

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

ETELÄ-POHJANMAAN KOEASEMAN TIEDOTE N:o 2

TAPANI PUURUNEN JA SIRKKA-LIISA HIIVOLA

**OHRALAJIKKEIDEN
HAPPAMUUDENKESTÄVYYS**

**YLISTARO 1980
ISSN 0358-0385**

Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ	1
JOHDANTO	2
1. AINEISTO JA MENETELMÄT	3
1.1. Lajikkeet	3
1.2. Koepaikkatiedot	4
1.2.1. Maaperä ja lannoitus	4
1.2.2. Ilmastotiedot	5
1.3. Aineiston tilastollinen käsittely	7
1.3.1. Kaksisuuntainen varianssianalyysi ja DUNCANin multiple range -testi	8
1.3.2. Satoherkkyystesti	8
1.3.3. Mittauslukujen erotukset ja suhteelliset arvot	9
1.3.4. Muuttujien väliset korrelaatiot	9
2. TULOKSET	9
2.1. Kasvu ja kehitys	9
2.1.1. Korrenlujuus	9
2.1.2. Kasvuaika	12
2.1.3. Korkeus	12
2.2. Jyväsato	12
2.2.1. Lajikkeiden satoisuus	12
2.2.2. Lajikkeiden satoherkkyys	14
2.2.3. Vuosien vaikutus sadonvaihteluihin	17
2.2.4. Jyväsadon ja eräiden muuttujien väliset korrelaatiot	17
2.3. Sadon laatu	19
2.3.1. Jyvän koko	19
2.3.2. Hehtolitraino	20
2.3.3. Valkuaispitoisuus	20
2.4. Kevätviljojen happamuudenkestävyys	21
3. TULOSTEN TARKASTELU	22
KIRJALLISUUSLUETTELO	26

LIITTEET

TIIVISTELMÄ

Maatalouden tutkimuskeskuksen Etelä-Pohjanmaan koeasemalla on tutkittu viljalajien ja -lajikkeiden happamuudensietokykyä alunamailla (pH-rajat 4,5 - 4,8) lajikekokeilun yhteydessä. Kokeiden mukaan kaura tuotti happamilla mailla noin kaksinkertaisen sadon parhaisiinkin ohralajikkeisiin verrattuna, kevätvehnäkin oli ohraa satoisampi. Tulosten perusteella ohralajikkeet voidaan jakaa kahteen ryhmään happamuudenkestävyyden suhteen: kestäviin, joita ovat kaikki Suomessa jalostetut lajikkeet ja arkoihin, joita näyttävät olevan ulkomaiset 2-tahoiset lajikkeet. Satoisimpia lajikkeita happamissa oloissa olivat TEEMU (2660 kg/ha) ja PIRKKA (2590 kg/ha), heikkosatoisimmat olivat EVA (727 kg/ha) ja INGRID (925 kg/ha). Suomalalaisten ohralajikkeiden keskinäiset satoerot olivat niin vähäisiä, etteivät ne olleet tilastollisesti merkitseviä.

Happamissa maissa liukoisena esiintyvä 3-arvoinen alumiini vaikuttaa ohran kasvuun hyvin haitallisesti. Vielä on tosin ratkaisematta kysymys, johtuuko happamuudenarkuus alumiinista vai alhaisesta pH:sta. Happamilla mailla sadonalennus johtuu pääasiassa versoutumisen heikentymisestä, joka siten alentaa tähkälukua pinta-alaa kohti.

Happamuutta kestävät lajit ja lajikkeet pystyvät ilmeisesti aktiivisesti säätelemään happamuuden aiheuttamia vaikutuksia mm. säätelemällä juurten ympäristön pH:ta ja luomalla puskurijärjestelmiä. Juurten kationinvaihtokapasiteetti (CEC) on havaittu kestävillä ohralajikkeilla selvästi alemmaksi kuin aroilla lajikkeilla.

JOHDANTO

Ohran viljelyala Suomessa on lisääntynyt voimakkaasti kahden viimeisen vuosikymmenen aikana. Vuonna 1978 tämä oli jo n. 611 000 hehtaaria, mikä vastaa lähes neljännestä Suomen koko peltopinta-alasta. Ohran viljelyn lisäys on tapahtunut pääasiassa nurmen ja kevätvehnän viljelyalojen supistumisen seurauksena.

Kevätviljojen riskitutkimuksissa (MUKULA et al. 1977) todetaan, että meillä tärkein viljelyn riskitekijä on tavallisesti liian alhainen lämpötilasumma. Kuluvan vuosikymmenen alkupuolella edulliset sääolot suosivat kevätvehnän viljelyä. Sateiset ja kylmät vuodet, 1974, 1977 ja 1978 olivat vaikeita ohraa myöhäisemmille viljalajeille, kevätvehnälle ja kauralle. Tutkimukset osoittavat selvästi, että viljanviljelyn pohjoisrajoilla on ohra muita viljalajeja varmempi vaihtoehto.

Suomen maaperä on yleensä hapanta. Vaikeimmillaan happamuustilanne on Pohjanmaan rannikkoalueen sulfaattimailla ja Pohjois-Suomen turvemailla (KURKI 1972). Näillä alueilla maiden pH-luku on ilman kal-kitusta 4,5 - 5,0.

Kasvilajina ohra on todettu happamuuden- ja alumiininaraksi. Jo vuonna 1918 HARTWELL ja PEMBER totesivat, että ekvivalentit määrät rikkihappoa ja alumiinisulfaattia heikentävät ohran kasvua yhtä paljon. Huomattavaa on, että alumiinin myrkyllisyys lisääntyy pH:n laskiessa alle viiden (mm. MAGISTAD 1952). Suomalaisten ohralajikkeiden hyvä happamuudenkestävyys on todettu kaikissa alan tutkimuksissa. Suomessa maiden happamuus on niin yleistä, että on katsottu parhaaksi testata kaikki kauppaantulevat lajikkeet myös happamissa olosuhteissa.

Tämän työn tavoitteena oli selvittää kauraa riskittömämmän vaihtoehdon 'ohranviljelyn' mahdollisuuksia III ja IV-vyöhykkeiden happamilla viljelysmailla. Työssä keskityttiin erityisesti ohralajikkeiden happamuudenkestävyyden tutkimiseen. Numeroaineisto työhön on saatu MTTK:n Etelä-Pohjanmaan koaseman ohran lajikekokeista, jotka ovat olleet viljavalla savimaalla ja hyvin happamalla multamaalla.

1. AINEISTO JA MENETELMÄT

1.1. Lajikkeet

Happamuudenkestävyyskokeissa (1969-77) olleet ohralajikkeet ovat kaikki Suomessa yleisesti viljeltyjä kauppalajikkeita (taulukko 1). Testeissä ei ole mukana eräitä lajikkeita seuraavin perustein: niiden viljely on väistymässä, ovat niin uusia, ettei koetuloksia ole vielä riittävästi, sekä eräissä tapauksissa lajikkeiden samankaltaisuus. Näitä lajikkeita ovat mm. BIRGITTA, ARVO, BALDER, SUVI ja KAJSA.

Taulukko 1. Kokeissa olleet lajikkeet, jalostajat ja kauppantulovuosi sekä koevuodet.

Lajike	Jalostaja	Kauppantulo	Kokeissa
Paavo	Jokioinen	1960	1969 - 77
Pomo	"	1968	1969 - 77
Etu	"	1970	1969 - 77
Teemu	"	1977	1972 - 77
Pirkka	Hankkija	1952	1969 - 77
Otra	"	1959	1969 - 77
Karri	"	1967	1969 - 77
Hja 673	"	1973	1970 - 77
Aapo	"	1975	1970 - 77
Eero	"	1975	1975 - 77
Eva	Svalöf	1975	1974 - 77
Ingrid	Weibull	1957	1969 - 77

Koetuloksia tarkasteltaessa on huomioitava lajikkeen koevuosien lukumäärä, koska kasvukauden merkitys lyhyellä aikajaksolla on suuri. Keskiarvolukuihin näinollen on suhtauduttava varauksilla. Happaman maan koetulokset vuodelta 1969 puuttuvat. Tämä puute ei ilmeisesti kohtelee lajikkeita epäoikeudenmukaisesti.

1.2 Koenaikkatiedot

Ohran lajikekokeet ovat olleet Maatalouden tutkimuskeskuksen Etelä-Pohjanmaan koeasemalla, Ylistaron pitäjän Pelman kylässä. Koeasema sijaitsee Kyrönjoen varrella. Sen maantieteellinen sijainti on $62^{\circ} 56'$ pohjoista leveyttä ja $22^{\circ} 30'$ itäistä pituutta.

1.2.1. Maaperä ja lannoitus

Koeaseman maalajit sopivat erinomaisesti lajikkeiden happamuudenkestävyyden tutkimiseen. Savimaan lajikekokeet ovat olleet viljavilla liejusavi-tyyppisillä mailla (Sm, pH keskim. 5,8) ja happaman maan kokeet (Mm, pH keskim. 4,7) multamaalla, jonka pohjamaana on hyvin hapan liejusavi (taulukko 2). Hapan maa on Litorinamerivaiheen vaikutuksesta syntynyttä sulfaatti- eli alunamaata.

Taulukko 2. Maaperätiedot koevuosilta.

Vuosi	pH		Ca		K		P		Mg	
	Sm	Mm	Sm	Mm	Sm	Mm	Sm	Mm	Sm	Mm
1969	5,3	4,6	931	525	260	136	14,4	17,4	-	-
1970	5,3	4,7	931	706	260	169	14,4	14,0	-	-
1971	5,3	4,7	1215	705	225	170	14,4	14,0	125	37
1972	6,6	4,6	3215	655	188	189	63,0	15,9	293	36
1973	5,7	4,8	1750	815	240	262	22,6	14,6	145	44
1974	6,4	5,0	2300	400	250	190	35,8	14,4	175	35
1975	5,6	4,7	1450	300	240	140	17,0	14,6	135	25
1976	5,4	4,7	1300	300	380	230	20,3	16,4	160	25
1977	7,0	4,8	2600	250	270	200	46,5	17,6	190	30
\bar{x}	5,8	4,7	1744	517	233	188	27,6	15,4	175	33

Savimaan ja multamaan kokeet on laadittu saman koekaavan mukaan, jotta lajikkeiden vertailu eri maalajeilla tulisi mahdollisimman puolueettomaksi. Koejärjestelyissä oletetaan myös, että ilmastote-
kijöiden vaikutukset ovat yhdenmukaisia kummankin maalajin kokeissa.

Kokeiden lannoitus on ollut sama kummallakin maalajilla. Maalajien erilaisuutta kasvien ravinteiden käytössä tämän työn puitteissa ei selvitetä.

1.2.2. Ilmastotiedot

Ilmastotiedot on esitetty kuukausien keskiarvoina kunakin koevuonna, sekä ns. normaaliarvot (taulukko 3).

Taulukko 3. Ilmastotiedot koevuosilta Ylistarossa.

Sademäärä, mm

	touko	K U U K A U D E T				yhteensä
		kesä	heinä	elo	syys	
Norm. (1941-70)	34,0	51,0	59,0	78,0	54,0	276,0
1969	37,5	15,2	23,8	20,5	87,6	184,6
1970	69,3	0,7	120,9	24,9	52,8	268,6
1971	39,6	40,1	34,8	85,7	63,1	263,3
1972	67,5	40,5	76,5	52,8	56,1	293,4
1973	27,1	33,1	84,2	53,4	81,7	279,5
1974	24,7	51,0	119,1	109,4	102,5	406,7
1975	39,3	51,3	20,8	45,5	78,4	235,3
1976	12,6	35,7	54,1	18,0	54,3	174,7
1977	49,6	25,5	115,3	24,1	82,0	296,5
Keskim.	43,1	35,1	65,3	47,3	71,8	262,4

Keskilämpötila, C°

	touko	K U U K A U D E T			
		kesä	heinä	elo	syys
Norm. (1941-70)	8,2	13,6	16,0	14,1	9,3
1969	7,7	14,5	16,0	15,8	8,5
1970	8,7	16,1	15,9	14,2	8,6
1971	8,2	13,1	15,2	13,7	7,4
1972	8,2	16,1	18,2	14,7	8,5
1973	8,9	15,0	18,3	13,4	5,7
1974	7,1	14,5	15,0	13,7	11,0
1975	9,8	12,3	15,3	13,5	11,2
1976	10,3	12,1	14,2	13,9	5,7
1977	7,5	13,5	14,3	12,8	7,6

jatkuu

Auringonpaistetunnit

		K U U K A U D E T					
	touko	kesä	heinä	elo	syys	yhteensä	
1961-73	236	291	284	217	121	1149	
1969	283	316	326	322	117	1364	
1970	280	444	236	298	113	1371	
1971	258	295	333	260	138	1284	
1972	265	250	316	228	153	1212	
1973	236	297	367	250	130	1280	
1974	313	317	144	172	124	1070	
1975	284	305	324	235	138	1291	
1976	324	282	270	351	183	1410	
1977	214	315	212	221	124	1086	

Haihdunta, mm

		K U U K A U D E T					
	touko	kesä	heinä	elo	syys	yhteensä	
1969	93	154	152	138	47	584	
1970	98	174	116	95	33	516	
1971	119	153	153	92	34	551	
1972	96	132	134	101	40	503	
1973	101	154	173	109	35	572	
1974	115	156	82	72	41	466	
1975	111	153	144	83	52	543	
1976	138	142	121	109	41	551	
1977	94	160	108	86	40	488	
Keskim.	107	153	131	98	40	530	

1.3. Aineiston tilastollinen käsittely

Tilastollisen käsittelyn vaikeutena tämän tyyppisissä töissä on se, että kaikki lajikkeet eivät ole mukana koko koekautta. Taulukon 4 variaatiokertoimet osoittavat riittävän pitkän aikajakson tärkeyden lajikkeita arvosteltaessa.

Taulukko 4. Ohralajikkeiden ja lajikekokeiden keskisatojen variaatiokertoimet ($V = 100 \times s/\bar{x}$).

Lajike	Maa- laji	1975	1974	1972	1970	1969
		-77	-77	-77	-77	-77
Paavo	Sm	11,08	10,89	10,31	19,15	17,88
	Mm	35,94	29,08	22,91	22,81	22,78
Pomo	Sm	7,77	9,40	8,51	22,82	24,71
	Mm	31,22	26,72	20,97	25,34	24,15
Etu	Sm	7,25	6,84	9,33	25,66	24,18
	Mm	33,01	27,38	24,96	23,50	22,78
Pirkka	Sm	2,47	2,84	8,97	25,51	22,02
	Mm	29,34	23,91	21,34	23,29	21,71
Otra	Sm	10,15	8,57	8,13	23,91	26,15
	Mm	40,40	32,56	28,00	26,24	24,88
Karri	Sm	10,09	19,43	16,33	19,65	20,35
	Mm	32,81	26,58	27,46	24,46	24,40
Ingrid	Sm	8,26	7,98	11,64	15,01	14,21
	Mm	34,70	33,75	29,45	26,17	24,45
Hja 673	Sm	8,34	6,99	7,05	19,69	-
	Mm	35,63	29,37	24,45	23,14	-
Aapo	Sm	7,35	7,71	7,77	16,40	-
	Mm	13,00	10,75	14,64	12,81	-
Teemu	Sm	11,86	10,00	9,77	-	-
	Mm	33,82	28,32	21,98	-	-
Eva	Sm	6,07	5,58	-	-	-
	Mm	56,16	44,67	-	-	-
Eero	Sm	6,82	-	-	-	-
	Mm	47,02	-	-	-	-
Keskisadot	Sm	7,21	6,39	7,00	19,19	18,69
	Mm	31,13	25,23	19,70	18,93	18,43

1.3.1. Kaksisuuntainen varianssianalyysi ja DUNCAN's multiple range-testi.

Koko tulosaineisto käsiteltiin kaksisuuntaisella varianssianalyysillä. Riveinä olivat lajikkeet ja sarakkeina koevuodet. Analyysi laskettiin kummallekin maalajille erikseen ja lisäksi siten, että maalajit ja vuodet olivat yhdessä sarakkeina. Näin menetellen saatiin esille näennäinen yhdysvaikutus; mikäli lajikkeet käyttäytyvät samansuuntaisesti eri maalajeilla, säilyvät lajikkeiden merkitsevyyserot. Taulukot on koottu lajikkeiden mittauslukujen aritmeettisten keskiarvojen mukaiseen suuruusjärjestykseen (KRAMER 1957).

Lajikkeiden keskiarvoparien vertaamisessa käytettiin DUNCAN's multiple range-testiä (liitteet 1 ja 2). Tämä perustuu TUKEYn määrittämään n kpl:n keskiarvojen variaatiovälin teoreettiseen jakautumaan, josta käytetään nimitystä The Honestly Significant Difference. Tässä työssä laskettiin jokaiselle lajikkeelle keskiarvojen mukaan ne rajalajikkeet (HSD), joiden väliset erot 5 %:n riskillä eivät ole todellisia. HSD-rajat ovat siten lajikekohtaisia eikä saraketta näinollen voida lukea pystysuoraan.

Selitys-% ilmoittaa selvitetyn neliösumman prosenttista osuutta kokonaisneliösummasta. Tämä luku laskee F-arvojen merkitsevyyksien aletessa.

1.3.2. Satonerkkyystesti

Testissä käytettiin regressiomenetelmää, jonka FINLAY ja WILKINSON (1963) ovat kehittäneet (taulukko 7 ja kuva 1). Tässä pyritään tutkimaan, miten herkästi kukin lajike reagoi kasvuolojen (vuosien) muutoksiin. Vertailupohjana on lajikkeiden keskiarvosato. Regressioanalyysissä oli satunnaissuurena y lajikkeen sato kokeessa ja systemaattisena suurena x saman kokeen keskisato. Regressiokerroin b (kulmakerroin) kuvaa lajikkeen satonerkkyyttä. REKUNEN (1978) käyttää tästä nimitystä herkkyyserroin.

Herkiksi lajikkeiksi katsotaan ne, joiden kerroin on yli 1:n. Esimerkiksi, jos lajikkeen herkkyysskerroin on 1,30, tarkoittaa se, että lajikkeen sato on noussut 130 kg:a kokeiden keskisadon 100 kg:n nousua kohti. Satotaso on aina ilmoitettava herkkyskertomien käytön yhteydessä.

Lajikkeiden herkkyysskertoimet laskettiin molemmille maalajeille. Tuloksia voidaan pitää vain suuntaa-antavina, koska kokeiden lukumäärä oli pieni ($n \leq 9$).

1.3.3. Mittauslukujen erotukset ja suhteelliset arvot

Lajikkeiden savi- ja multamaan mittauslukujen erotukset ja suhteelliset arvot (multamaan tulos jaettuna savimaan tuloksella) ilmaisevat yksinkertaisella tavalla maalajin lajikkeelle aiheuttamaa muutoksen suuruutta ja suuntaa (taulukot 6 ja 7).

1.3.4. Muuttujien väliset korrelaatiot

Tulosaineiston muuttujien, sadon, kasvuajan, korkeuden, jyväkoon ja tilavuuspainon väliset korrelaatiokertoimet laskettiin molemmille maalajeille sekä lisäksi koko aineisto yhdessä (taulukko 8).

2. TULOKSET

2.1. Kasvu ja kehitys

2.1.1. Korrenlujuus

Lakoviljan runsauteen vaikuttaa voimakkaimmin kasvukausi. On vuosia, jolloin heikkokortisetkin lajikkeet pysyvät täysin pystyssä. Keskiarvoluvut antavat usein väärän kuvan korrenlujuudesta, ainakin tautuksissa, jolloin koejakso kaikilla lajikkeilla ei ole sama.

Taulukko 5. Yhdistelmä lajikkeiden ominaisuuksista savi- ja multamaalla.

Lajike		Lako %	Kasvu pv	Kork: cm	1000 sp g	Hlp kg	Valk. %
Teemu	Sm 6	25,0	94,6	62,8	34,7	63,3	11,4
	Mm 6	19,5	97,5	55,7	32,1	59,4	12,3
Aapo	Sm 8	13,0	104,0	47,1	42,3	67,8	12,4
	Mm 8	9,9	107,3	42,9	38,8	64,7	12,9
Paavo	Sm 9	25,6	92,6	65,4	36,3	63,6	11,3
	Mm 8	17,6	95,4	54,9	31,8	60,7	12,0
Hja 673	Sm 8	22,0	87,6	64,9	37,2	64,3	11,9
	Mm 8	15,4	90,5	56,4	34,3	60,2	12,6
Pomo	Sm 9	10,2	93,5	59,9	39,9	63,9	12,3
	Mm 8	9,0	97,0	55,8	35,8	60,7	12,7
Karri	Sm 9	33,0	100,0	58,5	44,8	67,7	12,6
	Mm 8	25,1	105,1	54,4	39,8	64,3	13,1
Eva	Sm 4	23,3	105,5	56,0	44,6	68,6	13,2
	Mm 4	15,3	111,3	44,3	37,5	64,7	14,6
Otra	Sm 9	27,3	85,6	68,5	38,2	63,3	13,0
	Mm 8	18,6	89,0	58,8	35,8	62,1	13,2
Etu	Sm 9	9,6	92,0	50,0	39,3	65,2	13,5
	Mm 8	6,3	95,6	44,8	37,4	62,7	13,2
Ingrid	Sm 9	21,4	98,9	59,5	44,2	68,5	13,2
	Mm 8	10,0	102,8	47,4	39,2	64,9	14,2
Eero	Sm 3	3,0	94,3	43,7	37,8	68,4	12,7
	Mm 3	6,3	99,3	41,7	32,9	64,5	13,7
Pirkka	Sm 9	28,1	88,4	76,2	40,3	65,6	14,9
	Mm 8	27,1	91,5	68,5	38,8	64,1	14,9
Laj.:	F=Sm	3,96 ^{xxx}	65,22 ^{xxx}	26,55 ^{xxx}	12,81 ^{xxx}	11,34 ^{xxx}	7,24 ^{xxx}
	Mm	4,48 ^{xxx}	40,56 ^{xxx}	23,62 ^{xxx}	7,93 ^{xxx}	4,91 ^{xxx}	7,64 ^{xxx}
Vuodet:	F=Sm	46,97 ^{xxx}	184,99 ^{xxx}	65,75 ^{xxx}	14,20 ^{xxx}	69,32 ^{xxx}	15,71 ^{xxx}
	Mm	37,71 ^{xxx}	165,40 ^{xxx}	23,49 ^{xxx}	24,66 ^{xxx}	27,84 ^{xxx}	38,83 ^{xxx}
Laj.:	F=Sm+Mm	4,08 ^{xxx}	48,50 ^{xxx}	13,37 ^{xxx}	9,31 ^{xxx}	5,66 ^{xxx}	7,35 ^{xxx}
	Vuodet:F=Sm+Mm	34,42 ^{xxx}	178,56 ^{xxx}	33,65 ^{xxx}	15,10 ^{xxx}	36,93 ^{xxx}	16,26 ^{xxx}

Lakoisuuden erot olivat koejakson aikana erittäin merkitseviä sekä lajikkeiden että vuosien välillä (taulukko 5). Multamaalla oli

keskimäärin n. 30 % vähemmän lakoa kuin savimaalla (EERO on poikkeus, koska koeaika on lyhyt). Happamuudenkestävällä ja heikkokortisella PIRKKA-ohralla maalajien väliset erot olivat pienimmät. Suurimmat erot havaittiin happamuudenaroilla INGRIDILLÄ ja EVALLA (taulukko 6).

Taulukko 6. Lajikkeiden ominaisuuksien tunnuslukujen erotukset ja suhteelliset arvot savi- ja multamaan tulosten välillä. (Jos suhdeluku on alle 1,0, multamaan tunnusluku on numeroarvoltaan pienempi.)

Lajike		n	Lako %	Kasvu- aika pv	Korki cm	1000 sp g	Hlp kg	Valk. %
Teemu	ero	6	5,5	2,9	7,1	2,6	3,9	0,9
	suhde		0,78	1,03	0,89	0,93	0,94	1,08
Aapo	ero	8	3,1	3,3	4,2	3,5	3,1	0,5
	suhde		0,76	1,03	0,91	0,92	0,95	1,04
Paavo	ero	8	8,0	2,8	10,5	4,5	2,9	0,7
	suhde		0,69	1,03	0,84	0,88	0,95	1,06
Hja 673	ero	8	6,6	2,9	8,5	2,9	4,1	0,7
	suhde		0,70	1,03	0,87	0,92	0,94	1,06
Pomo	ero	8	1,2	3,5	4,1	4,1	3,2	0,4
	suhde		0,88	1,04	0,93	0,90	0,95	1,03
Karri	ero	8	7,9	5,1	4,1	5,0	3,4	0,5
	suhde		0,76	1,05	0,93	0,89	0,95	1,04
Eva	ero	4	8,0	5,8	11,7	7,1	3,9	1,4
	suhde		0,66	1,05	0,79	0,84	0,94	1,11
Otra	ero	8	8,7	3,4	9,7	2,4	1,2	0,2
	suhde		0,68	1,04	0,86	0,94	0,98	1,02
Etu	ero	8	3,3	3,6	5,2	1,9	2,5	0,3
	suhde		0,66	1,04	0,90	0,95	0,96	0,98
Ingrid	ero	8	11,4	3,9	12,1	5,0	3,6	1,0
	suhde		0,47	1,04	0,80	0,87	0,95	1,08
Eero	ero	3	3,3	5,0	2,0	4,9	3,9	1,0
	suhde		2,10	1,05	0,95	0,87	0,94	1,08
Pirkka	ero	8	1,0	3,1	7,7	1,5	1,5	0,0
	suhde		0,96	1,04	0,90	0,96	0,97	1,00

2.1.2. Kasvuaika

Keskimääräinen kasvuaika muodostui kaikkien lajikkeiden osalta multamaalla 3 -5 % pitemmäksi kuin savimaalla (taulukot 5 ja 6). Lajikkeen happamuudenarkuudella ei näyttänyt olevan vaikutusta kasvuajan pituuden määräytymiseen.

Vuosien välisissä vertailuissakin multamaalla kasvukausi oli selvästi pitempi. Viileinä vuosina lajikkeiden keskimääräinen tuleentumispäivämäärä oli multamaalla n. 10 päivää myöhemmin kuin savimaalla. Lämpiminä vuosina kasvuaikaerot maiden välillä olivat vain pari päivää.

2.1.3. Korkeus

Maan happamuus rajoitti selvästi kaikkien ohralajikkeiden pituuskasvua (taulukot 5 ja 6). Happamuudenaroilla, kuten INGRIDillä ja EVAlla vähennys oli n. 20 %. Suomalaisilla lajikkeilla tämä oli keskimäärin n. 10 %. Pituuden vähentyminen sinänsä ei osoita lajikkeiden happamuudenarkuutta. Mm. PIRKAN ja AAPON suhteelliset korsiin lyhentymiset olivat lähes samat, vaikka nämä korrenpituuksiltaan edustavat äärilajikkeita.

2.2. Jyvästo

2.2.1. Lajikkeiden satoisuus

Keskimääräinen satotaso happamalla multamaalla oli savimaan sadosta vain noin puolet (taulukko 7 ja liitteet 1-2). Suomessa jalostetut ohralajikkeet suhtautuivat maan happamuuteen hyvin samankaltaisesti. Suhteelliset sadot näillä vaihtelivat 0,50 - 0,72 arvojen välillä (taulukko 7). Sitävastoin happamuudenaran, ruotsalaisen EVAn sato multamaalla oli vain 18 % savimaan sadosta, määrällinen sadonvähennys oli 3328 kg/ha. INGRID oli lähes yhtä arka, satoa 25 % ja vähennystä multamaalla 2832 kg/ha savimaan sadosta.

Taulukko 7. Lajikkeiden sato savi- ja multamaalla. Satoero (kg/ha) ja suhteellinen sato (Mm:n sato/Sm:n sato) sekä lajikkeiden herkkyyskertoimet (b) (FINLAY ja WILKINSON 1963)

Lajike		Sato kg/ha	sl	Sato- ero kg/ha	Suht. sato	Herkkyys- kerroin, b (=regr. kerr.)
Teemu	Sm 6	4760	109,0			1,48
	Mm 6	2660	60,9	2100	0,56	1,28
Aapo	Sm 8	4592	105,2			0,84
	Mm 8	2405	55,1	2187	0,52	0,49
Paavo	Sm 9	4365	100,0			0,99
	Mm 8	2185	50,1	2180	0,50	1,21
Hja 673	Sm 8	4341	99,5			1,02
	Mm 8	2557	58,6	1784	0,59	1,23
Pomo	Sm 9	4151	95,1			1,30
	Mm 8	2506	57,4	1645	0,60	1,25
Karri	Sm 9	4097	93,9			0,83
	Mm 8	2525	57,8	1572	0,62	1,21
Eva	Sm 4	4055	92,9			0,46
	Mm 4	727	16,7	3328	0,18	0,11
Otra	Sm 9	3957	90,7			1,30
	Mm 8	2303	52,8	1654	0,58	1,23
Etu	Sm 9	3817	87,4			1,01
	Mm 8	2447	56,1	1370	0,64	0,95
Ingrid	Sm 9	3757	86,1			0,66
	Mm 8	925	21,2	2832	0,25	0,24
Eero	Sm 3	3673	84,1			0,37
	Mm 3	2233	51,2	1440	0,61	1,59
Pirkka	Sm 9	3622	83,0			0,97
	Mm 8	2590	59,3	1032	0,72	0,92
Lajikkeet:	Savimaalla			F = 3,35 ^{***}		
	Multamaalla			18,07 ^{***}		
Vuodet:	Savimaalla			F = 28,64 ^{***}		
	Multamaalla			14,12 ^{***}		
Lajikkeet:	Savi+multa			F = 1,31 ^o		
Vuodet:	Savi+multa			3,68 ^{**}		

Vaatimattomalla PIRKKA-ohralla suhteellinen sato oli kokeissa olleista lajikkeista selvästi korkein, happaman maan sato oli 72 % savimaan sadosta ja sadonvähennystä vain 1032 kg. Keskisadoissa PIRKKA oli savimaalla heikoin lajike, mutta happamalla maalla se oli jo TEEMUn jälkeen toisena.

TEEMU oli selvästi satoisin lajike molemmilla maalajeilla. On kuitenkin huomattava, että multamaalla suomalaiset lajikkeet olivat satoisuudessa lähellä toisiaan (kuva 2). Savimaalla satoisimmat lajikkeet, TEEMU, AAPO ja PAAVO menettivät multamaalla 2100 - 2200 kg savimaan sadosta. POMOn ja KARRIn käyttäytyminen eri maalajeilla oli hyvin samantapaista.

HANKKIJA 673 ja OTRA käyttäytyivät maalajin vaihdoksessa samoin samalla tavalla. Ensinmainittu oli n. 10 % satoisampi molemmilla mailla. ETU-lajikkeella oli PIRKAN jälkeen korkein suhteellinen sato, multamaalla sen sijoitus parani, mutta jäi vielä POMosta jälkeen. EEROLla oli koetuloksia vähän (n = 3), joten päätelmien teko on vaikeaa, erityisen happamuuden arka se ei kuitenkaan näyttäisi olevan.

Merkitsevyydestien mukaan lajike-erot olivat erittäin merkitseviä molemmilla maalajeilla (riskitaso 0,1 %). HSD-testi osoitti, että kaikki suomalaiset ohralajikkeet olivat happamalla multamaalla yhtä satoisia 5 %:n riskitasolla (liite 1). Voimakkaan merkitsevyyden ovat siten aiheuttaneet happamuudelle erot EVA ja INGRID.

Maalajit yhdessä-testitulokset (liite 2) osoitti satoerojen merkitsevyyden vähetessä ja selitys-%:n pienetessä sen, että lajikkeet käyttäytyivät eri maalajeilla eri tavalla. HSD-testillä kaikki lajikkeet olivat yhtä satoisia.

2.2.2. Lajikkeiden satoherkkyys

Lajikkeet näyttivät käyttäytyvän molemmilla maalajeilla satoherkkyuden suhteen samankaltaisesti (taulukko 7 ja kuva 1). Satovarma

lajike savimaalla oli siten satovarma myös happamalla multamaalla. Lajikkeiden herkkyyuskertoimien välillä voidaan havaita selvä positiivinen korrelaatio ($r = +0,72^x$, EEROn ja EVAn epävarmat tulokset eivät ole tässä mukana). Regressioanalyysi ei kuitenkaan osoita vuosien vaikutusta lajikkeiden käyttäytymiseen eri maalajeilla. Lajikkeen herkkyyserrointia tarkasteltaessa on aina huomioitava lajikkeen sato, satotaso ja lajikkeet, joiden mukaan tämä kerroin on laskettu.

TEEMULLA, keskimäärin satoisimmalla lajikkeella, ovat molemmat herkkyyuskertoimet hyvin korkeita. Lajike on vaateliias ja siten hyötyy voimakkaasti parantuvista kasvuoloista. AAPO näyttää hyvin satovarmalta. Sen pitkä vegetatiivinen vaihe, kuten toisillakin 2-tahoisilla, antaa hyvän kestävyuden alkukesän kuivuutta vastaan.

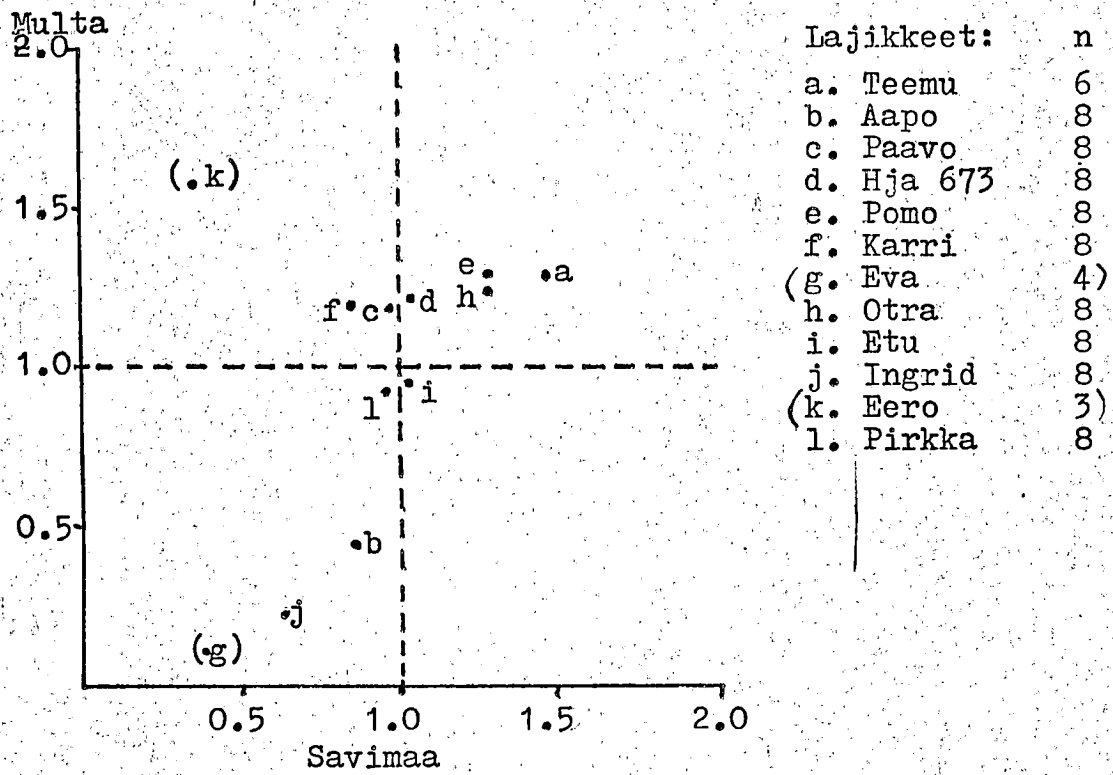
PAAVO ja HANKKIJA 673 vaikuttavat satoherkkyyden suhteen samanlaisilta, vaikka PAAVO onkin multamaalla selvästi heikkosatoisempi. POMOLLA ja OTRALLA ovat savimaan herkkyyuskertoimet korkeita, KARRILLA on sitävastoin hyvin matala. Nämä kolme viimeksimainittua ovat satoherkkiä multamaalla.

PIRKAN alhaiset herkkyyuskertoimet johtuvat ilmeisesti sen matalasta satopotentiaalista ja hyvästä viihtyvyydestä.

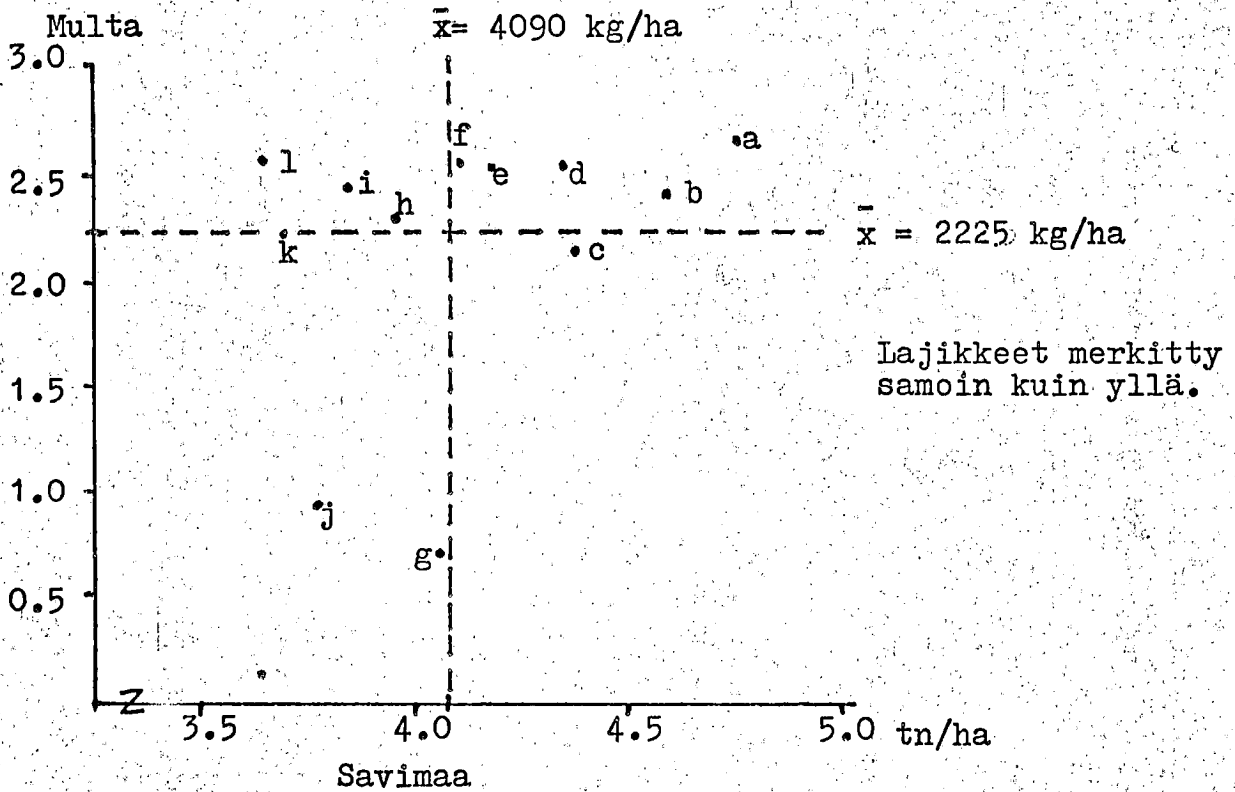
ETU vaikuttaa keskitasoiselta lajikkeelta, multamaalla se on hieman keskimääräistä satovakaampi.

Happamuudenaroilla kaksitahoisilla INGRIDillä ja EVALLA herkkyyserroimet ovat erittäin matalia, varsinkin multamaalla, missä näiden sadot jäävät aina alle 1000 kg/ha. Ne ovat siten hyvin 'satovarmoja'. EVALLA koetuloksia oli vähän ($n = 4$), kuitenkin sen happamuudenarokkuus tuli selvästi ilmi.

EEROn satokerkkyyden arviointia rajoittaa tulosten vähyys. Suuret satojen vaihtelut osoittavat sen vaateliaisuuden, samalla voidaan päätellä, että sillä on satopotentiaali korkealla.



Kuva 1. Lajikkeiden herkkyysskertoimet (b) savi- ja multamaalla.



Kuva 2. Lajikkeiden sadontuotto tn/ha savi- ja multamaalla.

2.2.3. Vuosien vaikutus sadonvaihteluihin

Vuosien sääolot vaikuttavat kokemusten mukaan satotason korkeuteen huomattavasti enemmän kuin lajikkeet. Merkitsevyytestit osoittavat myös vuosien välisten erojen olevan erittäin merkitseviä (taulukko 7 ja liitteet 1-2) molemmilla maalajeilla. Savimaalla selite-tystä variaatiosta tulee vuosien osalle enemmän painoa kuin multa-
maalla.

Ilmeistä on, että happamuuskompleksi asettaa multamaalla eräänlaisen satokaton, jota vastaavaa hyvillä savimailla ei esiinny.

Sadon määräytyminen multamaalla säätekijöiden mukaan näyttää moni-
mutkaiselta. Alkukesän kuivuus savimaalla rajoittaa usein siemen-
ten itämistä ja versoutumista. Multamaan oloissa kuivuudella on
ilmeisesti vähäisempi merkitys. Sensijaan näyttäisi siltä, että
kuivuuskausi kesä - heinäkuussa olisi alunamailla alkukesän kuivuut-
ta haitallisempi. Pouta-kausi luo olosuhteet, jolloin haihdunta on
suurempi kuin sadanta. Juuristovyöhykkeeseen tällöin nousee aluna-
suoloja, jotka heikentävät ohran kehittymistä.

2.2.4. Jyväsadon ja eräiden muuttujien väliset korrelaatiot

Kasvuajan ja jyväsadon välistä positiivista korrelaatiota pidetään
yleensä selvänä. Satokomponenttien lisääntyminen on voimakkaasti
riippuvainen kasvuajasta. Liian aikaisin tapahtunut kukinnan virit-
tyminen estää tehokkaasti versontaa. Hidas alkukehitys on siten
hyvän sadon edellytys.

Kokeiden mukaan savi- ja multamaan sadon korreloituminen kasvuajan
kanssa havaitaan kuitenkin päinvastaiseksi (taulukko 8). Multamaal-
la korrelaatio on selvästi negatiivinen. Tähän vaikuttaa ilmeisesti
kaksi syytä: ensiksi, maan happamuus estää satokomponenttien norma-
alin muodostumisen, varsinkin versoutumisen, ja toiseksi, multamaa
on kylmempää, jolloin kehitys on hitaampaa ja riskialttiimpaa, sekä
multamaalla mahdolliset korjuuvaikkeudet. Multamaan vaikutus on niin

suuri, että vielä maalajit yhdessä-korrelaatiotaulussa sato ja kasvuaika korreloivat negatiivisesti, joskin lievästi.

Korrenpituus korreloi voimakkaasti sadon kanssa positiivisesti kummallakin maalajilla suurella todennäköisyydellä. Jyväsadon ja puituuden korrelointi on voimakkaampaa kuin sadon ja muiden muuttujien välillä.

Taulukko 8. Muuttujien väliset korrelaatiot.

Savimaa (n = 99) pH 5,84

	Sato	Kasvuaika	Korkeus	1000 sp
Hlp	-0,066	0,151	-0,409 ^{xxx}	0,611 ^{xxx}
1000 sp	0,214 [*]	0,179 ^o	-0,147 ^o	-
Korkeus	0,481 ^{xxx}	-0,053	-	-
Kasvuaika	0,201 ^o	-	-	-

Multamaa (n = 85) pH 4,73

	Sato	Kasvuaika	Korkeus	1000 sp
Hlp	-0,147	-0,171	-0,249 [*]	0,544 ^{xxx}
1000 sp	0,175 ^o	-0,264 [*]	-0,169	-
Korkeus	0,393 ^{xxx}	-0,101	-	-
Kasvuaika	-0,240 [*]	-	-	-

Koko aineisto (n = 170)

	Sato	Kasvuaika	Korkeus	1000 sp
Hlp	-0,145 ^o	-0,085	-0,250 ^{xx}	0,621 ^{xxx}
1000 sp	0,348 ^{xxx}	-0,108	-0,049	-
Korkeus	0,503 ^{xxx}	-0,103	-	-
Kasvuaika	-0,138	-	-	-

Riskitasot: o = 10,0 %

* = 5,0 "

xx = 1,0 "

xxx = 0,1 "

Siemenen koko korreloi samoin positiivisesti sadon kanssa. Korrelaatio-suhde ei ole yhtä voimakas kuin pituuden ja sadon välillä, mutta kuitenkin se on merkitsevä.

Tilavuuspainon ja sadon välillä havaitaan lievä negatiivinen korrelaatio. Tämä saattaa selittyä moni- ja kaksitahoisten ohrien suhteellisista satoherkkyyksistä. Satotason noustessa monitahoiset parantavat asemiaan satotaulukoissa, jolloin niiden satojen alemmat tilavuuspainot tulevat määrävimmiksi korrelaatioanalyysissä.

2.3. Sadon laatu

2.3.1. Jyvän koko

Jyväkoko happamalla multamaalla oli selvästi alempi kuin savimaalla. Happamuutta sietävillä lajikkeilla painonvähennys oli vähäisempää. Suurijyväsillä ja happamuudenaroilla lajikkeilla määrälliset ja suhteelliset jyväpainon vähennykset olivat suurimpia (taulukot 5 ja 6). Myös happamuutta sietävällä KARRILLA maalajin vaikutus oli suuri, 1000 siemenen paino aleni 5 g (11 %). PIRKKA-ohralla painonalennus oli selvästi pienin, 1,5 g (4 %), vaikka se onkin suurijyväinen. Muilla lajikkeilla jyvien painonvähennykset olivat 5 - 11 %.

Kirjallisuustiedoissa yleensä esitetään, että maan happamuus ei alenna jyvän kokoa (STØLEN 1965). Taulukoissa 5 ja 6 havaitaan kuitenkin selvät erot savi- ja multamaan jyväkokojen välillä. Erot saattavat olla vain näennäisiä, koska ohra viihtyy kivennäismailla paremmin. Tutkimusten mukaan (STØLEN 1965) versoutuminen alenee happamilla mailla. Tämän perusteella voitaisiin ajatella, että heikot sivuversot tuottavat pienempiä jyviä, jotka sitten ovat alentamassa keskimääräistä jyväkokoa.

2.3.2. Hehtolitrapaino

Hehtolitrapainot olivat multamaalla alempia kuin savimaalla. Prosenttinen painoalennus ei ollut yhtä voimakas kuin siemenen koon kohdalla. Multamaalla hehtolitrapainot olivat 2 - 6 % alempia (3 - 4 kg). Lajikkeiden happamuudenarkuus tilavuuspainoissa ei tullut lainkaan esille. HANKKIJA 673:lla tilavuuspainon alentuminen oli voimakkainta ja PIRKALLA vähäisintä. Happamuudenarat ruotsalaiset lajikkeet sijoittuivat näiden välille.

Hehtolitrapainon ja jyväkoon välillä vallitsee erittäin vahva positiivinen korrelaatio molemmilla maalajeilla (Sm $r = +0,611^{***}$ ja Mm $r = +0,544^{***}$).

2.3.3. Valkuaispitoisuus

Valkuaispitoisuudet olivat yleensä multamaalla vajaan prosenttiyksikön korkeampia kuin savimaalla (taulukot 5 ja 6). Poikkeuksena oli ETU, jonka valkuaispitoisuus oli 0,3 % alempi multamaalla. Saattaa olla, että EDUN kohdalla piilee virhe, koska sen käyttäytyminen muutoin on ollut johdonmukaista.

Valkuaispitoisuuksien huomattavat nousut olivat pienijyväsillä ja matalaproteiinisilla lajikkeilla kuten TEEMULLA, PAAVOLLA ja HANKKIJA 673:lla sekä happamuudenaroilla EVALLA ja INGRIDILLÄ. EERON kohdalla päätelmien teko on vaikeaa, koska se ei ollut vielä vuonna 1974 mukana kokeissa, jolloin proteiinipitoisuudet savimaalla olivat koesarjan korkeimpia. Proteiiniarolla PIRKALLA prosenttista nousua ei tapahtunut lainkaan. Se on silti multamaan valkuaispitoisuuden kärjessä.

Korkeammat valkuaispitoisuudet happamalla multamaalla johtuvat tuskin maan alhaisesta pH:sta. Tunnettuahan on, että multamailla luontaiset typpivarat ovat korkeampia kuin kivennäismailla. Näiden vapautuminen kasvien käyttöön riippuu huomattavissa määrin useista säätekeijöistä. Tulosten tarkastelussa on huomattava vielä, että käytetyt lannoitemäärät olivat samat savi- ja multamaan kokeissa.

On yleisesti todettu, että valkuaispitoisuuteen vaikuttaa merkittävästi jyvien täyttymisvaiheessa saatavina olevat typpimäärät. On havaittu myös selvä negatiivinen korrelaatio valkuaispitoisuuden ja jyväkoon välillä, samoin valkuaispitoisuuden ja jyväsadon välillä. Perusteita sille, että maan happamuus kohottaa sadon valkuaispitoisuutta, ei näyttäisi olevan.

2.4. Kevätviljalajien happamuudenkestävyys

Etelä-Pohjanmaan koeasemalla on pidetty kaurakokeissa savi- ja multamaalla myös PAAVO-ohraa ja RUSO-kevätevehnää viljalajien happamuudensietokyvyn vertailemiseksi. Yhdistelmätaulukko 9 on koottu näistä tuloksista samalta ajanjaksolta kuin lajikkeiden välisissä vertailuissa. PAAVOn satotulokset poikkeavat hieman laji- ja lajikevertailujen välillä.

PAAVO-ohra todettiin happamuudenkestävyydeltään keskimääräistä suomalaista ohralajiketta heikommaksi. Happamalla mailla satoisin lajike, TEEMU, oli n. 22 % PAAVOa satoisampi. Mikäli TEEMU sijoitetaan PAAVOn tilalle suhdeluvun avulla lajivertailutaulukkoon, sen sadoksi tulisi n. 2300 kg/ha.

Hyvin happamalla mailla mitkään ohralajikkeet eivät pysty satoisuudessa kilpailemaan kauran kanssa. Myös kevätevehnä vaikuttaa sietävän happamuutta ohraa paremmin. TEEMU-ohra jäisi vain noin puoleen HANNES-kauran sadosta, RUSO-vehnästäkin hieman, ei kuitenkaan merkittävästi. On huomattava, että kokeissa multamaa oli erittäin hapanta (pH 4,7). Ilmeistä on, että kalkituilla mailla viljalajien väliset erot olisivat olleet vähäisempiä.

Taulukko 9. Yhdistelmä viljalajien ominaisuuksista savi- ja multamaalla vuosilta 1969 - 77. pH: Sm 5,8, Mm 4,7

	Paavo-ohra		Hannes-kaura		Ruso-vehnä	
	Sm	Mm	Sm	Mm	Sm	Mm
Sato kg/ha	4729,0	1876,0	4846,0	4328,0	3711,0	2407,0
Suhdeluku	<u>100,0</u>	39,7	102,5	91,5	78,5	50,9
Lako-%	27,0	12,8	25,3	24,7	6,7	13,4
Tähk. pv	52,3	54,7	58,7	58,7	55,0	55,7
Kasvu pv	95,0	97,7	99,7	102,9	109,6	112,0
Korkeus cm	67,2	57,3	78,7	82,1	79,4	78,3
1000 sp g	37,5	33,1	34,8	34,2	41,3	37,8
Hlp kg	62,9	57,9	51,1	49,0	76,3	72,8

Viljalajit: Savimaa F = 19,458^{***} HSD = 871,8 kg/ha
 Multamaa 90,979^{***} HSD = 680,3 kg/ha

Vuodet: Savimaa F = 4,896^{**}
 multamaa 4,406^{**}

3. TULOSTEN TARKASTELU

Happamissa olosuhteissa kaura viihtyy huomattavasti ohraa paremmin. Verrattaessa hyvän savimaan ja hyvin happaman multamaan satoja keskenään todetaan, että kaura ei näytä kärsivän maan happamuudesta (taulukko 9). Parhaidenkin ohralajikkeiden multamaan sadot olivat vain 30 - 50 % savimaan sadoista (taulukko 5).

Viljalajeja vertailtaessa kasvuaikaerot muodostavat hyvin tärkeän riskitekijän Suomen viileässä ilmastossa. OTRA-ohra on keskimäärin yli 10 päivää HANNES-kauraa aikaisempi, viileinä vuosina ero saattaa olla 2 - 3 viikkoa. Aikaisen ohran merkitys pohjoisalueiden rehuviljana on siten suuri, vaikkakin maiden happamuus puoltaisikin kauran viljelyä.

Happamalla multamaalla ohralajikkeet ryhmittivät selvästi kahteen luokkaan, happamuudenkestäviin ja -arkoihin. Kaikki suomalaiset ohralajikkeet sijoittuvat kestävään ryhmään. Satotaulukossa nämä

kestävät olivat niin lähellä toisiaan ettei tilastollisesti merkitseviä eroja päässyt syntymään.

Koetulosten pohjalta ei voida osoittaa sitä sadonalennusta, joka aiheutuu maan alhaisesta pH:sta. Maalajit jo yksin ilman happamuustekijää olisivat nähtävästi aiheuttaneet satoeroja. Ohrahan katsotaan kalkkipitoisten kivennäismaiden suosijaksi.

Aroilla lajikkeilla happamuuden haitallisuus ilmenee jo juuriston kehittymisen alussa. Juuriston normaali pituuskasvu ja haaroittuminen estyvät. Puolustusreaktiona kasviyksilöt alkavat kasvattaa uusia juuria (FOY et al. 1967). Ilmeisesti itämisvaiheessa, jolloin vielä siemenen omia ravintoaineita on saatavissa, happamuuden vaikutus on vielä vähäinen.

Happamilla mailla yleensä runsaana esiintyvä alumiini aiheuttaa ohralle runsaasti haitallisia suorja ja epäsuoria vaikutuksia. Mm. liika alumiini häiritsee solujen jakaantumisen nopeutta, mikä ilmeisesti riippuu heksokinaasientsyymin inhibiitiosta ja fosfaattisokereiden epänormaalista muodostumisesta (CLARKSON 1965). Epäsuorasti liika alumiini on haitallinen, koska se muodostaa fosforin kanssa alumiinisulfaatteja, jotka estävät puolestaan ravinnefosforin normaalin liikkumisen kasvissa. Alumiinimyrkytyksen oireet ovat samanlaiset kuin ankarassa fosforin puutteessa.

Kestävien kasviyksilöiden on todettu aktiivisesti torjuvan happamuuden ja alumiinin haitallisia vaikutuksia. Ilmeistä on, että myös lajikkeiden väliset torjuntareaktiot ovat samantapaisia. Happamuutta sietävät lajikkeet pystyvät jossain määrin säätelemään myös juuristovyöhykkeen pH-tasoa. On edelleen havaittu, että juuriston kehittämät orgaaniset hapot toimivat puskurisysteeminä ja myös kelaattien muodostajina, jolloin alumiinin myrkyllisyys vähenee (mm. JONES 1961 ja FOY et al. 1967).

STØLENin (1965) havaintojen mukaan happamuudenarat lajikkeet ovat normaalioloissa hyvin voimakkaasti versoutuvia. Happamuuden lisääntyessä versojen lukumäärät näillä alenevat hyvin jyrkästi. Tämän

perusteella AAPO-ohran varsin hyvä happamuudenkestävyys tuntuukin yllättävältä, koska sille voimakas versominen on tunnusomaista (REKUNEN ja KIVI 1976).

Tärkeimpien satokomponenttien, verso- ja tähkäluvun voimakas väheneminen happamalla mailla alentaa luonnollisesti jyväsatoa. Kylvötiheyden nostaminen 1,5 - 2-kertaiseksi saattaisi näin ollen olla kannattava toimenpide.

Lakoa multamaalla oli keskimäärin vähemmän kuin savimaalla. Tämä johtunee harvemmasta kasvustosta ja alemmasta tähkäpainosta. Happamuudenaratkaan lajikkeet eivät olleet 'vahvakortisia'. Ilmeistä on, että näillä kasvun häiriintyminen johtaa myös hennompaan korteen.

Happamuudenarkojen lajikkeiden, INGRIDin ja EVAn, jyväsadot olivat multamaalla vain n. 20 % savimaan sadosta. Suomalaiset lajikkeet menestyivät olennaisesti paremmin. TEEMU oli selvästi satoisin myös happamalla maalla, vaikka sadonalennus olikin n. 44 %. Suhteellisesti parhaiten menestyi PIRKKA, jolla sadonalennus oli vain n. 28 %. Tämä näin hyvä suhteellinen happamuudenkestävyys on osaltaan vain näennäistä, koska se oli selvästi heikkosatoisin lajike savimaalla. PAAVO vaikuttaa suomalaisista lajikkeista arimmalta maan happamuudelle, sadonvähennys oli n. 50 %.

Satoherkkyystestit osoittivat selvästi, että lajikkeet käyttäytyivät yhdensuuntaisesti kummallakin maalajilla. Hieman yleistäen voidaan todeta, että jos lajike on monitahoinen ja sillä on korkea keskisato, sen herkkyyskerroin on korkea. Tästä parhaana esimerkkinä on TEEMU, joka hyvinä vuosina on erittäin satoisa, mutta kärsii usein alkukesän kuivuudesta. Myöhäisen AAPOn pitkä alkukehitys näyttää suojaavan vastaavilta haitoilta, joten sen sadonvaihtelut jäävät vähäisemmiksi.

Lasketut satoherkkyyskertoimet ovat lähes samanlaisia REKUSEN (1978) saamien tulosten kanssa. Lajikkeiden sadoissa happamalla multamaalla oli muutamia eroavuuksia. Mm. AAPO sijoittui REKUSEN lajikearvos-teluissa paremmaksi kuin tämän työn taulukoissa. Tilastollisten testien erilaisuus on ilmeisesti vaikuttanut erojen syntyyn.

Suomalaisten lajikkeiden keskeiset satoerot eivät olleet merkitseviä, joten eri laskelmien välillä syntyneet eroavuudet ovat ymmärrettäviä.

Sadon laatuominaisuuksiin maan happamuudella on tuskin vaikutusta. Happamien multamaiden kokeissa jyväkoot olivat kuitenkin selvästi alempia. Tämä saattaa johtua vain multamaiden heikommasta soveltuvuudesta ohralle. Myös tämän maalajin viilleys ilmeisesti hidastaa jyvien täyttymistä.

Sadon valkuaispitoisuudet olivat multamaalla selvästi korkeampia kuin savimaalla. Suurimmat nousut olivat pienijyväsillä ja matalaproteiinisilla lajikkeilla kuten TEEMULLA, PAAVOLLA ja HANKKIJA 673:lla sekä happamuudenaroilla INGRIDillä ja EVALLA. Valkuaisrikkaimmalla lajikkeella, PIRKALLA, maalajien välisiä eroja ei ollut. Korkeammat valkuaispitoisuudet multamaalla johtuvat ilmeisesti jyvään pienentymisestä ja multamaiden runsaimmista typpivaroista myös myöhempien kehitysvaiheiden aikana.

Kasvinjalostuksen mahdollisuudet saattavat olla hyvätkin happamuutta sietävän lajikkeen kehittämiseksi. REID (1970) ja STØLEN & ANDERSEN (1978) osoittivat, että lajikkeiden alumiinin- ja happamuudensietävyys määräytyy vain yhden dominoivan geenin ansiosta. Näin ollen ongelman ratkaiseminen risteytysteitse tuntuisi olevan helppo tehtävä. Suomalaisten lajikkeiden hyvä menestyminen happamilla mailla viittaisi siihen, että näillä on jo perimässä nämä happamuudenkestävyysgeenit. Voi olla, että eräillä lajikkeilla on vielä vaatimattomuusgeenejä, jotka lisäävät viihtyvyyttä myös happamilla mailla.

Aikaisena viljalajina on ohra kauraa varmempi vaihtoehto, varsinkin viljanviljelyn pohjoisalueilla, missä kasvukauden liian alhainen lämpötilasumma on usein riskitekijä. Maatalouden tuotantosunnittelussa viljeltävien kasvien satovarmuus on olennaisen tärkeä. Viljelysmaiden happamuus on nykyaikana varsin hyvin hallittavissa. Kalkitus ja sopiva lajikevalinta luovat ohranviljelylle hyvät edellytykset happamiksi tunnetuillakin viljelysmailla.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- CLARKSON, D.T. 1965. The effect of aluminum and some other trivalent metal cations on cell division in the root apices of *Allium cepa*. *Ann. Bot. N. S.* 29: 311-315.
- FINLAY & WILKINSON 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Austr. J. Agric. Res.* 14: 742-754.
- FOY, C.D., FLEMING, A.L., BURNS, G.R. & ARMIGER, W.H. 1967. Characterization of differential aluminum tolerance among varieties of wheat and barley. *Soil Sci. Soc. Amer.* 31: 513-520.
- HARTWELL, B.L. & PEMBER, F.R. 1918. The presence of aluminum as a reason for the difference in the effect of so-called acid soil on barley and rye. *Soil Sci.* 6: 259-277.
- JONES, L.H. 1961. Aluminum uptake and toxicity in plants. *Plant and Soil XIII*: 297-310.
- KRAMER, C.Y. 1957. Extension of multiple range tests to group correlated adjusted means. *Biometrics*, March 1957.
- KURKI, M. 1972. Suomen peltojen viljavuudesta II. Helsinki.
- MAGISTAD, O.C. 1952. The aluminum content of the soil solution and its relation to soil reaction and plant growth. *Soil Sci.* 20: 181-226.
- MUKULA, J., RANTANEN, O. & LALLUKKA, U. 1977. Ohran viljelyvarmuus Suomessa 1950-1976. *MTTK:n Kasvinviljelylaitoksen tiedote* 9: 1-83.
- REID, D.A. 1970. Genetic control of reaction to aluminum in winter barley. *Barley Genetics II, Proc. Second Int. Barley Gen. Symposium. Washington 1971.* p. 409-413.
- REKUNEN, M. & KIVI, E. 1976. Hankkijan Aapo-ohra. Hankkijan kasvinjalostuslaitos, Siemenjulkaisu 1975: 153-155.
- , 1978. Ohralajikkeiden satoisuuden riippuvuus eräistä ympäristötekijöistä. *Hankkijan kasvinjalostuslaitoksen Tiedote* 1: 1-102.
- STØLEN, O. 1965. Investigations on the tolerance of barley varieties to high hydrogen-ion concentration in soil. *Royal Vet.- and Agr. Coll. Yearbook, Copenhagen.* p. 81-107.
- & ANDERSEN, S. 1978. Inheritance of tolerance to low soil pH in barley. *Hereditas* 88: 101-105.

S A T O KG/HA

a) SAVIMAALLA

Lajike	n	\bar{x}	HSD ^{x)}
a. Teemu	6	4760	a-j
b. Aapo	8	4592	a-l
c. Paavo	9	4365	a-k
d. Hja 673	8	4341	a-l
e. Pomo	9	4151	a-l
f. Karri	9	4097	a-l
g. Eva	4	4055	b-l
h. Otra	9	3957	a-l
i. Etu	9	3817	a-l
j. Ingrid	9	3757	a-l
k. Eero	3	3673	b-l
l. Pirkka	9	3622	c-l

b) MULTAMAALLA

Lajike	n	\bar{x}	HSD
a. Teemu	6	2660	a-j
b. Pirkka	8	2590	a-j
c. Hja 673	8	2557	a-j
d. Karri	8	2525	a-j
e. Pomo	8	2506	a-j
f. Etu	8	2447	a-j
g. Aapo	8	2405	a-j
h. Otra	8	2303	a-j
i. Eero	3	2233	a-j
j. Paavo	8	2185	a-j
k. Ingrid	8	925	k-l
l. Eva	4	727	k-l

Vuosi	n	\bar{x}	HSD
a. 1971	9	5522	a
b. 1977	12	4608	b-f
c. 1972	10	4554	b-g
d. 1976	12	4349	c-g
e. 1975	12	4137	c-g
f. 1974	11	4115	c-g
g. 1973	10	3894	c-h
h. 1969	7	3173	g-i
i. 1970	9	2659	h-i

Vuosi	n	\bar{x}	HSD
a. 1976	12	2782	a-c
b. 1971	9	2642	a-e
c. 1973	10	2448	a-g
d. 1972	10	2300	b-g
e. 1974	11	2276	b-g
f. 1977	12	2069	b-g
g. 1970	9	1884	c-h
h. 1975	12	1470	g-h

Lajikkeet: F = 3,35^{***}Vuodet: 28,64^{***}

Selitys-% 77,72

Lajikkeet: F = 18,07^{***}Vuodet: 14,12^{***}

Selitys-% 82,07

x) HSD = 'The Honestly Significant Difference', 5 %:n riskillä.

S A T O KG/HA. Maalajit yhdessä

Lajike	n	\bar{x}	HSD	Vuosi	n	\bar{x}	HSD
a. Teemu	12	3710	a-1	a. 1971	18	4082	a-f
b. Aapo	16	3498	a-1	b. 1976	24	3565	a-g
c. Pomo	16	3470	a-1	c. 1972	20	3427	a-h
d. Hja 673	16	3449	a-1	d. 1977	24	3338	a-h
e. Karri	16	3407	a-1	e. 1974	22	3195	a-h
f. Paavo	16	3358	a-1	f. 1973	20	3171	a-h
g. Otra	16	3276	a-1	g. 1975	24	2803	b-h
h. Pirkka	16	3163	a-1	h. 1970	18	2271	c-h
i. Etu	16	3140	a-1				
j. Eero	6	2953	a-1				
k. Ingrid	16	2501	a-1				
l. Eva	8	2391	a-1				

Lajikkeet: F = 1,31^o
Vuodet: 3,68^{**}
Selitys-% 21,01

Vuosien väliset suhteelliset sadot. Multamaan sato kg/ha jaet-
tuna savimaan sadolla, kg/ha.

Vuosi	Suhteellinen sato
a. 1970	0,71
b. 1976	0,64
c. 1973	0,63
d. 1974	0,55
e. 1972	0,51
f. 1971	0,48
g. 1977	0,45
h. 1975	0,36

