kalkituksen vaikutus viljan ja nurmen satoon. (*Summary: Effect of liming on yield of cereals and grass.*) 44 p. + 29 liitettä ja 7 kuvaliitettä.
16. VUORINEN, M. & TAKALA, M. Sinimailasan viljelyyn vaikuttavia tekijöitä. (*Summary: Management of alfalfa.*) 17 p. + 1 liite ja 19 liitetaulukkoa.
17. VILKKI, J. Jyty-sareptansinappi. (*English summary.*) 12 p. + 8 liitettä.
18. PÄRSSINEN, P. Antti-nurminata. (*English summary.*) 10 p. + 2 liitettä.
19. LUOSTARINEN, M. & OLIN, A. Maatilojen ympäristönhoito ja -suunnittelu. Lounais-Hämeen maatilojen ympäristösuunnittelun tulokset ja maatilayhteistyön tutkimusohjelma vuosille 1993–96. (*Abstract: Environmental management and planning by farms. The results of environmental planning by farms in South-West Häme, Finland, and the research plan for farm co-operation during 1993 to 1996.*) 86 p. + 1 liite.
20. HUHTA, H. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvin ja lannoituksen vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen turvemaasta Tohmajärven huuhtoutumiskentällä v. 1983–87. 37 p. + 7 liitettä.

## 1994

1. LINNA, P. & JANSSON, H. Biotiitti nurmen kaliumlannoitteena. (*Summary: Biotite as a potassium fertilizer in grass production.*) 13 p. + 18 liitettä.
2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., SANKARI, H., KONTTURI, M. & MÄKELÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1986–1993. 112 p. + 1 liite.
4. EVERS, A-M. Lannoituksen vaikutus kasvien ravitsemukselliseen laatuun. Kirjallisuustutkimus. (*Summary: The effect of fertilization on the nutritional quality of vegetables. A literature review.*) 22 p.
6. KANGAS, A., SIMOJOKI, P. & TALVITIE, H. Kevätviljojen kylvösiemenen taantuminen. (*Summary: Deterioration of the yielding capacity of cereal seed.*) 17 p.

**JAKELU: MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS**  
Kirjasto  
31600 JOKIOINEN  
puh. (916) 1881, telekopio (916) 188 339

**HINTA: 50 mk**