

NPK-lannoituksen vaikutus Pito-perunan ravinteiden ottoon

EERO VARIS

Hankkijan kasvinjalostuslaitos, Anttilan koetila, Hyrylä

Saapunut 29. 10. 1973

The effects of increased amounts of N, P, and K on the nutrient uptake of Pito potato

EERO VARIS

Plant Breeding Institute of Hankkija, Experimental Farm Anttila, Hyrylä, Finland

Abstract. The effects of N rates of 0, 100 and 200, P rates of 0, 87 and 174 and K rates of 0, 166 and 332 kg/ha on the nutrient uptake of Pito potato was studied in 1967, 1968 and 1970.

The highest yield of tuber dry matter, 5 793 kg/ha, was obtained at the N_1P_2 level, the effect of K being insignificant. The corresponding total dry matter yield was 8 016 kg/ha. In this case, the total uptakes of nutrients were (kg/ha) 129 N, 15 P, 230 K, 42 Ca and 19 Mg. Corresponding uptakes in the tubers were 75 N, 11 P, 122 K, 2.2 Ca and 6 Mg.

N application increased the N uptake by increasing the dry matter yield and improving the N content of the haulms and the tubers. The effect was more pronounced in the case of the haulms. Uptakes of P, K, Ca and Mg also increased. The relative uptake of P and Mg decreased, however, and their transfer into tubers was delayed. The K content of the haulms increased, their Ca content decreased.

P application increased the uptake of N, K, Ca and Mg in accordance with the increase of dry matter. The transfer of N and Ca into the tubers was accelerated, that of K retarded by the end of the growing period.

K application had no significant effect on the uptake of N, P, or K. However, the uptake of P was retarded by a heavy KN application. The uptake of Ca showed an insignificant decreasing trend. The uptake of Mg and the Mg content of the haulms decreased somewhat. The K content of the haulms and also of the tubers was improved.

Perunan ravinteiden otosta on runsaasti kirjallisuustietoja. Suomessa on perunan ravinteiden ottoa tutkinut TUORILA (1929). Hänen saamiensa tulosten mukaan 25.000 kg:n perunasato ja siihen kuuluva 8.000 kg:n varsisato tarvitsevat 104 kg N, 17 kg P, 143 kg K ja 49 kg Ca hehtaaria kohti. Suomalaisissa perunanviljelyoppaissa mainitaan vastaavasti seuraavia ravinne-määriä 25.000–28.000 kg:n perunasadolle (kg/ha):

	SAULI (1943)	SALONEN (1962)	SEPPÄNEN ja VARIS (1969)	ELLALA ym. (1971)
N	104	120	140	120—150
P	17—21	18	20	20—30
K	143—181	141	208	170—240
Ca	49—51	14	57	50—70
Mg	—	—	—	30

Ruotsissa käytettyjen ohjearvojen mukaan 30.000 kg:n perunasato tarvitsee (kg/ha):

	DJURLE (1939)	EMILSSON ym. (1968)
N	145	160
P	29	27
K	257	226
Ca	—	64
Mg	—	29

Saksalaisten tutkimusten mukaan, joita ovat referoineet mm. LÜDDECKE ja BORCHMANN (1961), 10.000 kg:n perunasato tarvitsee varsineen (kg/ha) 44—55 N, 9—10 P, 66—83 K ja 18—25 Ca. Lisäksi 20.000 kg:n perunasato tarvitsee 15 kg/ha Mg. Uusimmassa saksalaisessa perunakirjallisuudessa käytetään ohjelukuina 30.000 kg:n perunasadolle seuraavia ravinnemääriä (kg/ha): 150 N, 26 P, 199 K, 64 Ca ja 17 Mg (HUNNIUS 1972).

Amerikkalaisten tutkimusten mukaan, joita on referoinut mm. BENEPAL (1967) hyvä perunasato käyttää (kg/ha) 120—160 N, 11—13 P, 166—208 K, 43 Ca ja 17 Mg.

Selostettavassa tutkimuksessa haluttiin verrata Pito-perunan ottamia ravinnemääriä aikaisempiin tutkimustuloksiin ja samalla selvittää ravinnesuhteiden muutosten vaikutusta eri ravinteiden ottoon.

Koeaineisto ja tulosten käsittely

Tämä tutkimus perustuu Hankkijan kasvinjalostuslaitoksen Anttilan koetilalla vuosina 1967—68 ja 1970 tehdyn tutkimuksen aineistoon, joka on selvitetty aikaisemmin (VARIS 1973 b).

Tulokset ja niiden tarkastelu

Varsianssianalyysien antamat tulokset on esitetty Taulukossa 1. Tulosten tarkemmassa käsittelyssä sivuutetaan maininnalla suurin osa vuosivaihteluista (A ja yhdysvaikutukset), mitkä tämän tyyppisissä tutkimuksissa ovat sangen yleisiä. Joskus suotuisissa kasvuoloissa vuosivaihtelu tosin voi jäädä merkityksettömäksi (CARPENTER 1957). Tässä tutkimuksessa vuosivaihtelu oli selvästi yleisintä ja merkitsevintä typen suhteen (AN ja 2. asteen yhdysvaikutukset), kun taas fosforin ja varsinkin kaliumin osalta vuosivaihtelu oli vähäisempää sekä perunan ravinteiden otossa että sadon mineraalipitoisuuksissa.

Taulukko 1. Varsianssianalyysi NPK-lannoituksen vaikutuksesta Pito-perunan ravinteiden ottoon kasvukausina 1967, 1968 ja 1970.

Table 1. Analysis of variance of the effects of NPK treatments on nutrient uptake by Pito potato during the growing periods of 1967, 1968 and 1970.

	Kuiva- aine Dry matter kg/ha	N		P		K		Ca		Mg	
		%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha
		ka:ssa	in D.M.	ka:ssa	in D.M.	ka:ssa	in D.M.	ka:ssa	in D.M.	ka:ssa	in D.M.
		in D.M.	in D.M.	in D.M.	in D.M.	in D.M.	in D.M.	in D.M.	in D.M.	in D.M.	in D.M.
A ¹⁾	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
B ²⁾	***	***	***	***	***	***	***	***	***	*	***
C ³⁾	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
N	***	***	***	***	***	(*)	***	***	***	ns	***
P	*	ns	***	***	***	ns	***	ns	***	ns	***
K	ns	ns	ns	ns	ns	***	ns	**	ns	*	ns
AB	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	**
AC	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
AN	***	**	***	***	***	***	***	***	*	ns	***
AP	ns	(*)	**	***	ns	ns	ns	*	*	ns	(*)
AK	ns	ns	ns	ns	ns	(*)	ns	ns	ns	ns	ns
BC	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
BN	**	**	***	*	ns	ns	**	ns	ns	ns	***
BP	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	(*)	ns	ns	ns
BK	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CN	***	***	***	(*)	***	*	***	***	***	**	***
CP	ns	ns	ns	ns	(*)	*	*	ns	***	ns	**
CK	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	***	**	***	**
NP	(*)	ns	***	**	***	ns	***	ns	**	ns	**
NK	ns	ns	ns	ns	ns	***	ns	(*)	ns	ns	ns
PK	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
ABC	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***
ABN	*	***	***	***	*	**	(*)	**	*	***	***
ABP	ns	**	**	***	**	ns	***	ns	***	ns	**
ABK	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
ACN	*	***	***	***	***	***	***	***	***	ns	***
ACP	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	**	**	*	**
ACK	ns	ns	ns	*	ns	(*)	ns	(*)	ns	*	*
ANP	(*)	*	***	**	***	ns	***	ns	**	*	***
ANK	ns	(*)	(*)	ns	*	**	**	ns	ns	ns	ns
APK	ns	(*)	*	ns	ns	*	ns	ns	ns	(*)	ns
BCN	**	*	***	*	***	*	***	*	*	***	***
BCP	(*)	ns	**	**	***	ns	ns	**	ns	ns	(*)
BCK	(*)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
BNP	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
BNK	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
BPK	*	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	(*)	ns	(*)
CNP	(*)	**	ns	ns	(*)	ns	(*)	ns	***	ns	**
CNK	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
NPK	ns	ns	**	ns	*	ns	ns	ns	(*)	ns	*

1) A = vuosi, year

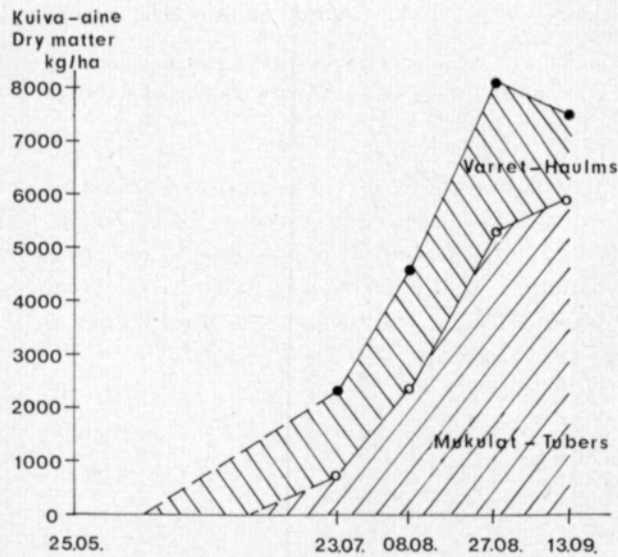
2) B = nostoaika, lifting time

3) C = lehdet/mukulat, haulms/tubers

Kuiva-ainesato

Tulosten tarkastelun pohjaksi on otettu saadut kuiva-ainesadot. Niihin vertaamalla on nimittäin helpointa seurata ravinteiden käyttöä, sillä ravinne-määräthän ovat kuiva-aineen määrän ja kuiva-aineen mineraalipitoisuuden funktioita.

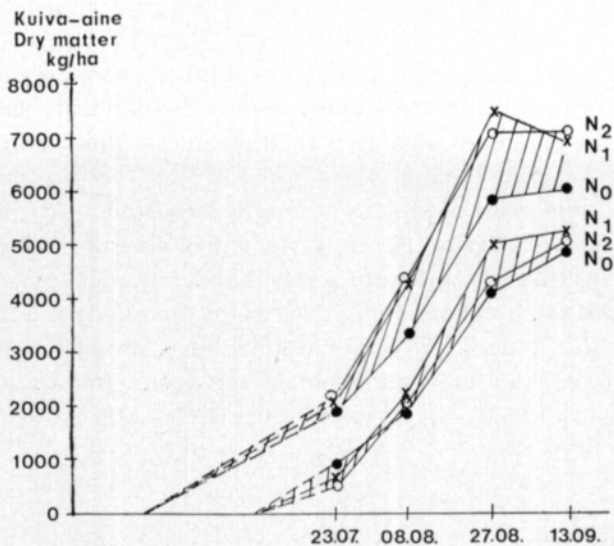
Koko perunakasvin kuiva-ainesato vaihteli vuosittain (A) ja lisääntyi tietenk in kasvukauden kuluessa (B). Syksyllä kuiva-ainesato kuitenkin aleni johtuen varsiston osittaisesta tuhoutumisesta hallan, tautien ym. syiden takia. Varsi- ja mukulasato olivat erilaiset (C) ja niiden suhde muuttui kasvukauden kuluessa (BC, Piirros 1). Kokonaiskuiva-ainesato oli suurimmillaan kolmannessa nostossa, kun taas mukuloiden kuiva-ainesato kasvoi syksyyn saakka. Vuotuiset vaihtelut olivat merkitsevät (AB, AC, ABC).



Piirros 1. Pito-perunan kuiva-ainesadon kehittyminen kasvukauden aikana.

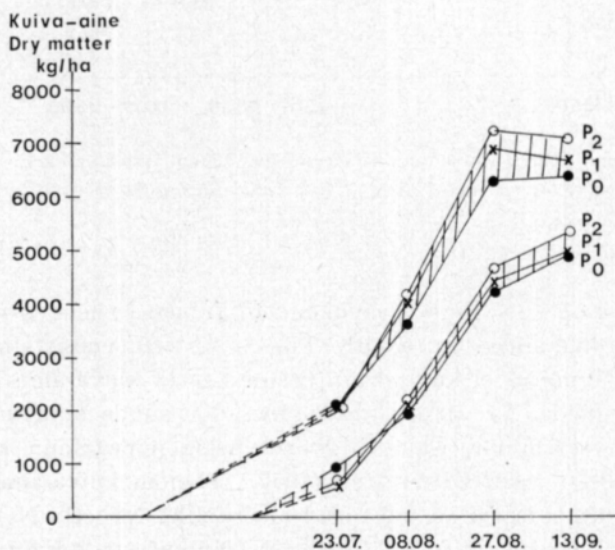
Figure 1. Development of the dry matter yield of Pito potato during the growing period.

Typpilannoitus lisäsi kasvukauden kuluessa enenevässä määrässä koko kasvuston kuiva-ainesatoa (N, BN, Piirros 2), tosin vuosittain vaihdellen (AN, ABN). N_2 -lannoitus ei kuitenkaan lisännyt enää kuiva-ainesatoa N_1 :een verrattuna. Mukuloiden ja varsien kuiva-ainesadon suhde muuttui N-lannoitusta lisättäessä varsien kuiva-ainesadon kasvaessa nopeammin kuin mukuloiden. Tämän totesi myös CARPENTER (1957). Samoin kuiva-aineen kerääntyminen mukuloihin hidastui kasvukauden alussa sekä N_1 - että N_2 -lannoitusta käytettäessä ja myös kasvukauden lopulla N_2 -lannoitusta käytettäessä (CN, BCN). Vuotuista vaihtelua esiintyi myös tässä varsien ja mukuloiden kuiva-ainesatojen suhteessa (ACN).



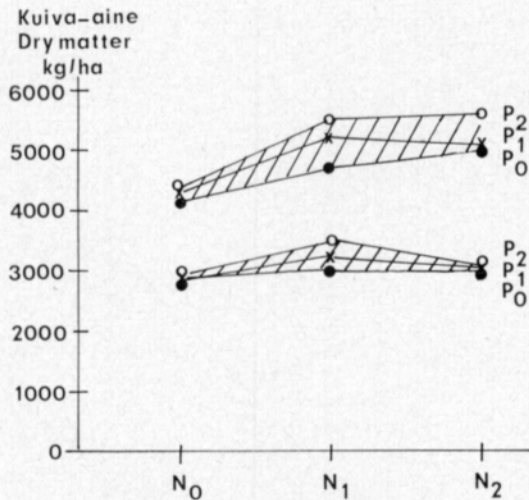
Piirros 2. N-lannoituksen vaikutus Pito-perunan kuiva-ainesadon kehittymiseen.
 Figure 2. Effect of N application on the development of the dry matter yield of Pito potato.

Fosforilannoituksen kuiva-ainesatoa lisäävä vaikutus oli johdonmukaista. Ainoastaan lievä yhdysvaikutus BCP osoitti, että kasvukauden alkupuolella fosforilannoitus hidasti kuiva-aineen kerääntymistä mukuloihin, kun taas kasvukauden loppupuolella sekä kokonaiskuiva-ainesato että mukuloiden kuiva-ainesato lisääntyivät tasaisesti fosforilannoituksen määrien mukaisesti (Piirros 3).



Piirros 3. P-lannoituksen vaikutus Pito-perunan kuiva-ainesadon kehittymiseen.
 Figure 3. Effect of P application on the development of the dry matter yield of Pito potato.

Kalilannoitus ei vaikuttanut merkittävästi keskimääräiseen kuiva-ainesatoon, joskin suunta oli laskeva. Lievä yhdysvaikutus BCK osoitti, että kasvukauden lopulla K_1 -lannoitusta käytettäessä varsien ja mukuloiden kuiva-ainesatojen suhde poikkesi K_2 -lannoituksesta varsien kuiva-ainesadon jyrkän laskun takia edellisessä tapauksessa (vrt. Piirros 2). Kalilannoituskin hidasti kasvukauden alussa mukuloiden kuiva-ainesadon muodostumista, mutta muista poiketen myös kokonaiskuiva-ainesato jäi pienemmäksi, koska varsienkaan kuiva-ainesato ei lisääntynyt.



Piirros 4. NP-yhdysvaikutus Pito-perunan kuiva-ainesatoon.
Figure 4. NP interaction effect on the dry matter yield of Pito potato.

Typellä ja fosforilla oli yhdysvaikutus (NP, Taulukko 1 ja Piirros 4).

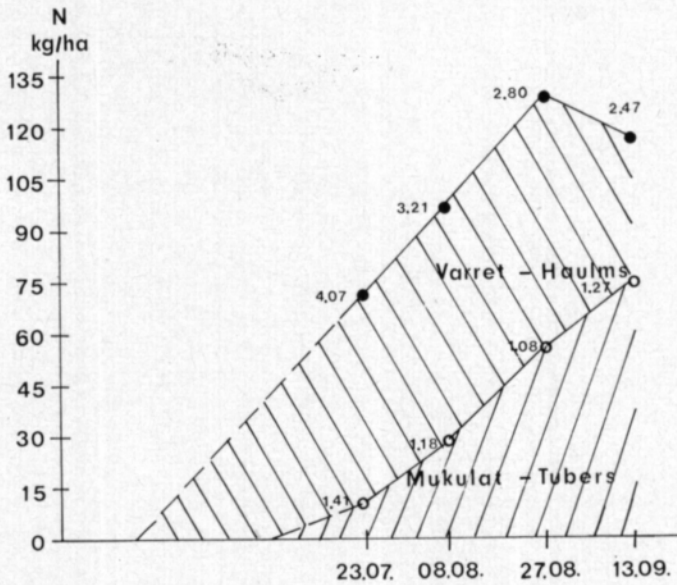
Piirroksen ylemmistä käyristä näkyy, miten runsas fosforilannoitus paransi typpilannoituksen vaikutusta (N_2P_2). N_1 -tasolla taas kohtuullinen fosforimäärä (P_1) antoi jo hyvän tuloksen. Yhdysvaikutuksessa oli vuotuista vaihtelua (ANP). Alemmista käyristä näkyy yhdysvaikutus CNP, minkä mukaan pelkkä typpilannoitus (P_0) tai runsas N-lannoitus fosforin yhteydessäkin (N_2) lisäsivät ainoastaan varsien kuiva-ainesatoa. Mukuloiden kuiva-ainesadon kannalta N_1P_2 -lannoitus oli selvästi edullisin. Tällöin koko perunan kuiva-ainesato nousi kolmannessa nostossa 8 016 kg:aan ja mukuloiden kuiva-ainesato syksyllä 5 793 kg:aan/ha (Piirros 1). Tämä yhdysvaikutus oli tullut esille myös samanlaisessa laajemmassa tutkimuksessa tärkkelyssadon suhteen (VARIS 1973 a).

Kaliumilla ja fosforilla oli myös lieviä yhdysvaikutuksia (BPK ja CPK). Edellinen osoitti, miten pelkkä yksipuolinen kalilannoitus vähensi perunan kuiva-aineenmuodostusta sekä kasvukauden alkupuolella että lopulla. Yhdysvaikutus CPK puolestaan osoitti, miten tämä yksipuolisen kalilannoituksen kuiva-ainesatoa alentava vaikutus kohdistui vain varsistoon, mutta ei mukuloihin. P_1 -tasolla edullisin kalilannoitus oli K_1 , P_2 -tasolla K_2 . Kaliumin

ja fosforin oikealla suhteella näytti siis myös olevan merkitystä perunan kuiva-aineen tuotannossa (vrt. VARIS 1973 a).

Typpi

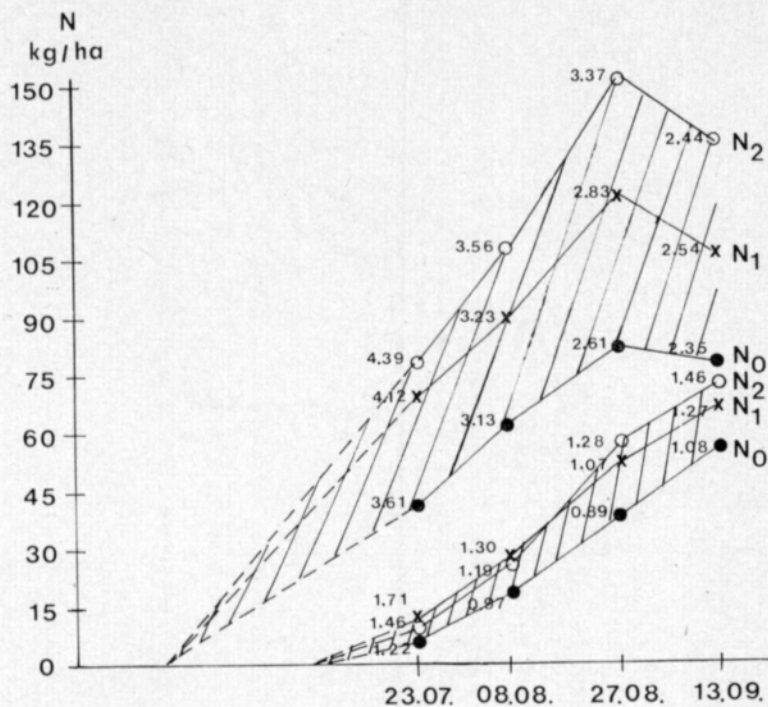
Pito-perunan maasta ottama typpimäärä vaihteli vuosittain (A) ja lisääntyi kasvukauden kuluessa (B). Varsien ja lehtien typpimäärissä oli samoin selvä ero (C). Yhdysvaikutukset AB, AC, BC ja ABC olivat myös merkitsevät (Piiros 5). Kaikki nämä typpimäärien vaihtelut johtuivat sekä kuiva-aineen määrän että sen N-pitoisuuden muutoksista (Taulukko 1).



Piiros 5. Pito-perunan typen käyttö kasvukauden aikana.
 Figure 5. N uptake of Pito potato during the growing period.

Perunan käyttämä kokonaistyppimäärä oli mukulasadon kannalta edullisimmassa tapauksessa (N_1P_2) 129 kg/ha. Mukuloissa oli tällöin syksyllä 75 kg/ha typpeä. CARPENTERIN (1957) tutkimusten mukaan perunan kokonaistyppimäärä nousi n. 100 kg/ha, josta määrästä n. puolet oli mukuloissa. KUNKELIN ym. (1973) tutkimuksissa Russet Burbank-perunan sisältämä kokonais N-määrä oli syksyllä n. 160 kg/ha ja mukulasadossa poistui n. 30 kg 10 tonnia kohti.

Typpilannoitus vaikutti oletetusti perunan käyttämään typpimäärään, vuosittain tosin vaihtelevalla tavalla (N, AN, Piiros 6). Typpilannoitus lisäsi kasvukauden kuluessa eniten varsiston typpimäärää, mutta kasvukauden loppupuolella myös mukulasadon typpimäärä kasvoi typpilannoituksen mukaan. Varsien N-pitoisuus nousi varsinkin alkukesästä typpilannoitusta lisättäessä, kuten myös CARPENTER (1963) totesi. Varsien N-pitoisuus

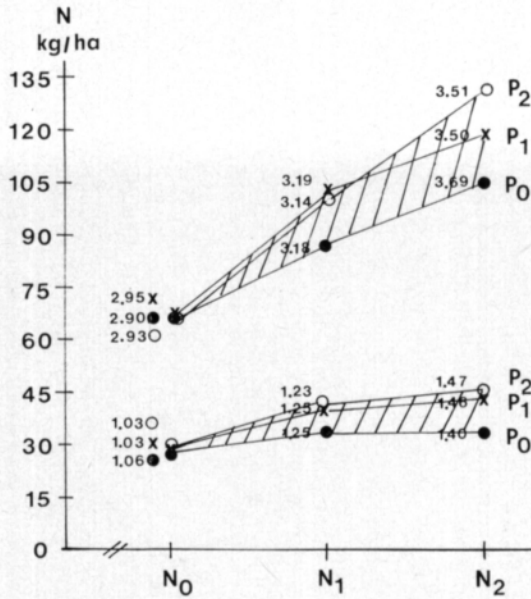


Piirros 6. N-lannoituksen vaikutus Pito-perunan typen käyttöön kasvukauden aikana.
 Figure 6. Effect of N application on N uptake of Pito potato during the growing period.

aleni syksyä kohti, mutta mukuloiden N-pitoisuus nousi syksyllä, mikä osoittaa typen siirtymistä varsistosta mukuloihin. Tyypeä siirtyi mukuloihin sitä enemmän mitä runsaampaa typpilannoitusta käytettiin (yhdysoikutukset BN, ABN, CN, ACN ja BCN). CARPENTERIN (1957) mukaan typen siirtyminen varsistosta mukuloihin alkoi 95 pv:n kasvuajan jälkeen.

Merkille pantavaa on, että N₀-tasolla peruna käytti jo keskimäärin 83 kg/ha tyyppiä, N₁-tasolla (100 kg N) 129 kg, ja N₂-tasolla (200 kg N) 155 kg tyyppiä. Mukulasadossa maasta poistui 51–75 kg tyyppiä, joten maan typpi-varasto lisääntyi typpellä lannoitettaessa huomattavasti varsien jäädessä maahan ja osan tyypestä jäädessä kokonaan käyttämättä.

Fosforilannoitus lisäsi myös perunan typen käyttöä, tosin vuosittain vaihtelevassa määrässä (P, AP, ABP, ACP). Tämä johtui kuitenkin pääasiassa fosforilannoituksen aiheuttamasta kuiva-ainesadon lisääntymisestä. Yhdysoikutus BCP osoitti, että fosforilannoitus vaikutti myös typen määrien suhteeseen varsissa ja mukuloissa kasvukauden aikana. Nämäkin muutokset johtuivat ainoastaan kuiva-aineen määrän muutoksista (vrt. Piirros 3). Varsien kuiva-aineen N-pitoisuus näytti tosin alenevan kasvukauden loppupuolella P-lannoitusta lisättäessä, mikä ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä. Samanaikaisesti mukuloiden kuiva-aineen määrä lisääntyi selvästi typpipitoisuuden silti alenematta. Nämä ilmiöt viittaavat runsaan fosforilannoituksen kykyyn nopeuttaa typen siirtymistä varsista mukuloihin.



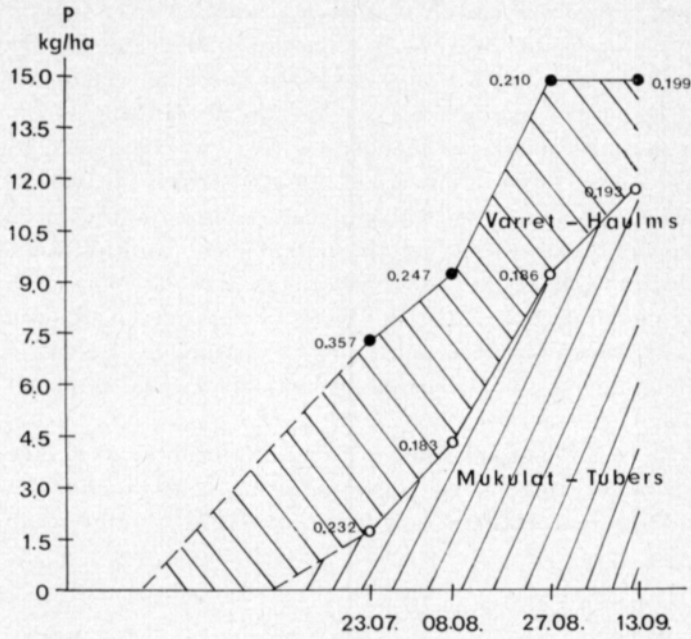
Piirros 7. NP-yhdysvaikutus Pito-perunan typen käyttöön.
 Figure 7. NP interaction effect on N uptake of Pito potato.

Typellä ja fosforilla oli myös yhdysvaikutus, tosin vuosittain vaihteleva (NP, ANP, Piirros 7). Sen mukaan typen ja fosforin sopiva suhde (N_1P_1 tai N_2P_2) aiheutti perunalla suurimman typen käytön. Lisäksi yhdysvaikutus CNP osoitti, että kuiva-aineen N-pitoisuus laski varsissa ja nousi mukuloissa fosforilannoitusta lisättäessä N_2 -tasolla. Tämä tulos oli myös osoituksena typen nopeammasta varastoitumisesta mukuloihin runsasta fosforilannoitusta käytettäessä. Ruotsalaisissa tutkimuksissa todettiin fosforilannoituksen alentavan jossain määrin mukuloiden N-pitoisuutta (HAHLIN ja JOHANSSON 1973).

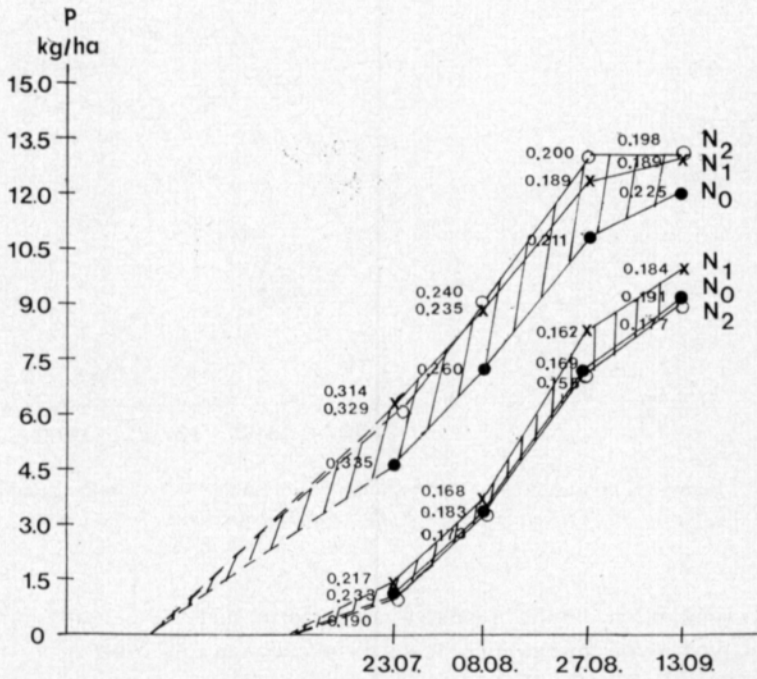
Kalilannoitus ei vaikuttanut perunan typen käyttöön. Ainoastaan jonakin vuonna typellä ja kaliumilla sekä fosforilla ja kaliumilla oli yhdysvaikutuksia (ANK, APK). Myös kaikilla ravinteilla oli yhdysvaikutus (NPK). Runsaiden typpi- ja fosforimäärien ollessa kyseessä (N_1 , N_2 , P_1 , P_2) kaliumin määrällä oli vaihteleva, vaikeasti tulkittava vaikutus perunan typen käyttöön. [HAHLIN ja JOHANSSON (1973) totesivat samoin kalilannoituksen epä-säännöllisen vaikutuksen perunoiden N-pitoisuuteen.

Fosfori

Perunan käyttämä fosforimäärä vaihteli vuosittain (A) ja lisääntyi kasvukauden kuluessa (B). Kokonaisfosforimäärä oli N_1P_2 -lannoitusta käytettäessä suurimmillaan n. 15 kg/ha. Mukulasadon fosforimäärä nousi säännöllisesti ol- len syksyllä suhteellisen suuri, n. 11 kg/ha (C). Varsien fosforimäärä sen sijaan pysyi suhteellisen muuttumattomana koko kasvukauden ajan (BC, Piirros 8).



Piirros 8. Pito-perunan fosforin käyttö kasvukauden aikana.
 Figure 8. P uptake of Pito potato during the growing period.

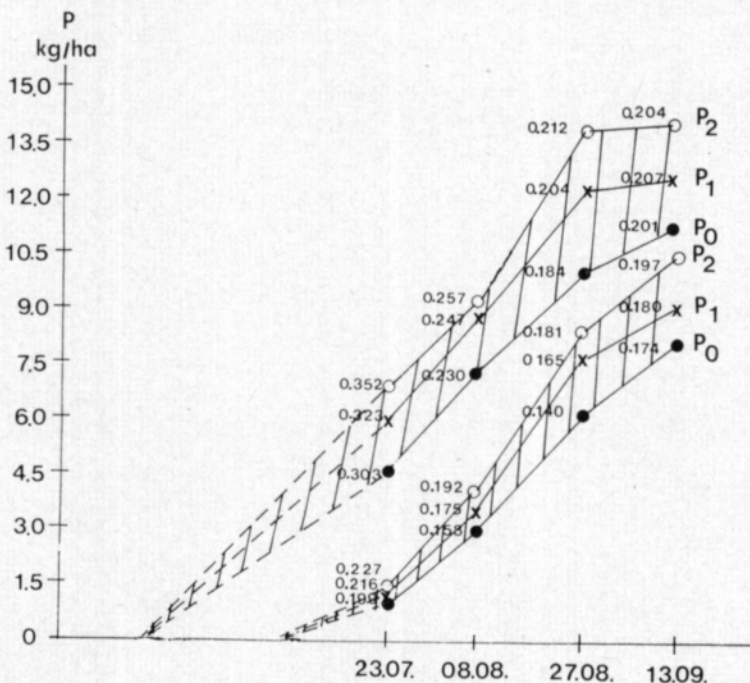


Piirros 9. N-lannoituksen vaikutus Pito-perunan fosforin käyttöön kasvukauden aikana.
 Figure 9. Effect of N application on P uptake of Pito potato during the growing period.

Kaikki nämä muutokset johtuivat sekä kuiva-aineen määrän että sen fosforipitoisuuden vaihteluista. Vuotuiset vaihtelut olivat huomattavat (AB, AC, ABC). CARPENTERIN (1957) tutkimuksissa perunan kokonaisfosforimäärä nousi n. 12 kg:aan/ha, mukuloiden 7.4 kg:aan/ha. KUNKELIN ym. (1973) tutkimuksessa mukulasadossa poistui fosforia (P) 7 kg 10 tonnia kohti.

Typpilannoitus lisäsi koko kasvin, erityisesti varsiston fosforinottoa pääasiassa lisääntyneen kuiva-aineen tuotannon myötä (N, AN, CN, ACN). Kuitenkin sekä varsiston että mukuloiden fosforipitoisuudet alenivat typpilannoitusta lisättäessä, joten fosforimäärät eivät nousseet yhtä paljon kuin kuiva-ainesadot (BN, ABN, Piirros 9). Runsas typpilannoitus (N₂) näytti sitäpaitsi hidastavan fosforin siirtymistä mukuloihin kasvukauden lopulla (BCN), mikä ilmiö näkyy varsiston ja mukuloiden kuiva-aineen fosforipitoisuuksien kehityksessä.

Fosforilannoitus lisäsi perunan fosforin käyttöä kuiva-ainesatoa lisäämällä ja myös kuiva-aineen fosforipitoisuutta nostamalla (P, AP, Piirros 10). Saman totesivat HAHLIN ja JOHANSSON (1973). Suuri fosforimäärä (P₂)



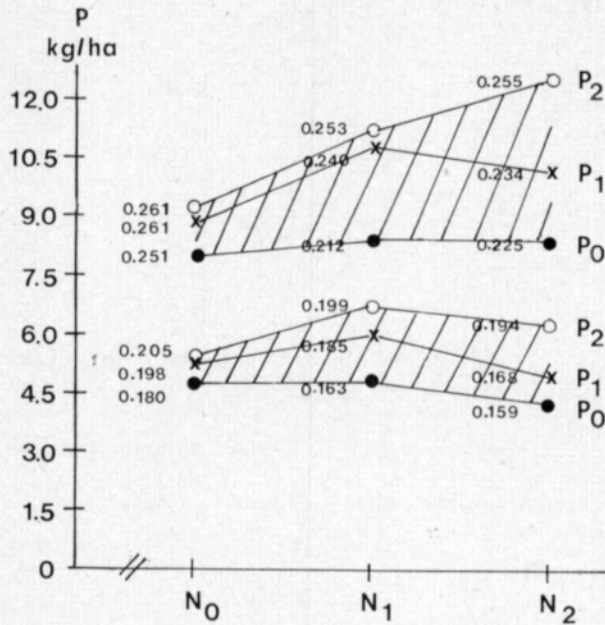
Piirros 10. P-lannoituksen vaikutus Pito-perunan fosforin käyttöön kauden aikana.
 Figure 10. Effect of P application on P uptake of Pito potato during the growing period.

näytti kasvukauden lopulla nopeuttavan fosforin siirtymistä mukuloihin, mikä näkyy varsiston ja mukuloiden fosforipitoisuuksien muutoksista kasvukauden lopulla (BP, CP, BCP). Vuotuista vaihtelua esiintyi (ABP).

Kalilannoituksen vaikutus perunan fosforin käyttöön oli merkityksetön (ACK). HAHLIN ja JOHANSSON (1973) totesivat kalilannoituksen

lievästi alentavan mukuloiden fosforipitoisuutta, mutta kalilannoituksen vaikutus perunan fosforikäyttöön kokonaisuudessaan oli merkityksetön.

Typellä ja fosforilla oli myös fosforin käyttöön nähden yhdysvaikutus (NP, ANP), mikä ei rajoittunut yksinomaan kuiva-aineen määrän muutok-



Piirros 11. NP-yhdysvaikutus Pito-perunan fosforin käyttöön.
Figure 11. NP interaction effect on P uptake of Pito potato.

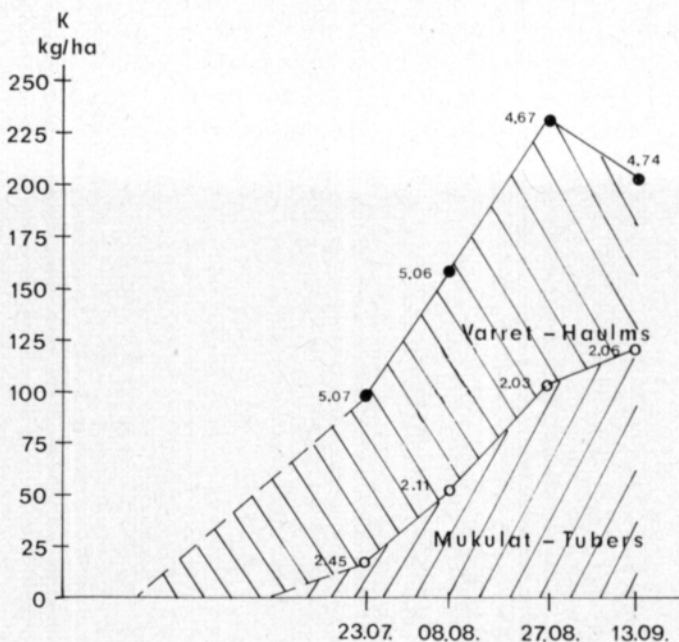
siin (Piirros 11). Typpilannoitusta lisättäessä koko kasvin ottama fosforimäärä lisääntyi sekä kuiva-aineen määrän lisääntyessä että sen fosforipitoisuuden noustessa N₁-tasoon saakka. N₂-tasolla sen sijaan fosforimäärä lisääntyi ainoastaan P₂-lannoituksella. Mukuloiden fosforimääriin ja -pitoisuuksiin runsas typpilannoitus (N₂) vaikutti vielä jarruttavasti kuin koko kasviin (CNP).

Typellä ja kaliumilla oli jonakin vuonna yhdysvaikutus (ANK), samoin kaikilla ravinteilla (NPK). Näistä kävi selville, että runsasta N- tai NP-lannoitusta (N₂, N₂P₂) käytettäessä perunan ottama fosforimäärä aleni erityisesti, jos kalilannoitusta lisättiin samanaikaisesti.

Perunan käyttämä fosforimäärä oli vain murto-osa lannoituksena annettusta. P₀-tasolla se nousi 11 kg:aan ja P₂-tasolla (174 kg/ha P) 15 kg:aan. Mukulasadon osuus koko fosforimäärästä oli vastaavasti 8–11 kg/ha.

Kalium

Perunan käyttämä kaliummäärä vaihteli myös vuosittain (A) ja suureni kasvukauden aikana (B). Kokonaiskaliummäärä oli kolmannessa nostossa N₁P₂-lannoituksella 230 kg/ha. Mukuloissa oli tällöin syksyllä kaliumia 122



Piirros 12. Pito-perunan kaliumin käyttö kasvukauden aikana.

Figure 12. K uptake of Pito potato during the growing period.

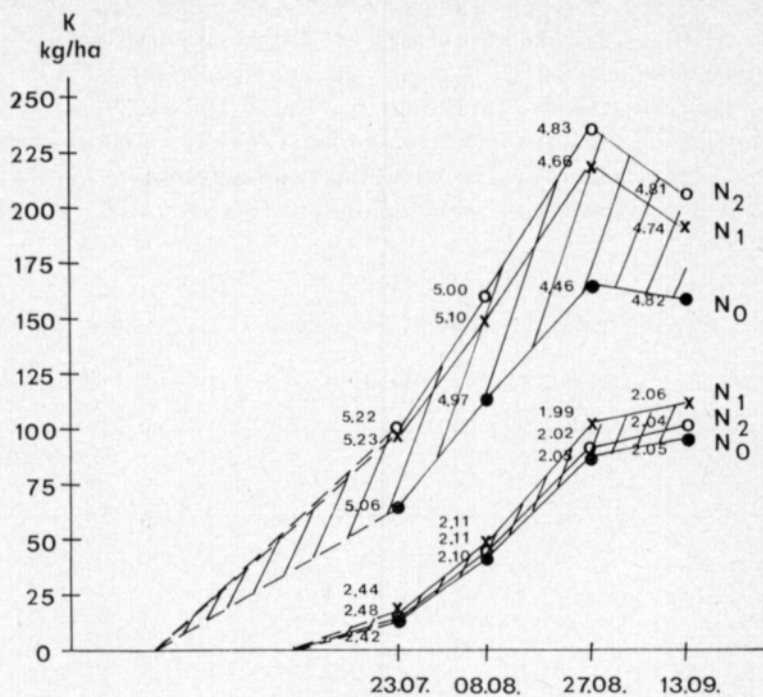
kg/ha. Lehtien ja varsien kaliummäärä oli erilainen (C) ja muuttui kasvukauden kuluessa (BC, Piirros 12). Kaikki nämä muutokset johtuivat sekä kuiva-aineen määrän että sen kaliumpitoisuuden muutoksista. Kaikissa eroissa oli vuotuista vaihtelua (AB, AC, ABC). CARPENTERIN (1957) tutkimuksissa oli vastaavasti kaliumin kokonaismäärä n. 190 kg/ha, josta mukuloissa n. 85 kg. KUNKELIN ym. (1973) tutkimuksissa kaliumia oli mukulasadossa 44 kg/10 tn.

Typpilannoitus lisäsi perunan kaliumin käyttöä (N, AN, BN, ABN). Tämä johtui suurimmaksi osaksi kuiva-ainesadon lisääntymisestä, mutta jossain määrin myös samanaikaisesta kuiva-aineen kaliumpitoisuuden noususta (Piirros 13).

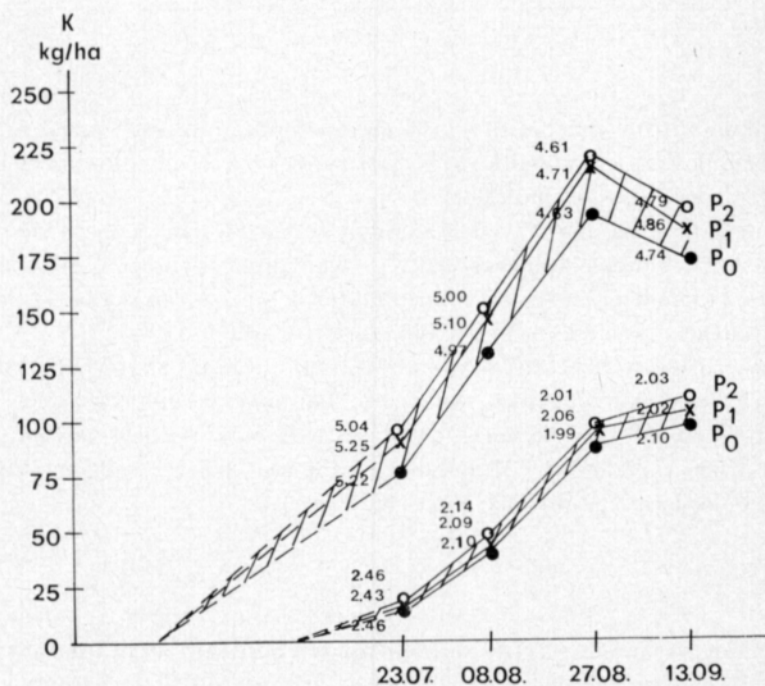
Typpilannoitus lisäsi pääasiassa varsiston kaliummäärää ja myös sen kaliumpitoisuutta. Sen sijaan mukuloiden kaliumpitoisuus pysytteli sangen tasaisena typpilannoituksesta riippumatta (CN, ACN, BCN).

Fosforilannoitus lisäsi perunan kaliuminottoa (P, ABP), mutta enemmän varsiston kuin mukuloiden (CP, Piirros 14). Fosforilannoituksella näytti toisaalta olevan taipumusta jarruttaa perunan kaliumin ottoa, sillä runsas fosforimäärä (P_2) alensi kasvukauden lopulla varsiston kuiva-aineen kaliumpitoisuutta. Samoin molemmat käytetyistä fosforiannoksista (P_1 ja P_2) pitivät mukuloiden kaliumpitoisuudet kasvukauden lopulla alhaisina. Samoin HÄHLIN ja JOHANSSON (1973) totesivat fosforilannoituksen pystyvän vähentämään perunan kaliumin ottoa.

Kalilannoitus ei näissä koeoloissa lisännyt merkittävästi perunan käyttämää kaliummäärää, vaikkakin kuiva-aineen kaliumpitoisuus nousi



Piirros 13. N-lannoituksen vaikutus Pito-perunan kaliumin käyttöön kasvukauden aikana.
 Figure 13. Effect of N application on K uptake of Pito potato during the growing period.



Piirros 14. P-lannoituksen vaikutus Pito-perunan kaliumin käyttöön kasvukauden aikana.
 Figure 14. Effect of P application on K uptake of Pito potato during the growing period.

(K, AK, ABK). Nousu kohdistui sekä lehdistöön että mukuloihin, tosin voimakkaampana edelliseen (K, ACK). Kaliumpitoisuuden nousun totesivat myös CARPENTER (1963) sekä HÄHLIN ja JOHANSSON (1973).

Ravinteilla oli muutamia yhdysvaikutuksia. Yhdysvaikutukset NP, ANP ja CNP noudattivat kuiva-ainesadoissa todettuja muutoksia. Tyvellä ja kaliu-milla oli myös yhdysvaikutus kaliumpitoisuuksiin (NK, ANK ja CNK, Taulukko 2).

Taulukko 2. Typen ja kalin yhdysvaikutus Pito-perunan lehtien ja mukuloiden K-pitoisuuksiin.

Table 2. NK interaction effect on the K content of haulms and tubers of Pito potato.

Lannoitus <i>Treatment</i>	Varsisto <i>Haulms</i>	Mukulat <i>Tubers</i>
N ₀ K ₀	4.80	2.14
N ₀ K ₁	4.84	2.13
N ₀ K ₂	4.84	2.18
N ₁ K ₀	4.78	2.10
N ₁ K ₁	4.96	2.16
N ₁ K ₂	5.04	2.18
N ₂ K ₀	4.70	2.07
N ₂ K ₁	5.00	2.16
N ₂ K ₂	5.23	2.25
PME — LSD (5 %)	0.22	0.08

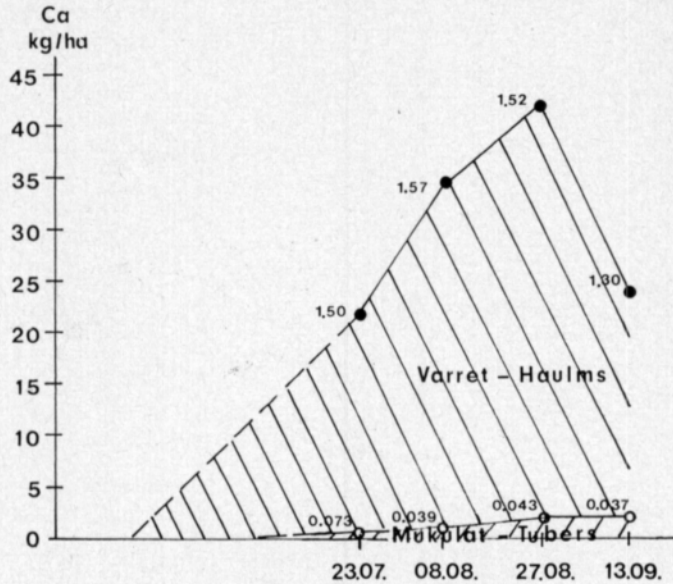
Kalilannoitusta lisättäessä kuiva-aineen kaliumpitoisuus nousi ainoastaan, jos samanaikaisesti käytettiin riittävästi typpeä. Ero oli suurempi lehdistössä, mutta tuli esille myös mukuloissa.

Fosforilannoitus muutti vielä kalilannoituksen kanssa perunan kaliumin käyttöä kasvukauden kuluessa (BPK). Kalilannoitus lisäsi perunan kaliumin ottoa kasvukauden alussa lukuunottamatta P₂-tasoa. Syksyllä kalilannoituksen vaikutusta ei näkynyt millään fosforitasolla.

Lannoituksessa annetuista kaliummääristä peruna käytti vain osan. K₀-tasolla Pito-peruna käytti keskimäärin kaliumia jo 199 kg/ha ja K₂-tasolla (332 kg/ha K) 214 kg/ha. N₁P₂-tasolla K-määrä nousi, kuten edellä on esitetty, 230 kg:aan/ha. Mukuloissa kaliumia poistui maasta vastaavasti 103–104 kg/ha, N₁P₂-tasolla jopa 122 kg.

Kalsium

Perunan kalsiumin käyttö vaihteli myös vuosittain (A) ja lisääntyi kasvukauden kuluessa (B). Kalsiumista, jonka määrä N₁P₂-lannoituksella oli suurimmillaan 42 kg/ha, oli syksyllä mukuloissa vain pieni osa, 2,2 kg/ha (C). Varsiston kalsiumpitoisuus nousi kasvukauden alkupuolella, mutta aleni



Piirros 15. Pito-perunan kalsiumin käyttö kasvukauden aikana.
 Figure 15. Ca uptake of Pito potato during the growing period.

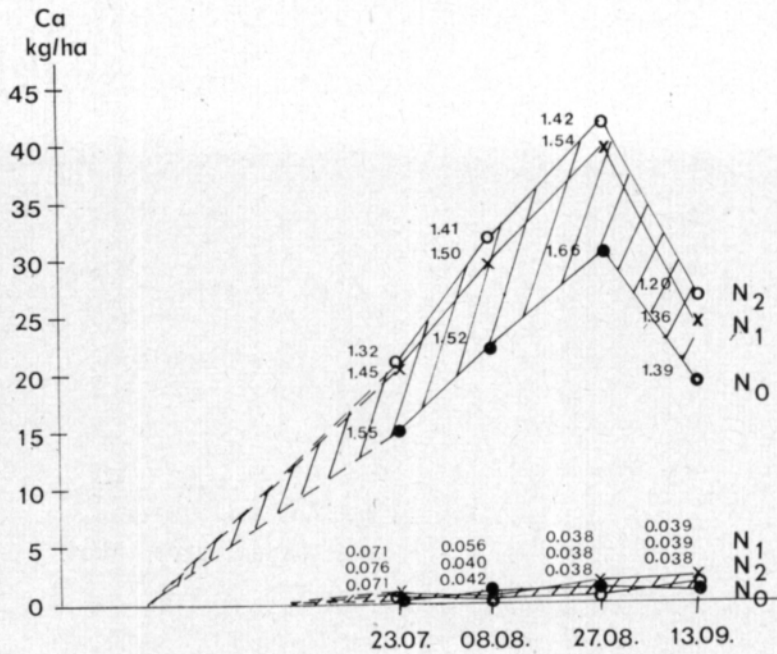
syksyllä. Mukuloiden Ca-pitoisuus pysyi alhaisena koko kasvukauden loppupuolen (BC, Piirros 15). Vuotuista vaihtelua esiintyi (AB, AC, ABC). CARPENTERIN (1957) tutkimuksessa kalsiumin kokonaismäärä nousi 24 kg:aan/ha, mukuloiden kalsiummäärä peräti 6 kg:aan/ha. KUNKELIN ym. (1973) tutkimuksissa kalsiumia (Ca) poistui maasta 0.8 kg/10 tn.

Typpilannoitus vaikutti perunan kalsiumin käyttöön toisaalta lisäämällä kuiva-ainesadon määrää (N, AN, ABN), mutta toisaalta alentamalla kuiva-aineen kalsiumpitoisuutta (CN, ACN, Piirros 16). Kalsiumin saanti siis vaikeutui typpilannoitusta lisättäessä. Vaikutus kohdistui pääasiassa varsistoon, sillä mukuloiden kalsiummäärät ja -pitoisuudet riippuivat varsin vähän typpilannoituksesta (BCN).

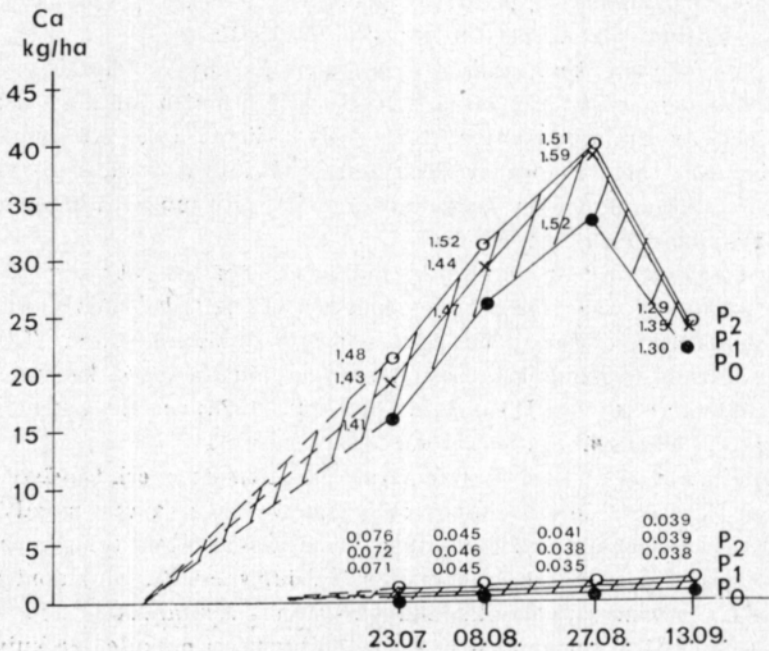
Fosforilannoituksen kalsiumin käyttöä lisäävä vaikutus perustui pääasiassa kuiva-aineen määrän kasvamiseen (P, AP, BP, ABP, Piirros 17). Fosforilannoituskin lisäsi pääasiassa varsiston kalsiummäärää (CP, ACP), mutta runsas fosforilannoitus edisti kuitenkin hiukan myös kalsiumin siirtymistä mukuloihin (BCP). HAHLIN ja JOHNSON (1973) totesivat samoin fosforilannoituksen edistävän perunan kalsiumin käyttöä.

Kalilannoitus ei keskimäärin vaikuttanut merkittävästi perunan kalsiumin käyttöön, joskin suunta oli vähenevä. Kuiva-aineen kalsiumpitoisuus aleni keskimäärin kalilannoitusta lisättäessä. Kohtuullinen kalimäärä (K_1) näytti jossain määrin muuttavan kalsiumsuhdetta mukuloiden eduksi (CK, ACK) pääasiassa vähentämällä varsiston kalsiummäärää. HAHLININ ja JOHANSSONIN (1973) tutkimuksissa kalilannoitus nosti mukuloiden kuiva-aineen Ca-pitoisuutta, mutta ei vaikuttanut kalsiumin kokonaismääriin.

Ravinteilla oli muutamia yhdysvaikutuksia (NP, NK, ANP, BPK, CNP,



Piirros 16. N-lannoituksen vaikutus Pito-perunan kalsiumin käyttöön kasvukauden aikana.
 Figure 16. Effect of N application on Ca uptake of Pito potato during the growing period.

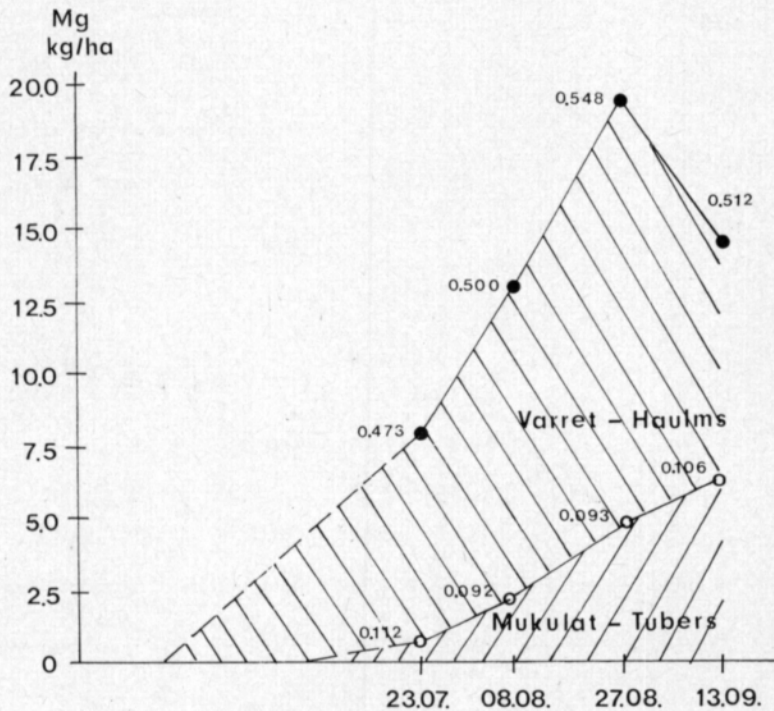


Piirros 17. P-lannoituksen vaikutus Pito-perunan kalsiumin käyttöön kasvukauden aikana.
 Figure 17. Effect of P application on Ca uptake of Pito potato during the growing period.

CNK), jotka kuitenkin suurimmaksi osaksi noudattivat kuiva-aineen muutoksia. Lievä yhdysvaikutus NPK osoitti kalsiummäärän nousevan suurimmaksi kun kalia käytettiin niukasti typpeen ja fosforiin verrattuna ($N_1P_1K_0$, $N_2P_2K_0$, $N_2P_2K_1$). Typpi ja kali vaikuttivat yhdessä varsiston kuiva-aineen kalsiumpitoisuuksiin siten, että ne lisäsivät toistensa kuiva-aineen kalsiumpitoisuutta alentavaa vaikutusta (N_0K_0 1.57, N_2K_2 1.29). Mukuloissa ei tätä yhdysvaikutusta todettu.

Magnesium

Perunan magnesiumin käyttö vaihteli vuosittain (A) ja lisääntyi kasvukauden kuluessa (B). Magnesiumin kokonaismäärä nousi N_1P_2 -lannoituksella kolmannessa nostossa 19 kg:aan/ha. Mukuloissa oli syksyllä tällöin magnesiumia 6 kg/ha. Pääosa magnesiumista oli siten lehdistä (C), joista sitä kasvukauden lopulla näytti siirtyvän mukuloihin (Piiros 18). Kaikissa näissä muu-



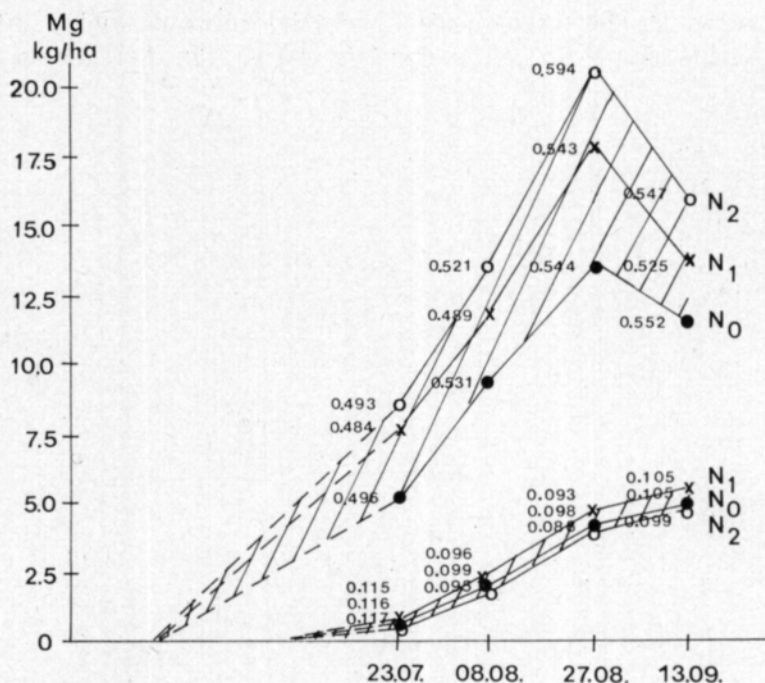
Piiros 18. Pito-perunan magnesiumin käyttö kasvukauden aikana.

Figure 18. Mg uptake of Pito potato during the growing period.

toksissa oli vuotuista vaihtelua (AB, AC, BC, ABC), mikä johtui sekä kuiva-aineen määrän että sen Mg-pitoisuuden vaihtelusta. CARPENTERIN (1957) tutkimuksissa peruna käytti magnesiumia paljon runsaammin, n. 90 kg/ha, mistä määrästä n. puolet oli mukuloissa. Tosin hänen myöhemmissä tutkimuksissaan

perunan ottamat magnesiummäärät olivat osittain huomattavasti pienempiä, vaihdellen 14–105 kg/ha (CARPENTER 1963). Mg-pitoisuudet varsinkin mukuloissa olivat hänen tutkimuksissaan huomattavasti korkeampia kuin selostettavassa tutkimuksessa. KUNKELIN ym. (1973) tutkimuksissa mukulasadon sisältämä Mg-määrä oli 2.5 kg/10 tn, eli samaa suuruusluokkaa kuin selostettavassa tutkimuksessa.

Typpilannoitus vaikutti keskimäärin perunan magnesiumin käyttöön kuiva-aineen määrän suhteessa (N, AN, BN, ABN). Kuitenkin typpilannoitusta lisättäessä varsiston Mg-pitoisuus osittain aleni. Runsas typpilannoitus (N₂) alensi myös mukuloiden Mg-pitoisuutta kasvukauden lopulla, mikä osoittaa magnesiumin hidastunutta siirtymistä lehdistä mukuloihin (CN, ACN, BCN, Piirros 19).

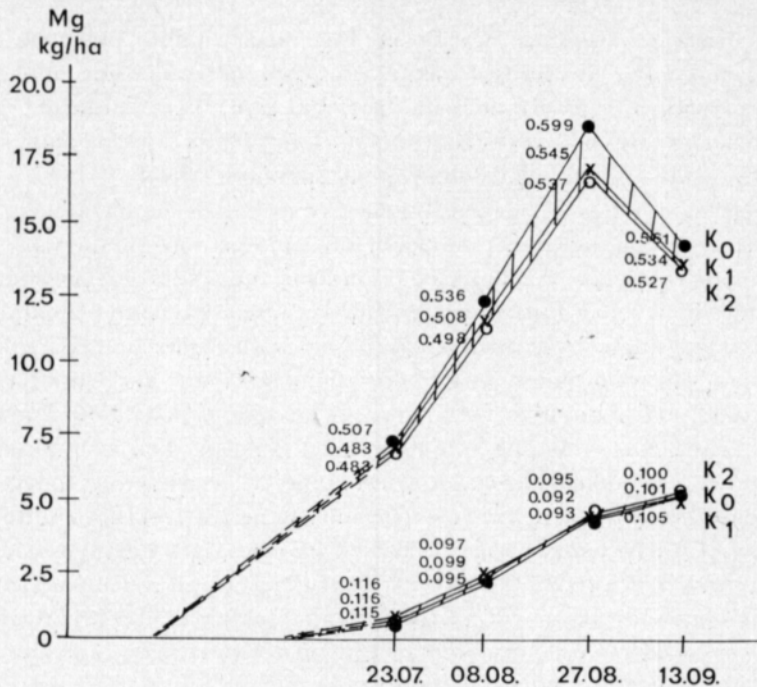


Piirros 19. N-lannoituksen vaikutus Pito-perunan magnesiumin käyttöön kasvukauden aikana.

Figure 19. Effect of N application on Mg uptake of Pito potato during the growing period.

Fosforilannoitus lisäsi perunan magnesiumin käyttöä yleensä samassa suhteessa kuin kuiva-ainesatoakin (P, AP, ABP, BCP). Ainoastaan varsiston Mg-pitoisuus nousi v. 1967 ja laski v. 1968 fosforilannoitusta lisättäessä. Mukuloiden lievä Mg-pitoisuuden lasku fosforilannoitusta lisättäessä ei ollut joka vuosi merkitsevä (P, ACP). HAHLIN ja JOHANSSON (1973) totesivat myös fosforilannoituksen lievästi alentavan mukuloiden Mg-pitoisuutta, mutta lisäävän magnesiumin kokonaiskäyttöä.

Kalilannoitus vähensi varsiston magnesiumin saantia ja alensi



Piirros 20. K-lannoituksen vaikutus Pito-perunan magnesiumin käyttöön kasvukauden aikana.
 Figure 20. Effect of K application on Mg uptake of Pito potato during the growing period.

myös sen kuiva-aineen Mg-pitoisuutta (K, CK, ACK, Piirros 20). Mukuloiden magnesiummääriin ja -pitoisuuksiin kalilannoituksen vaikutus oli vähäinen.

Typellä ja fosforilla oli yhdysvaikutuksia (NP, ANP, CNP). Vaikutukset noudattivat pääasiassa kuiva-aineen mukaista suuntaa. Fosforilannoituksella näytti kuitenkin olevan taipumusta estää mukuloiden Mg-pitoisuuden laskua runsasta typpilannoitusta käytettäessä. Yhdysvaikutus NPK osoitti samaa suuntaa kuin kalsium (vrt. sivu 12).

Tulosten tarkastelua

Edellä esitettyjä tuloksia arvioitaessa on otettava huomioon, että ne on saatu vain yhdellä koepaikalla järjestetyistä kokeista. Sen vuoksi niissä on heijastumia koemaan ominaisuuksista.

Typpeä ja kaliumia Pito-peruna käytti runsaasti ja varsinkin kaliumin määrät olivat suuria verrattuna muihin tutkimuksiin (vrt. sivut 543). Kaliumin suhteen satotulokset viittaavatkin siihen, että suurin osa Pito-perunan käytämästä lannoituksen kaliumista oli tarpeetonta tuhlauskäyttöä. Näissä koeolosuhteissa fosforin saanti näytti olevan suhteellisen vaikeaa päätellen fosforilannoituksen hyvästä tehosta. Fosforilannoituksen lisääminen suurimmasta P₂-määrästäkin olisi vielä saattanut johtaa mukuloiden kuiva-ainesadon lisääntymiseen. Osa fosforilannoituksen vaikutuksesta oli ilmeisesti fysiologista, kehitystä nopeuttavaa, mikä myöhäisen Pito-lajikkeen ollessa kysymyksessä oli mukulasadon kannalta etu (vrt. VARIS 1973c).

Pito-perunan kalsiumin käyttö ei huomattavammin poikennut muista tutkimustuloksista. Kalsiumin määrä oli tosin niukanlainen, mutta todennäköisesti riittävä, sillä saadut mukulasadot eivät korreloituneet vuotuisiin kalsiummääriin eivätkä myöskään maan Ca-arvoihin, joten ainakaan tätä kautta ei voida osoittaa kalsiumin puutosilmiöitä.

Pito-perunan ottama magnesiummäärä oli myös niukanlainen, vaikka koemaassa viljavuusanalyysin mukaan oli runsaasti magnesiumia. Nimeno- maan amerikkalaisissa tutkimuksissa herättää huomiota magnesiummäärien suuri vaihtelu. Useissa tapauksissa peruna on niissä käyttänyt moninkertaisen määrän magnesiumia verrattuna tässä saatuihin tuloksiin. Samalla myös mukuloiden Mg-pitoisuudet ovat olleet huomattavan korkeat (CARPENTER 1957 ja 1963). CARPENTERIN tutkimuksissa oli esim. syksyllä 1955 perunoiden kuiva-aineen $K/Ca + Mg$ 1.8, v. 1956 8.8. samoissa koeolosuhteissa. Näin suuria kuiva-aineen koostumuksen vaihteluita ei yleensä ole todettu.

Näiden koetulosten perusteella ei liene aihetta periaatteellisiin muutoksiin käsiteltäessä perunan lannoitusosuuksia. Tätä koesarjaa koskevassa aikaisemmassa raportissa (VARIS 1973 c) on jo viitattu typen ja fosforin yhdysvaikutukseen sadon muodostuksen rytmiä säätelevänä tekijänä. Tässä tutkimuksessa N/P oli keskimäärin N_1P_2 -tasolla 9.1, mitä lienee pidettävä sopivana myöhäisille perunalajikkeille. Aikaisten lajikkeiden syyssatoa tuottaessa N/P voinee nousta yli 10. Typpi-fosfori -suhteen säätely käytännössä tuottaa kuitenkin vaikeuksia sen takia, että perunan saatavissa olevan fosforin määrä on vaikea arvioida fosforin pidättymisen takia.

Toisen tärkeän ravinneryhmän muodostavat K, Ca ja Mg. Näiden välisiä suhteita kasvit pyrkivät myös säätelemään. Tässä tutkimuksessa $K/Ca + Mg$ oli kasvukauden aikana keskimäärin 3.9 ja K/Ca 5.7, mikä viittaa kalin yliannostukseen.

Koesarjassa todetut yhdysvaikutukset NK ja PK sekä NPK osoittavat myös NP- ja toisaalta $KCaMg$ -ryhmän välisen kytkennän. Optimaalisia suhteita on koemaan runsaan kalipitoisuuden ja kalin heikon vaikutuksen vuoksi vaikea päätellä. N_1P_2 -tasolla K/N oli 1.7 ja K/P 15.2. Nämä suhteet voivat kuitenkin olla tarpeettoman suuria koemaan ominaisuuksista johtuen.

Perunan lannoituksen oikean estimoinnin suurin vaikeus on maiden erilainen ravinnepitoisuus ja ravinteiden erilainen sitoutuminen sekä lisäksi sääolojen suuri vaikutus ravinteiden saantiin. Sen vuoksi tarvitaan runsaasti koetuloksia ja myös tilastoaineistoa, kun pyritään tarkennettuihin lannoitusohjeisiin maaperän ominaisuudet, lajike ja ilmasto-olot huomioon ottaen. Eräissä maissa, mm. Hollannissa ja Puolassa, tällaisia sovellutuksia on tosin jo olemassa. Tarkennettujen ohjeiden käyttöä varmentaa suuresti, jos vuotuista säiden aiheuttamaa satojen ja ravinteiden saannin suurta vaihtelua voidaan pienentää kastelulla.

Yhteenveto

Hankkijan kasvinjalostuslaitoksen Anttilan koetilalla selvitettiin vuosina 1967, 1968 ja 1970 Pito-perunan ravinteiden ottoa erilaista NPK-lannoitusta

käytettäessä. N-määrät olivat 0, 100 ja 200 kg/ha, P-määrät 0, 87 ja 174 kg/ha ja K-määrät 0, 166 ja 332 kg/ha.

Suurin mukuloiden kuiva-ainesato saatiin N_1P_2 lannoituksella, 5 793 kg/ha. Tällöin kokonaiskuiva-ainesato nousi 8 016 kg:aan/ha. Mukulasadon kannalta optimilannoitusta N_1P_2 käytettäessä Pito-perunan ravinteiden kokonaiskäyttö oli (kg/ha) 129 N, 15 P, 230 K, 42 Ca ja 19 Mg. Mukulasadossa oli tällöin (kg/ha) 75 N, 11 P, 122 K, 2.2 Ca ja 6 Mg.

Typpilannoitus lisäsi typen käyttöä sekä lisäämällä kuiva-ainesatoa että nostamalla sekä varsiston että mukuloiden kuiva-aineen N-pitoisuutta. Typenkäytön lisäys kohdistui pääasiassa varsistoon. Fosforin kulutus lisääntyi myös, mutta sen suhteellinen saanti vaikeutui ja sen siirtyminen mukuloihin hidastui. Kaliumin käyttö lisääntyi ja samalla varsiston K-pitoisuus nousi. Kalsiumin käyttö lisääntyi, mutta samalla lehdistön Ca-pitoisuus laski. Magnesiumin käyttö lisääntyi myös, mutta lehdistön Mg-pitoisuus aleni ja magnesiumin siirtyminen mukuloihin hidastui.

Fosforilannoitus lisäsi typen käyttöä kuiva-ainesadon nousun suhteessa. Typen siirtyminen mukuloihin nopeutui jossain määrin. Fosforin käyttö lisääntyi huomattavasti ja sekä varsiston että mukuloiden P-pitoisuudet nousivat. Fosforin siirtyminen mukuloihin myös nopeutui. Kalin kokonaiskäyttö lisääntyi, mutta sen suhteellinen osuus sekä varsistossa että mukuloissa pieni kasvukauden lopulla. Kalsiumin käyttö lisääntyi kuiva-ainesadon nousun suhteessa ja sen siirtyminen mukuloihin nopeutui hiukan. Magnesiumin käyttö lisääntyi yleensä kuiva-ainesadon suhteessa.

Kalilannoitus ei vaikuttanut selvästi Pito-perunan typen käyttöön. Fosforin kokonaiskäyttö ei myöskään muuttunut, mutta sen saanti vaikeutui samanlaisen runsaan N-lannoituksen kanssa. Kalin kokonaiskäyttö ei myöskään muuttunut, vaikka varsinkin varsiston K-pitoisuus nousi. Kalsiumin käyttö ei muuttunut merkitsevästi, joskin suunta oli aleneva. Magnesiumin käyttö väheni ja lehdistön Mg-pitoisuus aleni.

- BENEPAL, P. S. 1967. Interrelations among plant nutrients, application levels on yield of potatoes. *Amer. Potato J.* 44: 187–194.
- CARPENTER, P. 1957. Mineral accumulation in potato plants. *Maine Agric. Exp. St. Bull.* 562: 1–23.
- CARPENTER, P. N. 1963. Mineral accumulation in potato plants as affected by fertilizer application and potato variety. *Maine Agric. Exp. St. Bull.* 610: 1–38.
- DJURLE, O. 1939. *Potatisen*. 117 p. Tukholma.
- ELLALA, A., LANNETTA, I., MARTTILA, M., MYLLYLÄ, M., PIETILÄ, A., SEPPÄNEN, E. & VARIS, E. 1971. *Ruokaperunaopas I*. 115 p. Helsinki.
- EMILSSON, B., FERNHOLM, H., GUSTAFSSON, N. & LJUNGBERG, G. 1968. *Handledning för utsädesodlare av potatis i Norrland*. 94 p. Uppsala.
- HAHLIN, M. & JOHANSSON, O. 1973. Fosfor- och kaliumgödning till matpotatis. *Lantbr.högsk. Medd. A*, 192: 1–47.
- HUNNIUS, W. 1972. *Verwertungsgerechter Kartoffelbau*. 184 p. Frankfurt.
- KUNKEL, R., HOLSTAD, N. & RUSSEL, T. S. 1973. Mineral element content of potato plants and tubers vs. yields. *Amer. Potato J.* 50: 275–282.
- LÜDDECKE, F. & BORCHMANN, W. 1961. *Nährstoffbedarf und Düngung. Die Kartoffel* 683–720. Berlin.
- SALONEN, T. 1962. *Perunan viljelyopas*. *Kasvinsuoj.seur. Julk.* 26: 1–55.
- SAULI, J. O. 1943. *Peruna*. 128 p. Helsinki.
- SEPPÄNEN, E. & VARIS, E. 1969. *Perunanviljelyn opas*. *Kasvinsuoj.seur. Julk.* 40: 1–72.
- TUORILA, P. 1929. Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung der Kartoffeln in Finnland. *Suom. Suovilj.yhd. Tiet. Julk.* 11: 1–73.
- VARIS, E. 1973 a. The effects of increasing NPK rates on the yield and quality of the Pito potato. *Acta Agr. Fenn.* 128, 1: 1–23.
- * — 1973 b. NPK-lannoituksen vaikutus perunoiden kemialliseen koostumukseen. *J. Scient. Agric. Soc. Finl.* 45: 468–482.
- * — 1973 c. NPK-lannoituksen vaikutus Pito-perunan satotekijöihin. *J. Scient. Agric. Soc. Finl.* 45: 489–500.