

I 緒 言

1 背景および目的

我が国のバレイショの作付面積は、1964年に22万haをピークとしてその後漸減し、現在約12.7万haが作付けされている。

北海道では1961年に9.7万haの作付けを記録したが、普通畑の減少および1965年以降バレイショでんぷんが輸入トウモロコシを原料とする安価なコーンスターチとの競合などによって作付けは漸減し、このところ全国の作付面積の58%に相当する7万ha前後であるが、北海道では普通畑のうち1983年で約17%を占める重要な基幹作物である。

一方、北海道における単収は、1955年代後半からトラクタの導入に伴い施肥栽培技術が向上し、1965年代には機械化作業体系の確立による適期作業が励行され疫病防除薬剤の普及と防除が徹底し、さらに、1975年以降種子更新率が向上するなどして毎年上昇を続け、このところ約3.5tの単収を維持している。生産量は単収と同様の増加を辿り、全国生産量の約70%に当る250万t程度で推移している(表1)。

北海道産バレイショの用途別消費動向をみると

Table 1 Acreage and production of spring planting potato, and ratio of Hokkaido to Japan

Items		Years					
		1945	1955	1965	1975	1980	1983
Area ¹⁾ planted	Japan	205.7	207.1	202.0	132.6	117.5	122.3
	Hokkaido	78.4	86.0	92.8	71.4	64.7	70.9
	Ratio(%)	38.1	41.5	45.9	53.9	55.1	58.0
Production ²⁾	Japan	1,737	2,869	3,901	3,155	3,345	3,480
	Hokkaido	599	1,165	2,211	2,090	2,421	2,534
	Ratio(%)	34.5	40.5	56.7	66.2	72.4	72.8
Yield (Kg/10a)	Japan	845	1,390	1,930	2,380	2,850	2,850
	Hokkaido	764	1,350	2,380	2,930	3,740	3,570

1); 1,000ha

2); 1,000 t

(表2)、でんぷん原料用の占める割合は多く、その消費量はコーンスターチとの競合もあり横ばいの傾向であるが、生産量の約57%である。食用(市場販売用)はこのところ16%でほぼ一定であるが、加工食品用は食生活の多様化、洋風化などにより、1965年代後半からポテトチップやフレンチフライ用としての需要が急速に増え、目下約16%を占め増加傾向にある。種子用(販売種子用)は近年本州の作付が減少していることなどから需要が停滞し、6%前後である。

一方、北海道内の地域別の作付面積は、1983年において十勝が35%、網走が33%、上川および後志がともに8%とこれら4支庁で全体の84%を占め主産地を形成している。これら主産地では機械化作業体系が確立され、投下労働量が比較的少なく、豆類、麦類、テンサイおよびトウモロコシなどの輪作上欠くことのできない重要な作物となっている。

北海道におけるでんぷん原料用品種の動向を1955年以降に限ってみると(図1)、紅丸は1955年

Table 2 Use of potato in Hokkaido

Use	Years					
	1955	1965	1970	1975	1980	1983
Starch	1) 617(53) 2)	1,382(63)	1,365(63)	1,168(56)	1,417(59)	1,444(57)
Processing	0(0)	35(1)	50(2)	142(7)	338(14)	399(16)
Sale	175(15)	219(10)	333(16)	309(15)	351(14)	396(16)
Seed	59(5)	86(4)	104(5)	148(7)	140(6)	142(6)
Farmer's own use	291(25)	435(20)	221(10)	121(6)	64(3)	56(2)
Others	23(2)	54(2)	93(4)	200(9)	111(4)	96(3)
Total	1,165(100)	2,211(100)	2,166(100)	2,090(100)	2,421(100)	2,534(100)

1); 1,000 t

2); %

ころに作付面積の45%を占めていたが、その後、パレイショ全体の作付けの減少と相まって漸減したが、現在なお33%を占め最も多い。兼用の農林1号は1965年に約23%を占めていたが、その後で

んぶん原料用としての需要が減り、このところ約11%である。エニワは一時約8%の作付けをみたが、このところ4%台で減少傾向にある。ツニカはジャガイモシストセンチュウ発生地域向きとし

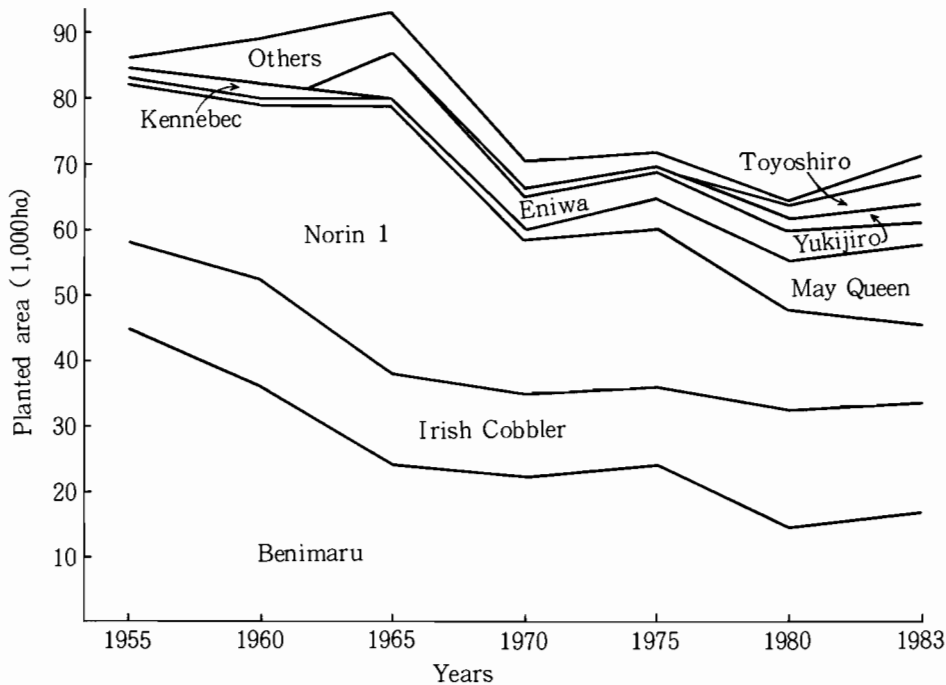


Fig. 1 Acreage of each potato variety in Hokkaido

て、ハツブキは秋播コムギの前作用として、高でんぶん価を特徴とするコナブキは省エネルギー用として、いずれもこれからの普及が期待されている。

北海道のパレイショの生産量は、でんぶん原料

用品種を中心とした永年の栽培技術の向上によって増加してきた。今後とも安定した生産量の維持および拡大を図るためには、適切な輪作を守ることが基本である。しかし、近年ジャガイモシストセンチュウの発生、多肥栽培によるでんぶん含有

率の低下、瘡痂病および黒痣病などの土壤病害の多発、バレイショ過作地域における生産量の低下など、様々な問題が提起されている。これらについては、栽培技術面において量的生産から質的生产に転換することにより解決できるものであるが、新しい改良品種の出現が強く要望されている。

北海道立根釧農業試験場は、北海道東部地域向けのでんぷん原料用品種の育成を任務としている。その主な育種目標は生産コストが低下でき、コーンスターチなどの輸入品に充分競争できるような良質高収量品種の育成である。

このようなことから、根釧農業試験場では1981年に紅丸、農林1号およびエニワよりもでんぷん価が高く、でんぷん収量が多く、疫病抵抗性を有するコナフブキ¹²⁾(浅間ら1981)を育成した。

著者は、1966年から1985年まで十数年間にわたって北海道立根釧農業試験場において、でんぷん原料用バレイショ育種に従事し、品種改良の試験とともに、選抜効率を向上させるための一連の基礎的研究を実施してきた。その過程の中で、でんぷん原料用品種の育成に役立つ優良な交配母本材料を選定し、主要形質の年次間差異および試験方法による遺伝母数の変異の程度を明らかにするとともに、育種過程における選抜の効率について検討してきた。また、選抜対象形質の変異が拡大するような選抜の場、および多収個体の選抜法についても解析を加えた。

本研究は、これらの試験結果をとりまとめたもので、今後のでんぷん原料用多収品種の育種に役立てようとするものである。

2 既往の研究成果

でんぷん品質には、粒径の大小、白度の高低、灰分および無機成分含量の多少、粘度の高低などが関与している¹⁰⁶⁾。これまでに、でんぷんの基本成分はアミロースとアミロペクチンであり、その他微量の無機成分、蛋白質および脂質などから成立していることが明らかにされている¹²⁵⁾。粒径は品種間で異なり^{46, 133)}、灰分含量およびリン

酸含量には品種間差異が存在する⁷⁷⁾。また、粒径、灰分、P、KおよびMg含量は品種間および年次間にそれぞれ差異がある¹³²⁾。これらの研究はいずれも数品種を供試して検討したものである。一方、粒径^{29, 42, 125)}および灰分含量^{125, 133)}は最高粘度との間に密接な正の関連性があり、P、KおよびMg含量は最高粘度との間に正、最高粘度到達温度との間に負の相関関係がそれぞれ明らかにされている^{29, 132)}。でんぷん特性と環境および栽培条件の関係については、粒径は多肥で小粒のものが比較的多くなり⁴⁶⁾、土性、気象などの環境によって変動しやすいとする報告¹³³⁾と、環境による変動は少なく品種固有の遺伝的特性でもあるという報告¹³²⁾がある。また、灰分、P、KおよびMg含量は栽培地間で異なる^{77, 125, 132, 133)}。これらはいずれも数品種を供試した実験結果であり、多数品種を数年間に亘って実験した例はみられない。なお、糊化開始温度、最高粘度および最高粘度到達温度は栽培年次、品種および場所によって変異する¹³³⁾。

育種方法について、田口^{113, 114)}は他の多くの作物の場合と同様に、交雑育種法によるのが最も効果的であると述べた。しかし、交配母本の選定については検討する必要がある。田口¹¹⁴⁾、浅間¹¹⁾および北海道農業試験場³⁰⁾はでんぷん価の組合せ能力について検討した。また、これまでの選抜試験において、F₁雑種における主要形質の分離からみて、早生で高でんぷん収量品種の育成は困難であるとされてきた^{11, 62, 113, 114)}。

年次間あるいは地域間において、主要形質は品種ごとに異なる反応を示す^{7, 8, 113, 115)}。また、反復力および年次間変異を二、三年間で推定した例はあるが^{4, 113)}、主要形質の年次安定性およびその安定性に関与する要因についての知見は乏しい。

品種を分類する方法には種々あるが、主成分分析法が分類に適用され、有用であることが認められている^{32, 56, 67, 68)}。しかし、バレイショにおいては浅間・上野⁶⁾が本法を実用形質の関連性の解明に利用した外は、適用例がみられない。

バレイショの葉部の形質は収量形質との間に関連性のあることが明らかにされている^{30, 37, 59, 69, 75, 111)}。そして、茎部の大きい品種では塊茎収量が

高く³⁷⁾、茎長あるいは茎数は収量形質との間に密接な関連性があるという^{26,59,69,86,87,97)}。しかし、花器の形質と収量形質の関連性について研究を加えた例はない。生育、休眠および萌芽日数の生理的形質は収量形質との間に遺伝⁵⁾および表現型^{52,62,63,69,113)}的に密接な関連性のあることが報告されている。収量形質の年次間変異について、田口¹¹³⁾および北海道農業試験場³⁰⁾はでんぷん価が最も小さく、黄変期がこれにつぐとし、浅間⁶⁾は生育日数が最も小さく、疫病初発日数がこれにつぎ、でんぷん収量が最も大きいと述べた。また、品種間の変異の程度について検討した報告^{4,44)}もある。収量形質間の関連性について、単年の相関係数を求めて明らかにした報告^{52,57,59,86,113)}は多い。しかし、多数年でしかも多数品種を供試して遺伝および表現型相関関係から研究した報告はみられないが、数年間、少数品種を供試して収量形質間の遺伝相関について検討した報告^{59,89,127,128)}はある。また、収量形質の遺伝率について検討した報告^{5,44)}もある。これらはいずれも単年の実験から明らかにしたものであり、数年間に亘る実験結果から検討する必要がある。さらに、多数品種を供試してでんぷんの粒径、灰分および無機成分含量などの遺伝母数およびこれらでんぷん形質と収量形質の関連性について検討を加えた例はない。

圃場試験の誤差は、育種および栽培試験における試験の効率に影響を及ぼすことから、これに関する研究報告は少なくない。反復数と変異係数との関係から、反復数を4が適当であるとされ^{51,54,123)}、また、東北農業試験場(1958)*では一区当り同じ個体数を扱う場合、反復数より一区当りの個体数を増加させた方が良いという。今後、供試数および反復数について遺伝統計量から検討する必要がある。一方、試験区の形・大きさによる試験区間の変異係数が一定となる一区当り面積は、15~30㎡が適当であるとする場合と^{51,54,123)}、150㎡が適当とする場合がある^{41,43,58)}。東北農業試験場(1958)*では一区当り調査株数の変異係数が

一定となる値を形質別に求めた。しかし、これら試験区間の変異程度を基にして育種試験における選抜の効率について検討を加えた例はない。

育種選抜過程における各形質の選抜の効率について検討した報告は比較的多い。田口¹¹³⁾は世代間における形質間の変異性の大きさについて検討した。F₂雑種集団の分離において、でんぷん価は両親平均程度かやや高い後代が多い場合^{11,40,105)}と両親平均値かやや低い後代が多い場合^{2,114)}が知られている。また、高でんぷん含量は低でんぷん含量に対して優性であるという^{2,105)}。田口¹¹³⁾は選抜世代間の相関係数を伝達力(transmissibility)と定義し、世代間の形質の遺伝的な関連性をその係数の大小から検討した。また、同一選抜世代において主要形質の遺伝率について検討した報告^{4,44,61)}はあるが、供試材料が少なく不十分である。選抜の場(環境)に関する研究は、ほかの作物では数多く存在するが、パレイショではほとんど検討されていない。浅間⁵⁾は生育日数、上いも収量およびでんぷん価を使用して選抜指数を求めて多収性系統を評価した。でんぷん収量構成形質がその収量に寄与する割合を径路係数分析を用いて解析した報告はいくつかあるが^{7,52)}、施肥量の異なる栽培条件下で間接選抜が可能かどうかについて検討した例がみあたらない。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、北海道立根釧農業試験場馬鈴しょ科の前科長浅間和夫氏(現北海道立中央農業試験場畑作物部主任研究員)、元科長金子一郎氏、現科長奥山善直氏、および同科の元研究職員上野賢司氏(現北海道立中央農業試験場)、同伊藤平一氏(現北海道立中央農業試験場)、同伊藤武氏(現北海道立十勝農業試験場)、現研究職員入谷正樹氏および同場作物科の元科長脇本隆博士の各位には、終始協力とご指導を頂き、有益な論議をともした。ここに各位に深く感謝の意を表わす次第である。

* ; 東北農業試験場(1958) : 昭和33年度馬鈴薯関係試験研究概要—育種関係—、栽培第二部成績書:1~4

本研究の取りまとめにあたり、ご懇篤なご指導、ご助言を賜わり、ご校閲の労を頂いた北海道大学農学部教授後藤寛治博士、同教授津田周彌博士および同教授木下俊郎博士に深く感謝の意を表すとともに、とりまとめの機会とご激励を賜った北海道立上川農業試験場長仲野博之氏、北海道立根釧農業試験場の元場長奥村純一博士および同場の前場長田辺安一氏(現北海道立新得畜産試験場長)に

深く謝意を表する。

また、本研究期間中に在任された北海道立根釧農業試験場長の坪松戒三博士、松村宏氏、平澤一志氏および松代平治氏には研究遂行に便宜を与えられ、激励と助言を頂いた。さらに、統計分析のための一部の計算は、農林水産省農林研究計算センターに依頼して行った。ここに、各位に対して謹しんで謝意を表する。

Ⅱ 交配母本の選定

バレイショの育種は、主として交雑育種法によって行なわれているが、バレイショは他殖性栄養繁殖作物なのでF₁で分離する。しかし、米麦などの自殖性作物と異なり固定の必要がないので、交配して得られるF₁集団から育種目標に合った個体を選抜すれば、そのまま品種となる可能性がある。このように育種操作は比較的簡単であるが、雑種が示す変異は主として両親の遺伝的素質に起因するものであるから、交配母本の選定は育種上最も重要なことからである。

従来より、交配母本の選定は導入保存品種・育成系統の中から経験によって行われることが多く、主として優良な品種・系統とみなされるものが親として利用されてきた。しかし、これらの品種・系統が交配母本として組合せ能力に優れているかどうかは明らかにされていない。

本章では、優良な交配母本を選定するために、導入保存品種および育成系統のでんぷん特性および実用形質と主な品種の年次安定性について検討した。さらに、親として使用された母材について、その組合せ能力などを明らかにしようとした。

1 でんぷん特性の品種間差異

でんぷん原料用品種が具備すべきでんぷん特性は、粒子が大きく、粒径が揃っていること、灰分含量が少ないこと、白度および最高粘度が高いこと、糊化開始温度および最高粘度到達温度が低いことなどである¹⁰⁶⁾。

これまで、でんぷん特性と品種および栽培年次との関係について試験したものは多数^{46,50,77,125,132,133)}あるが、これらはいずれも取り扱われた品種数および試験年数が少ない。また、選抜過程におけるでんぷん特性の調査は、比較的有望と認められた系統に限られる。

本節では、保存している品種および育成系統のでんぷんの粒径および無機成分含量について、そ

の品種・系統間差異を検討した。

試 験 方 法

試験は2回にわたって実施した。試験1は118品種について(表3)、1972年から1974年までの3年間、試験2は132品種・育成系統について(表6)、1978年に実施した。栽植密度はうね幅69cm、株間36cmとし、施肥量は10アール当り要素量(kg)として、N:12、P₂O₅:20、K₂O:15、MgO:3.5である。この外は標準耕種法に準じた(栽植密度、施肥量は以下、同様)。でんぷんの採取は枯凋した品種・系統から順に行った。つまり、約80~120gの4~5個の塊茎を基冠部を貫いて半裁し、その半分(約300g)をミキサーで粉砕した。そして、3ℓビーカーを使用し、純水で20、50メッシュの篩で分離沈澱後、土および粗繊維を分離するために5回洗浄し、その後乾燥させ精製した。粒径は顕微鏡(倍率200倍)で約300~1,200粒の長径を測定した。灰分含量は約10gのでんぷんを燃焼炉で500~550℃、5~6時間灰化した。無機成分は約5gのでんぷんを湿式灰化法により珪酸分離後、Pは硫酸マグネシウム法、K、MgおよびCaは原子吸光法で測定した。なお、各品種の成分含量はいずれも水分18%含有換算値で表した。

試 験 結 果

試験1: 供試品種を育成国別に分けて、粒径および無機成分含量を3年間の平均値で表3に、分散分析の結果を表4に示した。粒径、灰分、P、K、MgおよびCa含有量はいずれも品種間および年次間で1%水準で有意差が認められた。それらの年次間の分散は品種間の分散の1.5倍から数倍に及び、品種間の差よりも年次間の差が顕著であった。

Table 3 Diameter(μm) and inorganic constituents(mg/100g) of the starch granule in potato varieties

Varieties	Diameter	Ash	P	K	Mg	Ca	Varieties	Diameter	Ash	P	K	Mg	Ca
Japan							S 45208	25.9	374	64	44	12	1.9
Nemuro-beni	25.7	157	46	19	8	1.5	Germany						
Rishiri	17.9	167	58	42	9	1.7	Panther	21.2	141	48	27	8	1.7
Norin 2	20.5	176	38	21	7	1.8	Deodara	27.3	169	53	23	8	1.1
Niseko	24.3	182	52	26	8	1.0	M. Hindenburg	23.5	171	54	34	7	1.4
Bifuka-beni	22.8	184	48	21	8	1.1	Pepo	21.4	172	33	24	6	1.4
Yukijiro	21.8	185	71	46	12	1.2	Lembke Capella	20.7	183	52	25	10	1.1
Kintoki-imo	19.7	188	44	28	8	2.9	SB 458/49	27.1	190	51	28	10	1.7
490030	21.3	195	55	25	10	1.8	Furore	22.7	196	56	24	10	1.6
Norin 1	16.7	197	37	25	6	1.2	Fabricia	22.5	196	60	37	11	1.1
Bifuka-shiro	19.2	198	51	27	8	2.0	Hochprozentige	24.8	197	36	36	9	1.3
Hokkai-aka	18.8	202	46	29	7	1.3	Ackersegen	21.7	200	53	34	12	1.4
Hokkai-shiro	19.0	202	52	33	9	2.6	Fortunia	21.3	200	59	32	9	1.6
Shiretoko	18.0	205	44	36	10	1.9	Adelheid	20.5	205	56	40	12	1.0
Oojiro	17.1	206	38	28	8	2.9	Ultica	26.8	206	43	30	9	0.9
Unzen	16.7	206	39	22	9	2.2	SB 458/52	21.9	213	67	49	13	1.3
E 5244-2	21.5	207	47	24	7	1.6	Fontana	22.4	221	45	44	14	1.3
Kon-iku 2	19.9	208	45	24	10	1.8	Voran	21.8	232	72	41	11	1.2
Tachibana	21.6	213	43	21	7	1.1	Merkur	24.0	240	54	29	11	1.6
Chijiwa	20.8	215	48	30	8	1.2	Erdgold	25.7	258	52	28	10	2.2
San-en-imo	20.8	218	49	40	8	1.9	96-56	16.5	258	65	34	9	2.0
Kon-iku 1	24.4	219	49	26	13	1.5	Erdmanna	22.9	265	52	38	11	1.7
Myojo	24.9	228	60	43	10	1.2	Amyla	17.9	266	78	54	14	2.4
Nagasaki-zairai(B)	22.2	228	64	39	10	1.6	Tuno	23.6	277	87	50	16	1.7
Komagi	20.7	229	62	30	8	1.1	Maritta	22.7	296	65	48	14	1.0
Eniwa	26.3	229	62	32	9	1.4	Jubel	23.2	333	89	39	15	2.0
Rankoku 3	22.0	233	39	32	9	1.9	Mexico						
Benimaru	24.3	234	56	35	10	3.1	MB 124-2	22.9	181	51	20	9	2.0
Ofukuron	19.3	238	45	36	9	1.6	MB-184-1	24.8	219	69	39	13	1.2
Rankoku 5	19.0	251	46	27	10	2.3	Greta	18.7	228	47	34	14	1.7
Kushiro-san	21.3	253	54	25	8	1.2	Conchita	22.3	230	65	36	10	1.8
Ezonishiki	16.9	273	45	33	9	2.1	MB 136-6	20.7	248	54	33	12	1.6
Nemuro-murasaki	22.9	284	49	33	12	2.6	Gabriela	17.1	291	62	48	14	1.4
41089-8	20.5	302	55	33	13	1.7	Anita	19.3	309	71	52	16	1.7
Iwate 4	18.7	323	69	51	10	1.9	MB 135-1	20.9	331	70	54	15	1.7
USA							Bertita	21.4	339	84	44	14	1.7
Charles Downing	23.8	211	38	28	9	2.1	Holland						
White Rose	22.8	221	40	27	9	2.8	Alpha	20.2	207	46	34	9	1.3
Earliest of All	22.6	222	53	29	7	2.6	Ultimus	21.2	215	59	26	12	1.4
529-1	20.7	224	45	34	14	2.3	Libertas	18.1	228	64	29	10	2.5
Saco	22.1	229	40	34	8	1.3	Irene	20.3	234	48	40	11	1.3
41956	22.3	233	35	28	6	2.2	Bintje	22.1	262	59	43	10	2.1
Plymouth	22.5	234	87	52	13	1.9	Record	23.8	267	73	40	10	1.6
Wheeler	17.5	239	60	35	13	1.9	Gineke	24.0	287	58	31	8	1.3
Early Ohio	20.5	241	56	33	9	2.2	Eigenheimer	20.4	294	69	44	10	1.4
Early Rose	20.3	244	56	39	8	2.4	England						
Pawnee	19.5	247	72	41	12	2.9	Glad Stone	27.1	160	56	21	10	1.6
Houma	18.4	251	41	31	8	2.1	May Queen	20.5	208	44	21	9	2.1
Merrimac	20.8	253	68	43	12	2.2	Arran Banner	19.6	220	61	42	10	2.5
Early Norther	20.2	255	39	28	10	2.0	Eersteling	21.3	222	28	22	9	1.9
Essex	20.1	262	73	31	12	1.7	1506-b(9)	20.4	234	70	26	12	1.7
Kennebec	25.2	265	51	36	9	1.2	Others						
Katahdin	18.4	266	74	51	11	1.8	Kannan-shiro	23.3	183	56	28	8	1.4
La Soda	18.1	267	69	45	10	2.0	IAC 2968	21.7	204	43	26	9	1.8
Russet Rural	19.8	269	64	48	7	1.7	Detskoe Selo	25.3	225	53	31	10	1.7
Long White	18.7	272	57	30	9	3.6	Kameraz	27.1	232	57	46	14	1.4
Bliss	18.2	274	71	43	11	3.0	IAC 2339	21.7	244	52	29	10	2.1
Tawa	19.4	276	52	58	14	2.1	Kannan-aka	19.5	257	45	37	10	2.4
Mountain	21.3	288	56	47	15	2.1	IAC 307	18.5	294	78	40	15	1.9
Early Gem	19.5	295	29	28	8	2.9	Phulwa	18.4	325	46	45	12	2.4
Sebago	16.6	306	46	32	9	2.0	l.s.d. 1%	3.8	76	17	14	5.4	0.7
Rural N.Y.2	22.7	306	66	42	9	1.9	5%	1.9	58	13	11	4.2	0.5
Menominee	20.0	308	90	45	11	2.5							
Cherokee	24.7	318	57	58	14	2.6							
Golden	19.0	322	54	42	16	1.9							

Table 4 Analyses of variance for the diameter and the inorganic constituents of starch granule in 1972, 1973, and 1974

Source of variation	d.f.	Diameter MS	Ash MS	P MS	K MS	Mg MS	Ca MS
Total	353						
Varieties	117	23.50**	9,255.3**	350.30**	230.32**	32.24**	0.58**
Years	2	338.99**	13,580.2**	4,655.27**	3,331.88**	426.91**	12.85**
Error	234	3.21	1,308.0	64.24	42.63	6.59	0.11

** ; significant at the 1% level MS; mean square

粒径は16.5~27.3 μm の範囲に分布した。約半数の品種は20.0~24.0 μm の大きさに属したが、品種別ではDeodaraが最も大きく、Glad Stone、KamerazおよびSB458/49がいずれも27.0 μm 以上で大きかった。でんぷん原料用として栽培されている紅丸およびエニワはやや大きい方であった。育成国別では(表5)、ドイツ育成品種は比較的大きいものが多く平均22.7 μm を示し、アメリカの平均20.7 μm および我が国の平均20.8 μm に比較して約2.0 μm も大きかった。つまり、ドイツでは飼料用として育成された品種が多く、粒径と正の関係(表38)を示すでんぷん含量の高い品種が多いためである。

灰分含量は141~374 mgの範囲に分布した。13

品種が300 mg以上を示し、大部分の品種は200~300 mgの範囲に入った。農産物検査法による検査規格の0.2%(200 mg/100 g、水分18%、一等級)以内のものは22品種と少なかった。品種別では、S45208、Bertita、JubelおよびMB135-1が330 mg以上で多く、Panther、根室紅、Glad Stone、リシリおよびDeodaraが170 mg以下で少なかった。なお、紅丸およびエニワは230 mg前後を示し、農林1号は197 mgと少なかった。アメリカ育成品種は平均266 mgを示し、我が国およびドイツのそれに比較して20%も多かった。つまり、アメリカでは食用品種としての育成が多いためでんぷん含量が比較的少ないことによる。

P含量は28~90mgと幅広い範囲に分布した。品

Table 5 Comparison of the diameter(μm) and the inorganic constituents(mg/100g) of starch granule in potato varieties bred in Japan, USA and Germany

Country	Number of variety	Diameter		Ash		P	
		M \pm sd	C.V.	M \pm sd	C.V.	M \pm sd	C.V.
Japan	34	20.8 \pm 2.6	12.5	219 \pm 37	16.9	50.2 \pm 8.7	17.3
USA	30	20.7 \pm 2.3	11.1	266 \pm 37	13.9	56.8 \pm 15.0	26.4
Germany	24	22.7 \pm 2.6	11.5	220 \pm 46	20.9	57.5 \pm 13.9	24.2
Total	118	21.4 \pm 2.6	12.1	238 \pm 45	18.9	55.3 \pm 12.8	23.1

Country	K		Mg		Ca	
	M \pm sd	C.V.	M \pm sd	C.V.	M \pm sd	C.V.
Japan	30.6 \pm 7.7	25.2	9.0 \pm 1.7	18.9	1.76 \pm 0.57	32.4
USA	38.7 \pm 9.1	23.5	10.5 \pm 2.5	23.8	2.19 \pm 0.51	23.3
Germany	35.3 \pm 8.9	25.2	10.8 \pm 2.6	24.1	1.49 \pm 0.39	26.2
Total	34.8 \pm 9.3	26.7	10.3 \pm 2.4	23.3	1.80 \pm 0.50	29.2

M; mean value, sd; standard deviation, C.V.; coefficient of variation (%)

種別ではMenomineeが最も多く、Jubel、Tuno、BertitaおよびPlymouthが80mg以上を示した。K含量は19~58mgの広い範囲に分布した。多い品種としてはCherokee、Tawa、MB135-1、Amyla、Katahdin、Plymouth、Anita、岩手4号およびTunoがいずれも50mg以上を示した。なお、我が国の育成品種はアメリカおよびドイツのそれに比較して少なかった。Mg含量は6~16mgに分布し、平均10.3mgであった。Golden、Tuno、Jubel、Anita、MB135-1、MountainおよびIAC307は15mg以上で多かった。そして、Ca含量は0.9~3.6mgの範囲に分布し、その変異係数は29.2%を示し、無機成分含量の中で最も変動が大きかった。Long White、紅丸およびBlissは3.0mg以上で多く、Ul-tica、Adelheid、ニセコおよびMarittaは1.0mg以下で少なかった。

試験2：供試品種・系統を育成国別に分けて、粒径および無機成分含量を表6に示した。粒径は13.7~40.9 μm の範囲に分布し、約半数の品種・系統は20.0~26.0 μm の大きさに属した。品種・系統別ではLorhが40.9 μm を示し最も大きく、ついで、根育6号、MaraおよびWB59177-4の順であり、14品種・系統が30 μm 以上を示した。ハツブキは22.4 μm でやや小さい方であった。灰分含量は100~439mgの範囲に分布し、72品種・系統が0.2%以内であった。品種・系統別では、根系8号が最も多く、北海43号、Lorh、490012およびElenitaがこれについて多く、12品種・系統が250mg以上であった。一方、Cansoは最も少なく、Saskia、1682-c(1)、根育10号、根育17号、北海33号およびPentland Aceはいずれも120mg以下であった。なお、トヨシロ、男爵薯およびハツブキは200mg以下、ワセシロは209mgでやや少ない方であった。また、交配母本として利用頻度の高かったWB60015-7、K66018-154、64030-525およびWB59177-4は190~260mgの範囲にあった。P含量は26~128mgの範囲に分布していた。最も多いのは北海43号であり、ついで、1512-c(16)、セトユタカ、Chenango、北海27号、Chippewa、根系33号、北海53号および64030-525の順であり、いずれも80mg以上であった。K含量は19~65mgの

範囲に分布し、北海43号、根系33号、64030-525、Lorh、Elenita、北海27号および48097-3は60mg以上で多かった。Saskia、Sirtemaおよび根育17号は20mg以下で著しく少なかった。Mg含量は2.2~7.5mgの範囲に分布し、灰分含量に占める割合は平均で2.1%と少なかった。そして、北海43号、Chenango、K66018-154、Magura、セトユタカおよび根系37号は55mg以上で多かった。Ca含量は0.2~2.4mgの範囲に分布し、大部分の品種・系統は1.0mg以下であった。

考 察

でんぷんの基本成分はアミロースとアミロペクチンである。そのほかに高度に精製しても除去することの困難な微量の無機物、蛋白質、脂質などの存在が知られているが¹⁰⁸⁾、本試験では分析、測定と比較的容易な粒径および無機成分含量について検討した。

粒径について、金子(1967)⁴⁶⁾は4品種の調査から品種間差異を認めた。同じく、湯村・佐藤(1959)¹³³⁾は6品種の分析から変動し易い形質であると述べた。灰分およびリン酸含量について、木原・高橋(1957)⁵⁰⁾は5品種について分析し、品種間差異のあることを認めた。さらに、吉岡ら(1977)¹³²⁾は8品種の粒径、灰分、P、KおよびMg含量を分析し、品種間および年次間に差異のあることを明らかにした。本試験の結果、試験1において品種間および年次間に有意差が認められ、これらの報告とほぼ同様の傾向を得た。利用面からのでんぷん特性は大粒径のものが望ましく、大粒径は小粒径に比較して最高粘度が高く、糊化開始温度が低いなどの特徴がある⁴²⁾。したがって、粒径の育種目標は大きいものを選抜対象としている。これまで、でんぷん価および疫病抵抗性など特異的な特性を示し、交配母本として利用頻度の高かった根育5号、WB60015-7、64030-525、K66018-154およびWB59177-4は28.0 μm 以上を示し、大きい方に属していた。

灰分含量はP、K、MgおよびCa含量との相互間に正の相関関係が認められた(表7)。したがって、灰分含量はこれらの無機成分含量の多少に

Table 6 Diameter (μm) and inorganic constituents (mg/100g) of the starch granule in potato varieties

Varieties	Diameter	Ash	P	K	Mg	Ca	Varieties	Diameter	Ash	P	K	Mg	Ca
USA							1512-c(16)	28.0	267	87	50	4.0	0.9
Canso	22.8	100	36	25	2.2	0.2	USSR						
Red Warba	22.7	152	48	30	3.5	0.7	Prueski Rannij	21.2	153	50	22	3.8	0.8
Earlaine	21.6	152	45	25	4.2	0.8	Klasneufimsk	27.7	218	66	46	3.8	0.4
Green Mountain	29.1	164	64	35	3.7	0.8	Lorh	40.9	284	78	61	4.1	0.4
Russet Burbank	27.4	169	61	39	4.6	0.8	Mexico						
Irish Cobbler	22.4	170	52	26	4.1	0.8	Dorita	29.3	233	79	43	4.4	1.3
Norland	26.6	174	52	30	4.8	0.9	Elenita	29.5	273	77	61	3.9	0.8
Atleet	30.6	180	64	39	3.3	0.2	Rumania						
Warda	20.7	199	65	26	4.9	0.8	Brasovean	25.1	171	58	37	3.9	0.8
Red Beauty	19.9	205	65	33	4.5	1.2	Magura	18.5	231	64	43	5.7	0.2
Pungo	20.9	211	61	49	4.3	0.6	Japan						
Triumph	23.3	215	78	34	5.3	0.8	Setoyutaka	20.9	136	86	59	5.5	1.0
Chippewa	22.8	231	80	50	4.1	1.4	Youraku	24.0	143	30	30	3.4	0.8
Multa	29.8	232	66	56	4.9	0.8	Toyoshiro	22.2	148	42	29	4.6	0.2
Teton	26.7	233	77	49	5.0	1.8	Shimabara	21.1	166	60	39	4.1	1.2
Chenango	17.4	238	81	39	6.4	0.8	Musa	25.3	169	64	35	4.1	0.8
Holland							Hatsufubuki	22.4	175	64	41	3.9	0.8
Saskia	20.9	103	36	19	3.5	0.8	Tarumae	28.1	201	44	45	4.4	0.8
Mentor	13.7	150	53	33	3.0	0.8	Hon-iku 393	20.4	201	58	37	5.3	1.2
Sirtema	20.1	155	43	19	3.7	0.8	Waseshiro	23.6	209	69	37	3.8	0.2
Prevalent	24.5	169	55	39	4.1	0.9	Bihoro	31.2	237	48	44	5.0	1.2
Ehud	25.7	180	62	45	5.3	0.8	Japan (Breeding line)						
Fina	22.6	183	58	38	4.1	2.4	Kon-iku 4	22.7	137	43	27	2.9	0.8
Froma	26.9	185	58	41	4.7	0.8	do. 5	29.6	220	62	55	3.5	0.8
Mara	35.9	191	64	44	4.1	0.8	do. 6	36.3	126	36	29	2.7	0.8
Isora	26.5	199	45	39	4.5	0.2	do. 7	29.6	258	31	42	4.9	0.8
Noordeling	21.4	210	63	40	4.3	0.8	do. 8	23.6	155	51	23	4.7	0.2
Rode Star	20.8	218	58	44	5.0	0.2	do. 10	22.2	106	26	21	3.1	0.2
Pinpernel	25.8	228	66	55	4.6	0.8	do. 12	27.8	153	46	35	3.4	0.2
Regina	26.6	231	70	48	4.0	0.2	do. 13	29.1	156	35	27	3.8	0.2
Germany							do. 14	26.8	210	38	32	4.5	0.2
Frümölle	24.0	149	50	29	4.6	0.8	do. 15	27.9	167	42	29	3.0	0.2
Parnassia	24.7	161	55	35	3.3	1.2	do. 16	29.4	127	32	23	2.6	0.2
Susanna	24.9	198	69	45	4.8	0.2	do. 17	23.8	113	29	20	2.7	1.2
Skutella	21.9	213	59	22	5.2	0.8	do. 18	24.6	200	62	44	4.7	0.8
Tunika	21.6	216	64	34	4.5	0.9	do. 19	23.5	182	59	43	4.0	0.2
Pavo	16.5	219	68	33	5.1	2.2	Konkei 1	21.2	183	43	39	4.1	0.2
Kamiyaimo	22.4	264	69	58	4.1	0.2	do. 4	18.4	246	56	33	3.2	0.2
England							do. 5	15.9	153	49	30	4.0	1.2
1682-c(1)	25.4	106	37	24	2.9	2.1	do. 6	24.1	194	28	42	3.9	1.2
Pentland Ace	20.4	120	43	23	3.5	0.2	do. 7	29.9	177	62	36	4.9	0.8
1506-b(31)	28.2	205	55	37	4.7	0.8	do. 8	29.5	439	67	50	4.2	0.7

Table 6 (continue)

Varieties	Diameter	Ash	P	K	Mg	Ca	Varieties	Diameter	Ash	P	K	Mg	Ca
Konkei 12	32.2	227	43	24	3.9	0.2	Hokkai 23	23.4	176	50	40	2.7	0.2
do. 13	26.9	126	43	26	3.2	1.2	do. 25	21.9	242	54	37	4.2	1.1
do. 14	23.4	164	49	37	4.1	0.7	do. 27	22.3	242	81	61	4.5	2.3
do. 15	20.3	163	58	31	3.3	0.8	do. 31	24.0	227	55	58	3.9	1.2
do. 17	27.0	149	49	31	3.5	0.8	do. 33	30.2	119	31	31	3.3	0.2
do. 18	25.9	220	61	43	4.6	0.2	do. 34	23.1	164	54	33	3.7	1.2
do. 19	21.7	220	65	43	5.0	1.1	do. 36	20.5	181	63	29	3.8	1.2
do. 20	32.1	225	70	51	4.0	0.8	do. 39	22.4	216	66	35	4.2	1.2
do. 21	29.2	228	73	44	4.9	1.1	do. 42	25.8	121	48	30	3.0	0.7
do. 25	32.7	172	44	38	3.8	0.8	do. 43	28.2	341	128	65	7.5	0.9
do. 28	26.0	176	61	36	4.3	0.2	do. 46	28.6	170	46	46	3.8	0.2
do. 29	24.0	215	64	52	3.2	0.2	do. 49	18.4	127	28	23	4.0	2.4
do. 30	25.3	166	63	37	4.1	2.4	do. 50	22.3	132	43	24	4.3	1.2
do. 32	25.8	204	56	41	3.3	0.8	do. 51	31.1	223	68	51	4.6	0.8
do. 33	34.9	259	80	62	4.1	0.8	do. 52	21.3	169	65	41	4.1	0.2
do. 34	29.3	164	58	40	3.9	0.2	do. 53	21.6	224	80	48	5.0	0.2
do. 37	20.2	236	72	55	5.5	0.2	do. 54	23.9	176	58	27	3.4	0.2
do. 40	20.6	241	59	37	4.1	1.1	do. 56	22.2	169	63	41	3.4	2.3
do. 44	26.7	130	50	32	3.8	0.8	48097-3	15.9	243	67	60	5.0	0.2
do. 47	26.5	193	56	46	3.1	0.8	490012	25.8	275	77	59	4.2	0.2
do. 48	29.9	223	67	36	4.7	0.2	WB59177-4	35.1	197	50	51	3.5	0.2
do. 49	27.1	208	56	48	3.2	0.6	WB60015-7	31.0	229	67	57	4.3	0.2
do. 51	29.3	168	42	37	3.3	0.8	WB61037-94	23.3	138	39	21	3.4	0.2
do. 52	29.0	219	57	45	3.8	0.4	64030-525	28.1	251	80	62	4.8	1.2
do. 53	24.3	203	60	42	4.5	0.2	64033-535	27.9	148	44	38	3.2	0.2
Hokkai 5	26.7	255	76	37	4.4	0.2	K66018-154	28.5	204	71	47	5.9	0.8
do. 13	21.5	180	64	38	4.5	0.8	Mean	25.1	193	57	39	4.1	0.7
do. 19	22.3	152	40	33	3.0	0.2	C.V.(%)	17.6	25.3	26	28	19	71
do. 21	30.4	261	51	35	4.2	0.2							

Kon-iku, Konkei; selected at Hokkaido Prefectural Kosen Agricultural Experiment Station.
Hokkai; selected at Hokkaido National Agricultural Experiment Station.

Table 7 Correlations among the starch characters

Characters	Ash	P	K	Mg	Ca
Diameter of starch granule	-0.180*	0.012	-0.140	-0.007	-0.348***
Ash content		0.429***	0.599***	0.529***	0.271**
P content			0.606***	0.561***	-0.017
K content				0.635***	0.070
Mg content					0.020

*, ** and ***; significant at the 5, 1 and 0.1% levels, respectively

大きく影響されることが明らかになった。純水を用いて製造した灰分含量は、最高粘度との間に正の密接な相関関係を示すことが明らかにされているが^{125,132)}、灰分含量は前述したように200 mg以下であることが望ましい。また、本試験の結果、灰分含量の多い品種は粒径が小さくなる関連性を認めたが、灰分含量と粒径の育種目標は灰分含量が200 mg以下で、粒径が大きい品種のものとしている。したがって、この条件に該当する品種・系統を両試験結果から探索してみると、試験1では灰分含量が200 mg以下で、粒径が24 μm以上を示すものとしては、Deodara、Glad Stone、SB458/49、根室紅、ニセコ、Hochprozentige(以下Hoch.)が検索された。同じく、試験2では、灰分含量が200 mg以下で、粒径が28 μm以上を示すものとしては根育6号、Mara、北海33号、Atleet、根系25号、WB59177-4、根育13号、根育16号、Green Mountain、根系7号、根系34号、根系51号および北海46号が該当した。これらの品種・系統を交配母本として利用することにより、灰分含量が基準以内(0.2%)で、粒径が大きく、望ましい粘度特性を示す品種の育成は可能と考えられる。なお、トヨシロ×WB66201-10の後代であるコナフブキ¹²⁾は、粘度特性が既存品種に比較し、全生育期間において勝るとして注目されている。

P成分について、田端・楡作(1975)¹⁰⁸⁾は微量成分がいずれもでんぷん粒の表面あるいは内部に吸着・内蔵しているのと異なり、でんぷん分子と化学結合(アミロペクチンとエステル結合)していることを明らかにしている。そして、K、MgおよびCa成分がリン酸塩の形で存在するものが多いが、P成分は他の微量成分とは区分してでんぷんの基本構成物質とみることができるとした。本試験の結果、P含量は灰分含量に占める割合が多く、灰分、KおよびMg含量と密接な正の相関関係が認められた。これまで、P含量はほかの無機成分含量に比べ糊化特性に与える影響が大きく、最高粘度と正、最高粘度到達温度と負の関係を示し¹³²⁾、さらに、糊化時の透光度や膨潤度、保水性、酸性度、溶解性などに関与し、これらの特性に重要な役割を与えていることが明らかにされている

29,42,76,108)。したがって、P含量は多いものを選抜の対象としてきた。

K含量はでんぷん特性に与える影響は少ないが、P含量と同様に最高粘度との間に正、最高粘度到達温度との間に負の関連性が観察されている¹³²⁾。また、K含量は灰分およびP含量の多い品種で増加する傾向が認められた。そして、Mg含量は灰分含量に占める割合が少ないが、K含量と同様に最高粘度および最高粘度到達温度との間に関係が認められており¹³²⁾、Mg含量の役割も重要である。

これまで、でんぷんに関する特性は環境および栽培条件などによって変化することが明らかにされているが^{46,50,77,125,132,133)}、本試験で多数の品種・系統についての分析結果からも、粒径および無機成分含量は品種間および年次間差異を示した。そして、これらの分析の中から望ましいでんぷん特性を示す品種・系統をいくつか検出することができた。

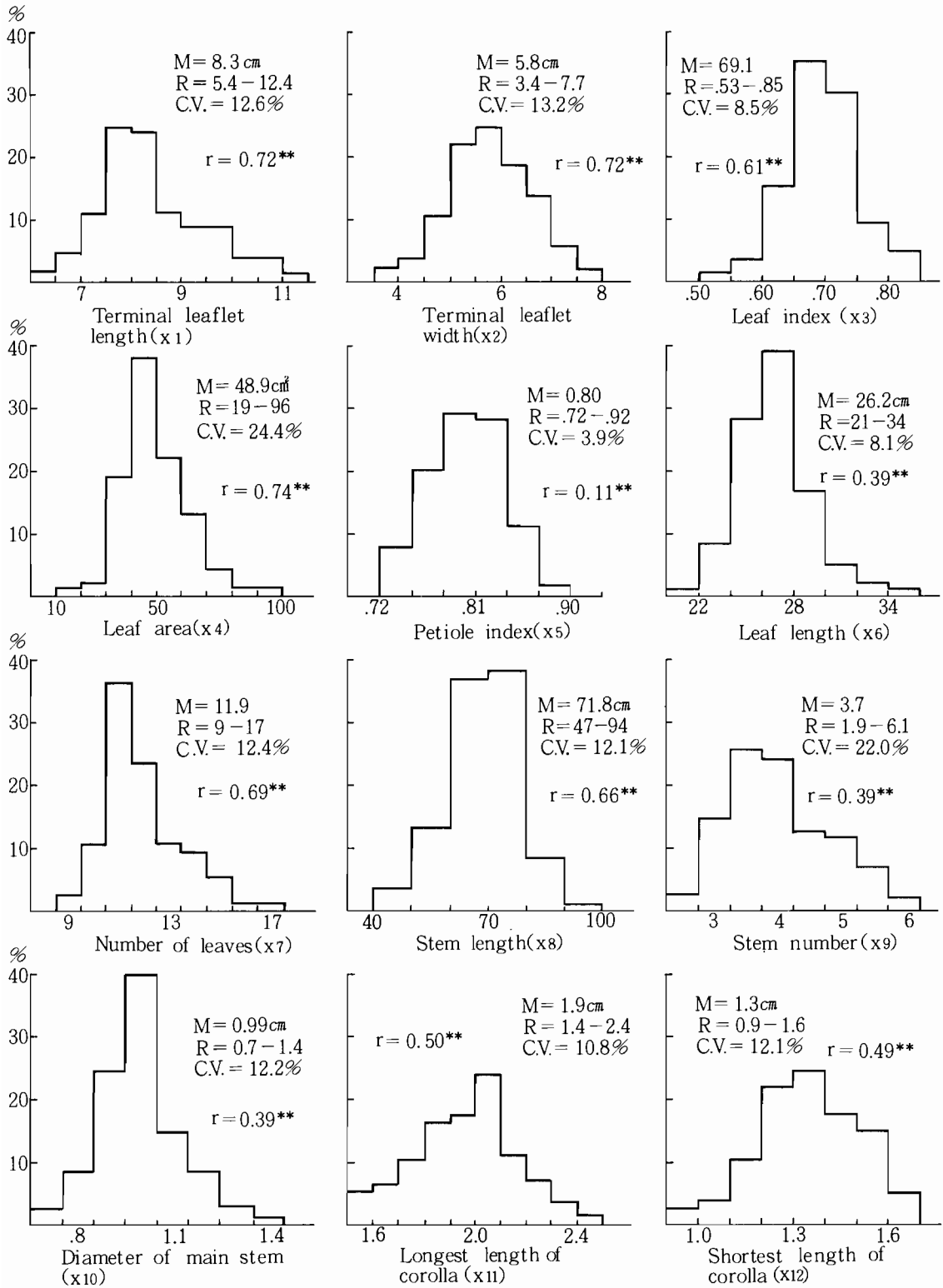
2 主成分分析法による品種分類

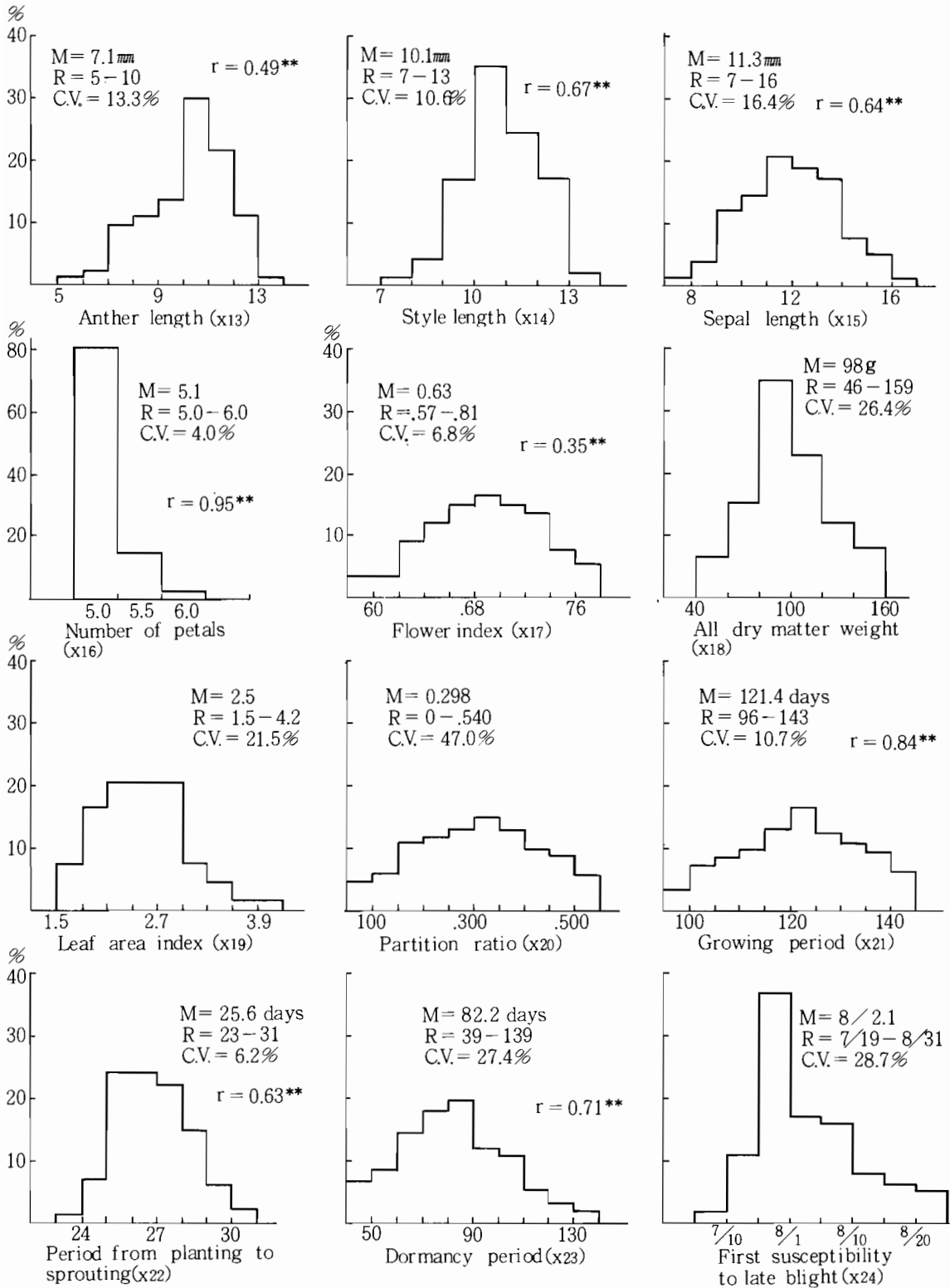
主成分分析は作物のもつ特性をできるだけ要約し、総合的な特性を得る方法に適し、浅間・上野(1967)⁶⁾はバレイショの実用形質間の関連性の解明に、望月(1968)⁶⁸⁾はトウモロコシ、塩谷・川瀬(1971)¹⁰²⁾および楠原ら(1972)⁵⁶⁾はカンショ、堀江ら(1966)³²⁾は水稻、宮浦ら(1972)⁶⁷⁾はテンサイの品種分類に適用している。

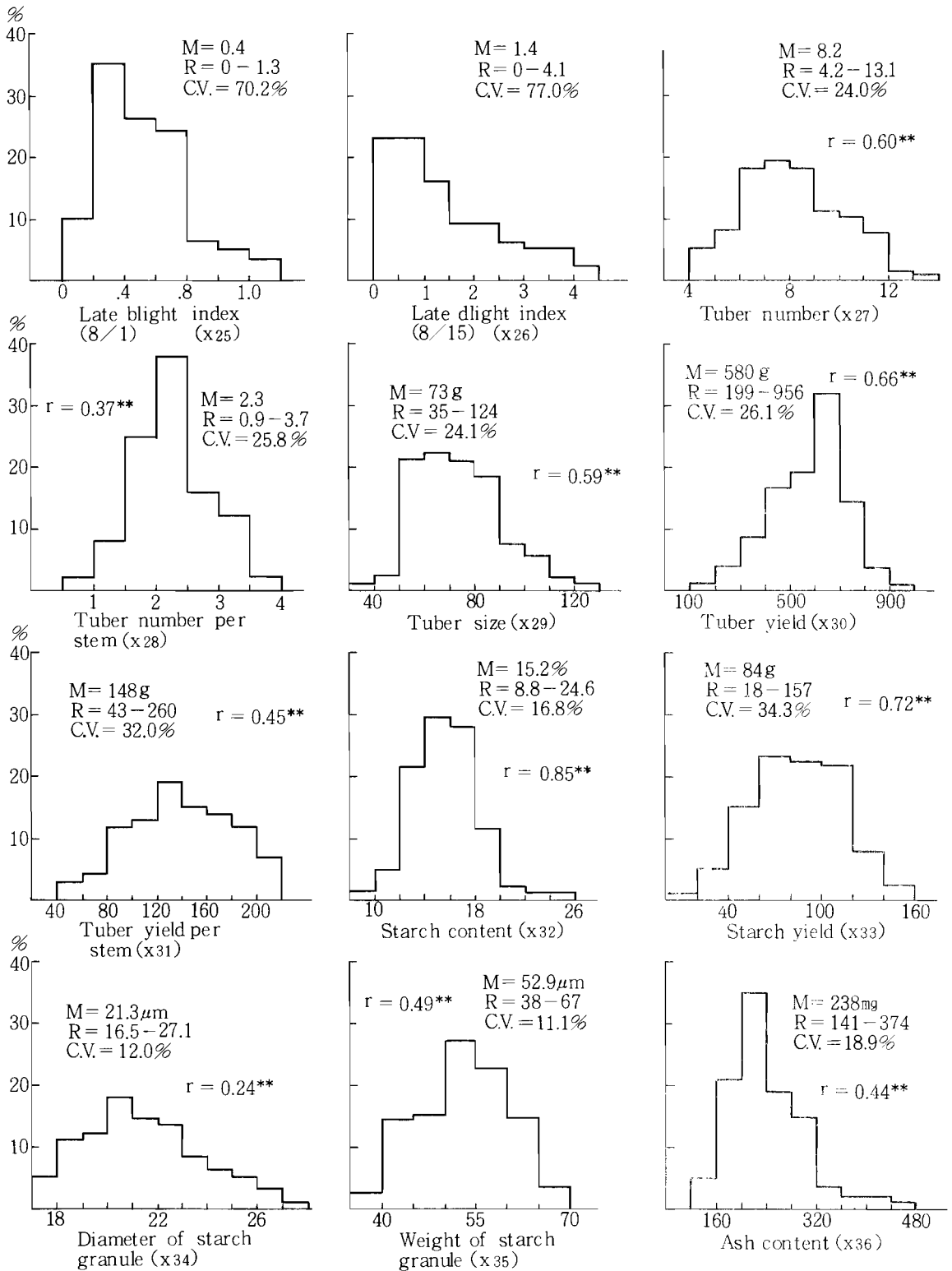
本節では、主成分分析を適用し、実用形質に基づき保存品種を分類した。

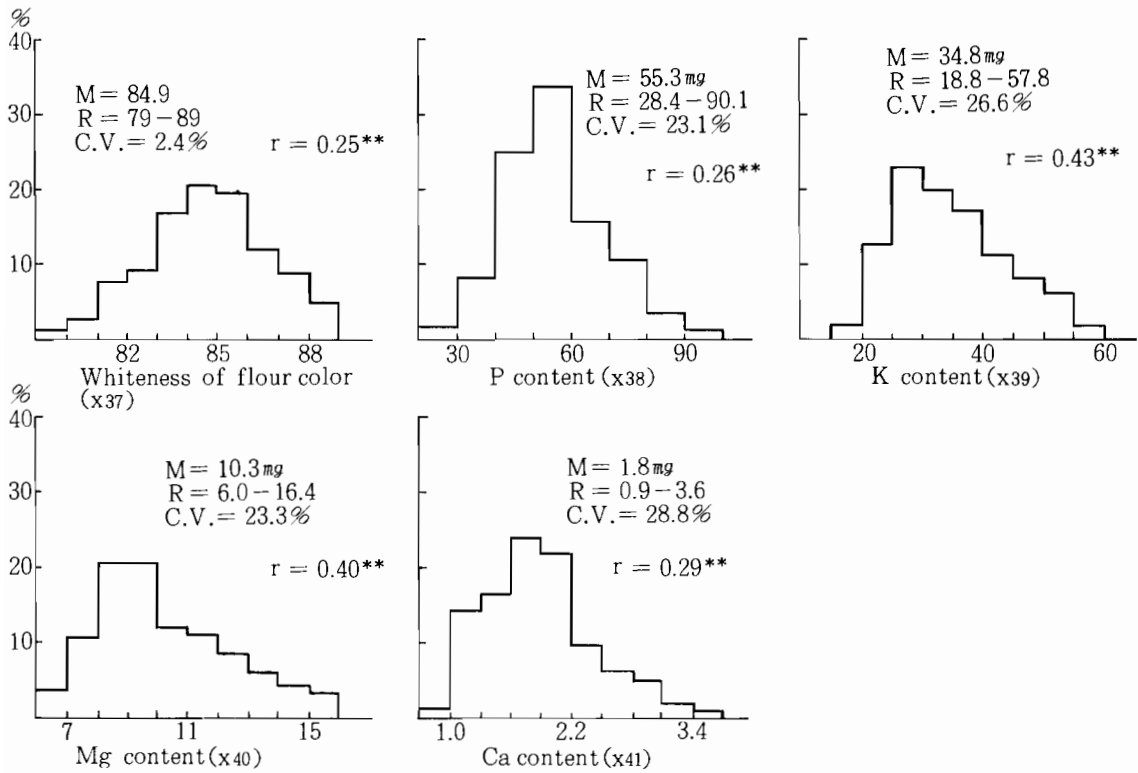
試 験 方 法

材料は、1967年から1974年にかけて栽培した118品種である(論文末尾に付した表75)。扱った形質は統計的に5%水準で品種間に有意差を認めた41形質の中から(図2)、交配母本の識別に必要な部位別形質および主要な13形質を選んだ(表8)。すなわち、頂小葉面積(X₄)、茎長(X₈)、葯の長さ(X₁₃)、8月30日の地上部乾物重(以下、乾物重と









M; mean value

R; range from minimum value to maximum value

C.V.; coefficient of variation

r; mean value of each correlation coefficient between two years in test period (*; 5%, **; 1% level)

Fig. 2 Frequency tables of each character used in this experiment

呼ぶ) (X18)、生育日数(X21)、8月15日の疫病罹病指数(以下、疫病罹病指数と呼ぶ) (X26)、上いも数(いも重20g以上の数、以下、上いも数と呼ぶ) (X27)、上いも平均一個重(個体当上いも収量/上いも数、以下、一個重と呼ぶ) (X29)、個体当上いも収量(いも重20g以上、以下、上いも収量と呼ぶ) (X30)、でんぶん価(1972年以前はライマン秤、以降はでんぶん価自動測定装置によるライマン価) (X32)、個体当でんぶん収量(上いも収量×(でんぶん価-1.0)、以下、でんぶん収量と呼ぶ) (X33)、でんぶんの粒径(X34)および灰分含量(X36)である。なお、各形質の調査期間および測定方法は第Ⅲ章および第Ⅱ章第1節に示したほか、つぎのとおりである。花器に関する花冠数(X16)は開花揃いに平均的な茎長を示す5~6個体を選び、各個体で最も大きい花を1個ずつ摘花し測定した。地上部乾物重(X18)、葉面積指数(LAI)(X19)およ

び分配率(塊茎乾物重/総乾物重)(X20)は、1972年、1974年の8月30日に平均的な茎長を示す5~6個体を選び測定した。疫病初発生日(X24)は疫病の発生を初めてみた日、疫病罹病指数(8/1)(X25)、同(8/15)(X26)は1967~1974年に一品種13個体について発病の程度とその発生面積に応じて、指数0(発生面積0%、以下同様)、1(5%)、2(20%)、3(40%)、4(60%)、5(80%)および6(100%)として測定した。でんぶんに関するでんぶん粒重(X35)はでんぶんを球体(πr^3)として求めた平均体積の粒径を示し、白度(X37)は光電白度計で測定した。

主成分分析の計算方法は、Anderson (1958)³⁾、奥野ら(1971)⁸⁴⁾によった。計算の一部は農林水産省農林研究計算センターに依頼し、ライブラリープログラム3-5(104)石間紀男(1969)³⁸⁾を使用して行った。

Table 8 Characters used principal component analysis

Representative characters	Characters
Leaf area(x4)*	Terminal leaflet length(x1), Terminal leaflet width(x2), Leaf index(x3), Petiole index(x5), Leaf length(x6), Number of leaves(x7)
Stem length(x8)	Stem number(x9), Diameter of main stem(x10)
Anther length(x13)	Longest length of corolla(x11), Shortest length of corolla(x12), Style length(x14), Sepal length(x15), Number of petals(x16), Flower index(x17)
All dry matter weight (x18)	Leaf area index(x19), Partition ratio(x20)
Growing period(x21)	Period from planting to sprouting(x22), Dormancy period(x23)
Late blight index (8/15)(x26)	First susceptibility to late blight(x24), Late blight index(8/1)(x25)
Tuber number(x27)	Tuber number per stem(x28)
Tuber size(x29)	
Tuber yield(x30)	Tuber yield per stem(x31)
Starch content(x32)	
Starch yield(x33)	
Diameter of starch granule(x34)	Weight of starch granule(x35)
Ash content(x36)	Whiteness of flour color(x37), P content(x38), K content(x39), Mg content(x40), Ca content(x41)

* ; figure indicates character number

試 験 結 果

1) 形質間の相互関係

代表形質の相関関係を表9に示した。頂小葉面積は、疫病に弱い品種あるいは一個重の大きい品種で大きく、茎の長い品種、熟期の遅い品種、いも数の多い品種、高でんぶん価の品種あるいはでんぶん収量の多い品種でそれぞれ小さくなる関係が認められた。茎は、熟期の遅い品種、疫病に強い品種、灰分含量の少ない品種、上いも収量あるいはでんぶん収量の多い品種、高でんぶん価の品種でそれぞれ長くなる関係が認められた。薬は熟

期の遅い品種、疫病に強い品種でそれぞれ長くなる関係が認められた。8月30日の乾物重の多い品種では、上いも数、一個重、上いも収量、でんぶん収量がそれぞれ多く、灰分含量は少なくなる関係が認められた。生育日数は収量形質との間にいづれも正の関係が認められたが、8月15日の疫病罹病指数は頂小葉面積を除き各形質との間に負の関係が認められた。

収量形質の上いも数、でんぶん価、上いもおよびでんぶん収量の相互間には正の関係が認められた。これらの形質の多い品種では疫病に抵抗性を示し、灰分含量が少ない関係が認められた。また一個重と上いも数の間に負の相関関係が存在し、

Table 9 Correlation matrix of thirteen characters

Characters	(x8)	(x13)	(x18)	(x21)	(x26)	(x27)	(x29)	(x30)	(x32)	(x33)	(x34)	(x36)
(x 4)	-.34**	-.07	.05	-.41**	.33**	-.29**	.21*	-.11	-.27**	-.21*	-.07	.08
(x 8)		.12	.08	.59**	-.35**	.35**	-.05	.25**	.51**	.40**	.21*	-.24**
(x 13)			.01	.20*	-.24**	.06	.15	.13	-.01	.09	-.07	.04
(x 18)				.04	-.10	.18*	.22*	.30**	.08	.25**	.01	-.22*
(x 21)					-.87**	.49**	.27**	.65**	.58**	.73**	.25**	-.17
(x 26)						-.50**	-.43**	-.77**	-.46**	-.76**	-.30**	.15
(x 27)							-.25**	.66**	.55**	.73**	.41**	-.30**
(x 29)								.52**	-.15	.31**	-.06	-.08
(x 30)									.36**	.90**	.28**	-.31**
(x 32)										.71**	.47**	-.40**
(x 33)											.42**	-.41**
(x 34)												-.18*

一個重の大きい品種では上いも数が少なくなる関係が認められた。でんぶんの粒径は灰分含量の多い品種および8月15日の疫病に罹病性を示す品種で小さく、茎が長い品種、生育日数の多い品種あるいは上いも数、上いも収量、でんぶん価、でんぶん収量の多い品種では大きくなる関係が認められた。そして、灰分含量は茎の短い品種、乾物重の少ない品種、上いも数の少ない品種、上いもおよびでんぶん収量の少収品種、低でんぶん価を示す品種、あるいはでんぶん粒径の小さい品種で多くなる関係が認められた。

2) 主成分の抽出の意義

表10には、主成分分析で得られた第1から第4までの4主成分と各主成分に対応する固有値、寄与率および累積寄与率を示した。第1から第4までの主成分による固有値は全体の約88%を示すことから、品種の分類に必要な情報の約88%が4つの主成分によって説明できることがわかった。

つぎに、4主成分の農業上の意義を表10に示した各主成分値、図3に示した主成分値の分布および表11に示した13形質と主成分値の間の相関係数に基づき考えてみる。

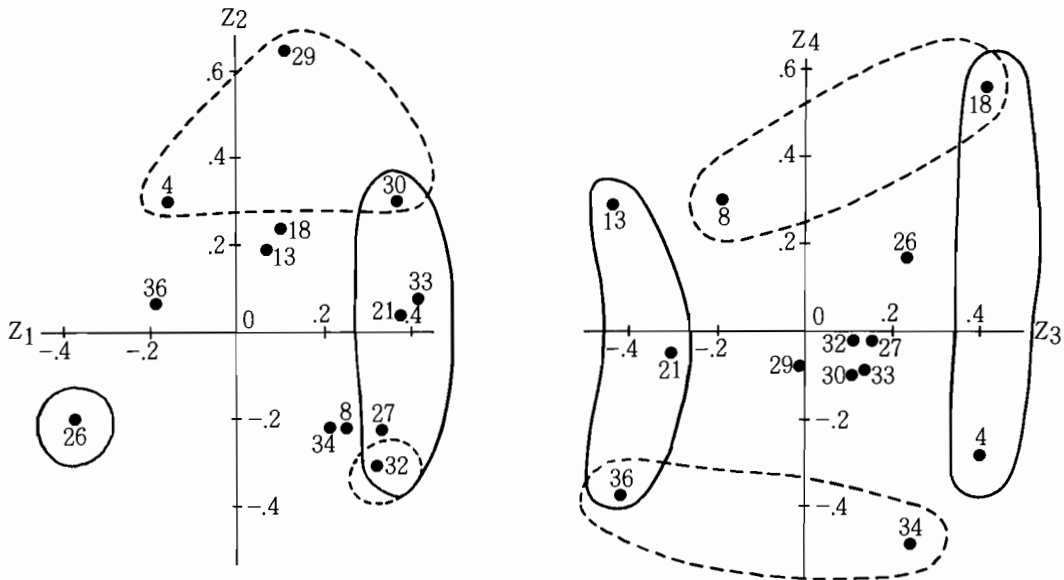
第1主成分は頂小葉面積、疫病罹病指数および

Table 10 Principal components and cumulative contributions of representative characters

Characters	Principal components			
	Z1	Z2	Z3	Z4
(x4)	-.16	.30	.40	-.28
(x8)	.25	-.23	-.19	.31
(x13)	.07	.19	-.44	.29
(x18)	.10	.24	.41	.56
(x21)	.38	.04	-.31	-.05
(x26)	-.37	-.20	.23	.17
(x27)	.33	-.23	.15	-.02
(x29)	.11	.65	-.01	-.08
(x30)	.37	.30	.11	-.10
(x32)	.32	-.31	.11	-.02
(x33)	.42	.08	.13	-.09
(x34)	.21	-.22	.24	-.49
(x36)	-.19	.07	-.42	-.38
Eigen value	5.15	1.83	1.39	1.00
Contribution	.47	.16	.14	.11
Cumulative contribution	47%	63%	77	88%

灰分含量を除く各形質の符号がすべて正である。そして、各形質の重みはでんぷん収量、生育日数、上いも収量、上いも数およびでんぷん価が 0.3 以上、疫病罹病指数が -0.3 以下である。また、第1主成分と形質値の相関係数は、でんぷん収量、生育日数、上いも数、上いも収量およびでんぷん価が多く、でんぷん価が高く、疫病罹病指数が小さいときに大きな値を示す。すなわち、第1主成分は主として、晩生で、疫病抵抗性があり、でんぷん収量の多収な品種で大きな値を示し、その反対の品種では小さな値を示すものといえる。

つぎに、第2主成分は、各形質にかかる重みでは一個重が正で極端に大きく、ついで、でんぷん価、頂小葉面積および上いも収量で大きかった。また、第2主成分と形質値の間の相関係数は、一個重が正の大きな値を示した。このことから、総合特性の指標としての第2主成分は一個重が大きいとき大きな値を示し、一個重が小さいとき小さな値を示す。すなわち、第2主成分は主として大



Z1,Z2,Z3,Z4; 1 st, 2 nd, 3 rd and 4 th principal component, respectively
Arabic figure in the diagram shows number of characters

Fig. 3 Scatter diagram of 13 characters in I-IV principal components

Table 11 Correlation coefficients between characters and the first four principal components

Characters	Z1	Z2	Z3	Z4
(x4)	-.37***	.49***	.60***	-.28**
(x8)	.57***	-.31***	-.23*	.60***
(x13)	.17	.26**	-.81***	.29***
(x18)	.24**	.32***	.48***	.66***
(x21)	.86***	.05	-.36***	-.05
(x26)	-.85***	-.27**	.28**	.17
(x27)	.85***	-.31***	.17	-.14
(x29)	.24**	.88***	-.02	-.08
(x30)	.84***	.41***	.13	-.10
(x32)	.73***	-.51***	.13	-.12
(x33)	.95***	.10	.16	-.09
(x34)	.47***	-.30***	.29**	-.69***
(x36)	-.42***	.09	-.70***	-.48***

粒いもの品種ほど大きな値を示し、小粒いもの品種では小さな値を示すものといえる。

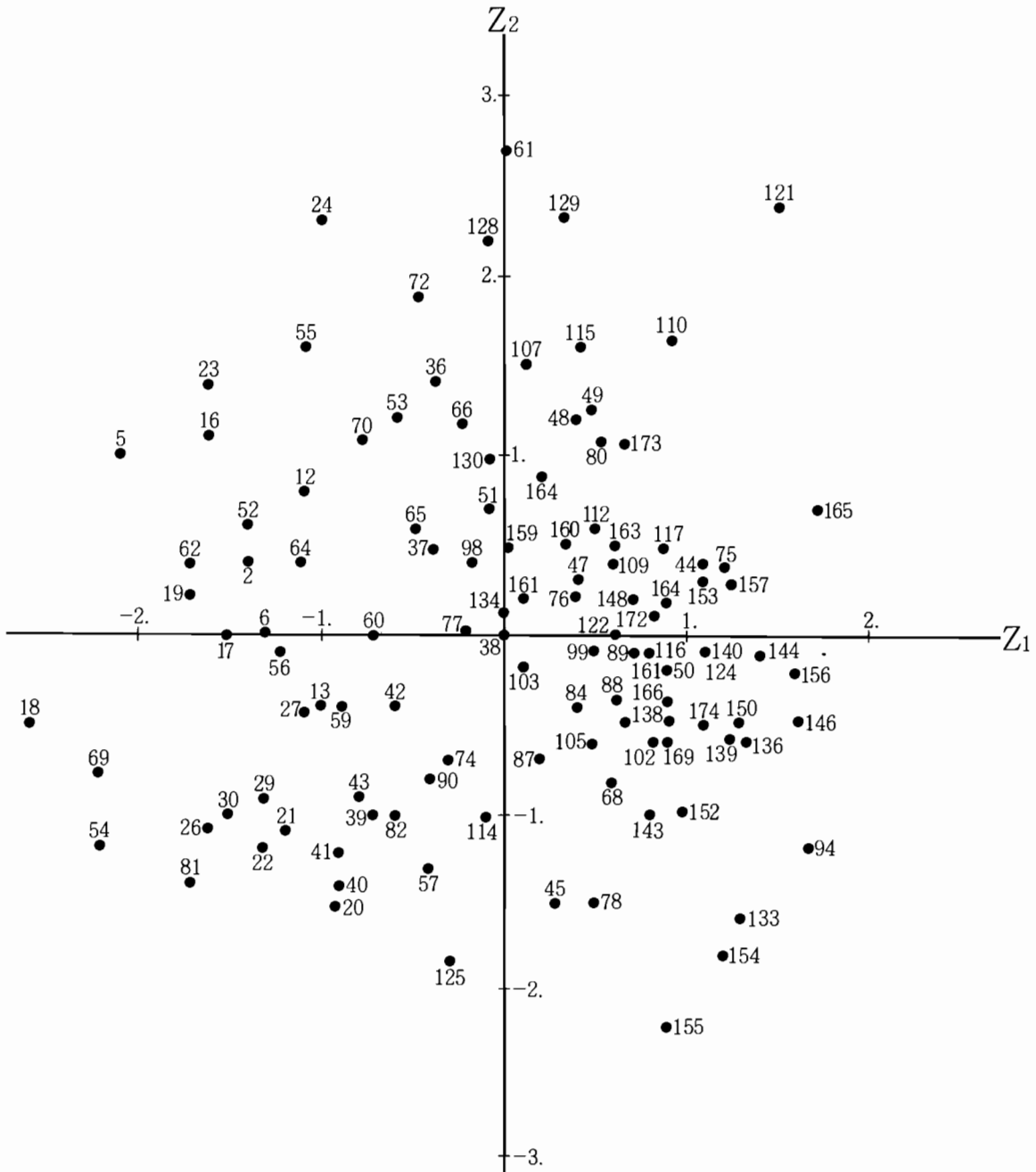
同様に、第3主成分は、頂小葉面積が大きく、葯が短かくおよび灰分含量が少ないとき大きな値を示し、その反対の品種では小さな値を示す。すなわち、第3主成分は主として葉が大きく、花器が小さく、灰分含量の少ない品種ほど大きな値を示すものといえる。そして、4主成分は、乾物重が多く、莖長が高くおよび粒径が小さいとき大きな値を示す。すなわち、第4主成分は主として地上部繁茂量が大きく、粒径が小さい品種ほど大きな値を示すものといえる。

3) 主成分に基づく品種の分類

総合特性の指標としての各主成分に、各品種の形質について標準化した値を代入し、それぞれの品種について各指標の値を求めた。図4には、第1および第2主成分からなる直交座標上に各品種をプロットした結果を示した。指標の値としてのZ1軸についてみると、正は晩生で、疫病抵抗性があり、でんぷん収量の多収な品種を示し、負はその反対を示す。同様に、Z2軸は正が大粒いもの品種、負が小粒いもの品種を示している。このようにしてみると、散布図の中心から遠ざかるにしたがって、第1象限は熟期が遅く、疫病に強く、大

粒ででんぷん収量の多い品種、第2象限は熟期が早く、疫病に弱く、大粒ででんぷん収量の少ない品種、第3象限は熟期が早く、疫病に弱く、小粒ででんぷん収量の少ない品種、そして、第4象限は熟期が遅く、疫病に弱く、小粒ででんぷん収量の多い品種をそれぞれ表している。同様に、第3および第4主成分からなる直交座標上に各品種のプロットからも総合特性によって分けられた品種を選定することができる(図5)。

以上の結果、118品種を4つの総合特性ごとに分類して表12に示した。でんぷん原料用として、望ましい交配母本としては、熟期別に対照品種に比べでんぷん収量が多収であることが必須条件である。それを満すためには上いも数が比較的多く、一個重が比較的大きく、でんぷん価が各熟期別目標以上であることが要求される。さらに、疫病抵抗性を示し、地上部生態は良く、でんぷんの灰分含量は0.2%以内で、粒径の大きいものである。このような観点から、品種を選定してみると、早生品種では96-56、Tawaおよび529-1、中生品種ではE5244-2、根育2号、Essex、タチバナ、ケネベックおよびSaco、そして、晩生品種では紅丸およびKamerazが該当した。

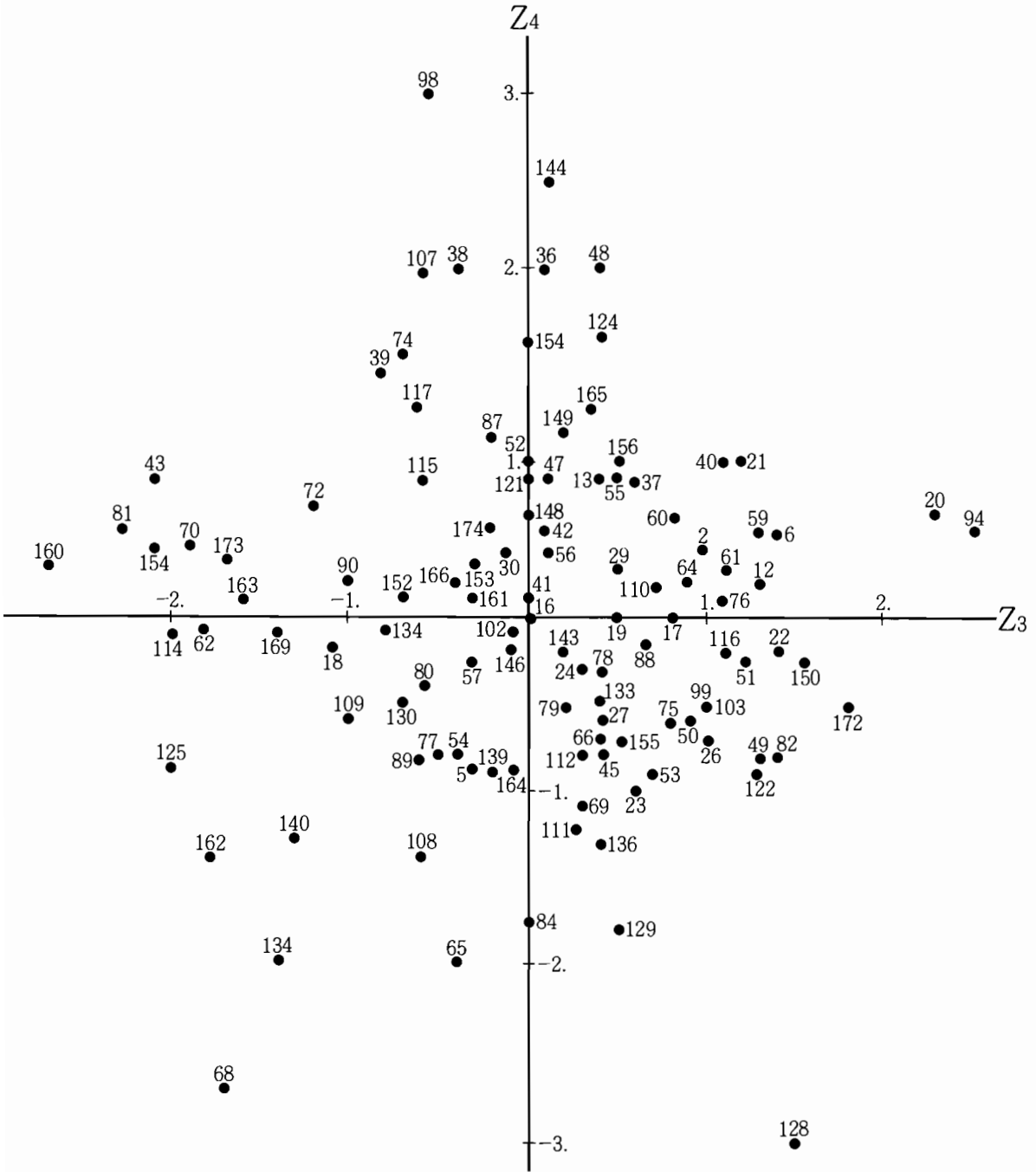


Z₁; first principal component

Z₂; second principal component

Arabic figure in the diagram shows variety number shown in table 75

Fig. 4 Scatter diagram of 118 varieties in four-dimensional space projected in the (Z₁-Z₂) plane



Z3;third principal component

Z4;fourth principal component

Arabic figure in the diagram shows variety number shown in table 75

Fig. 5 Scatter diagram of 118 varieties in four-dimensional space projected in the (Z3-Z4) plane

Table 12 Biological meaning of each principal components and varietal group classified by principal components

Z1	Z2	Z3	Z4	Varieties
Maturity somewhat early, fairly susceptible to late blight, tuber number is few, tuber yield, starch content and starch yield are low -0.6 below	Tuber size is relatively large 0.0 above	(A) Leaves are large, flowers are small, ash content is low 0.0 above	(C) Stem length is tall, plants develop fairly rapidly at first, diameter of starch granule is small. 0.0 above	Oojiro, Bliss, La Soda, Houma, Wheeler, 41956
		(B) Leaves are small, flowers are large, ash content is high 0.0 below	(D) Stem length is low, plants develop slowly at first, diameter of starch granule is large 0.0 below	96-56, Tawa, 529-1
		The same as (A)	The same as (C)	Long White, Sebago
		The same as (B)	The same as (D)	Early Gem, Katahdin
Maturity somewhat medium susceptible to late blight, tuber number is moderate, tuber yield, starch content and starch yield are moderate -0.5 ~ 0.5	ditto 0.0 above	The same as (A)	The same as (C)	Unzen, Norin 2, Norin 1, Hokkai-shiro, Pepo, Plymouth
		The same as (A)	The same as (D)	E 5244-2, Kon-iku 2, Essex, Tachibana, Kennebec, Saco
		The same as (B)	The same as (C)	Ofukuron, Menominee, Chijiwa Arran Banner, 490030, Anita, Gabriela, MB 124-2, IAC 307
		The same as (B)	The same as (D)	Bertita, Merrimac Jubel, MB 135-1
Maturity somewhat late, fairly resistant to late blight, tuber number is much, tuber is much, tuber yield, starch content and starch yield are high 0.6 above	ditto 0.0 above	The same as (A)	The same as (C)	Deodara, Yukijiro, Shiretoko, Voran, Greta
		The same as (A)	The same as (D)	Benimaru, kameraz
		The same as (B)	The same as (C)	Rishiri, Adelheid, MB 124-2, Conchita, MB 136-6
		The same as (B)	The same as (D)	Eniwa, Furumaki, MB 184-1

考 察

118品種を対象として、でんぷん原料用品種育成のための交配母本を選定する目的で、主成分分析法を適用し、4つの総合特性の指標に基づいて品種分類を行った。対象13形質の総合特性の指標を求めた結果、第1から第4までの主成分によって、各形質のもつ情報の約88%を説明できることがわかった。つぎに、各品種を4つの指標に基づく四重分類表によって分類した。本試験では、各主成分をそれぞれ意味づけして品種分類したが、

花器および葉部に関する形質など実用的にはさほど重要でない形質を含めたが、これは分類の目的が交配母本の検出という育種学的立場に基づいているのである。なお、堀江ら(1966)³²⁾、望月(1968)⁶⁸⁾は品種を分類する場合、対象とする調査形質が総合特性の中でどのような意味をもち、どのような役割を果しているのか十分検討しておくことが必要であるとした。そこで第1～4主成分について、係数値によって±0.3以上・以下で大別した結果を表13に示した。

総合特性の指標としての第1主成分は、生育日数の多少、疫病罹病の程度、上いも数、でんぷん

Table 13 Classification of characters depending on correlation coefficient between characters and principal components

Principal components	Class	Corresponding characters
Z ₁	+	Starch yield, Growing period, Tuber yield, Tuber number, Starch content
	-	Late blight index(8/15)
Z ₂	+	Tuber size, Leaf area, Tuber yield
	-	Starch content
Z ₃	+	All dry matter weight, Leaf area
	-	Anther length, Ash content, Growing period
Z ₄	+	All dry matter weight, Stem length
	-	Diameter of starch granule, Ash content

+;coefficient was positive(>0.30) and statistically significant

-;coefficient was negative(<-0.30) and statistically significant

価およびでんぷん収量の多収性に関与していることから、生物学的には、疫病抵抗性の強弱および生育期間の長短に伴う同化産物の蓄積量の大きさに関連する主成分であると推定できる。第2主成分は一個重の大小が最も大きく、でんぷん価の高低、頂小葉面積の大小および上いも収量の多少にも関係していることから、塊茎の大きさに関連する主成分であると推定できる。第3主成分は葉部および花器の大小、でんぷんの無機成分含量の多少に関係していることから、生殖器官の分化と塊茎の無機組成含量に関連する主成分であると推定できる。そして、第4主成分は乾物重の多少、茎長およびでんぷん粒径に関係していることから、植物体の大きさとでんぷん粒径の大小に関連する主成分であると推定できる。

本試験の結果、総合特性の指標としての各主成分の生物学的意義が明らかになったため、育種材料を選定することが極めて容易となった。すなわち、手持ちの材料の中から選定する場合には、育種目標に関連した主成分に関して好ましいスコアの品種を選べば良いことを示している。例えば、本試験に限って言えば、でんぷん原料用の交配母本として必要な特性を示す品種を表12から選定することである。なお、表12に分類されない特異的な特性を示す品種の育成を目指す場合には、交配

親の一方にこれを補う特性の品種を組合わす必要がある。

3 年次安定性の品種間差異

年次間で収量性が安定していることは、品種の具備すべき特性として一般栽培において、他の作物と同様に重要である。

バレイショ品種の主要形質は年次あるいは地域を異にすることにより、品種ごとに異なる反応を示す^{7,8,113,115})。さらに、これらの形質についての反復力および年次間変動を短年次で推定した報告^{4,113})はあるが、長い期間にわたる年次安定性について検討した例は少ない。また、その試験には長期間を必要とするので、品種育成過程において検定することは、極めて困難である。

本節では、数年間の試験成績に基づき、主要形質について年次安定性の品種間差異を推定するとともに、年次安定性に影響を及ぼすと思われる主要な気象要因および疫病罹病程度について検討した。

試 験 方 法

材料は1951年から1969年にかけて栽培された表

Table 14 Mean yields, standard deviations and coefficients of variation among years for tuber yield and starch yield

No. Varieties	Tuber yield(kg/10a)		Starch yield(kg/10a)	
	m ± sd	C.V.	m ± sd	C.V.
15 Earlainé	1,457 ± 630	43.2%	159 ± 79	49.7%
11 Warba	1,830 ± 638	34.9	222 ± 102	45.9
6 Early Norther	1,616 ± 773	47.8	243 ± 137	56.4
10 Triumph	2,083 ± 637	30.6	222 ± 88	39.6
9 Red Warba	2,076 ± 690	33.2	257 ± 105	40.9
4 Chitose	1,776 ± 778	43.8	235 ± 110	46.8
19 Houma	1,572 ± 717	45.6	194 ± 104	53.6
3 Hon-iku 393	1,846 ± 760	41.2	258 ± 138	53.5
7 Irish Cobbler	1,795 ± 571	31.8	234 ± 90	38.5
17 Early Ohio	1,657 ± 750	45.3	207 ± 105	50.7
60 Pawnee	1,862 ± 622	33.4	232 ± 106	45.7
2 Oojiro	1,878 ± 646	34.4	269 ± 118	43.9
63 Chippewa	1,860 ± 841	45.2	211 ± 110	52.1
22 White Rose	1,669 ± 842	50.4	251 ± 152	60.6
54 Russet Rural	1,110 ± 658	59.3	141 ± 102	72.3
27 May Queen	1,918 ± 601	31.3	253 ± 81	32.0
21 Earlist of All	1,694 ± 875	51.7	262 ± 152	58.0
20 Charles Downing	1,593 ± 811	50.9	254 ± 141	55.5
13 Early Rose	1,677 ± 737	43.9	220 ± 109	49.5
69 Rural N. Y. No.2	1,443 ± 801	55.5	184 ± 121	65.8
52 Long White	1,696 ± 794	46.8	176 ± 99	56.3
55 Wheeler	2,084 ± 689	33.1	253 ± 108	42.7
37 Hokkai-shiro	2,049 ± 699	34.1	262 ± 103	39.3
41 Bifuka-shiro	1,696 ± 595	35.1	272 ± 124	45.6
77 Tuno	2,036 ± 645	31.7	281 ± 101	35.9
40 Kintoki-imo	1,675 ± 675	40.4	277 ± 130	46.9
53 529-1	2,595 ± 569	21.9	320 ± 86	26.9
137 Shirodoitsu	1,852 ± 642	34.7	244 ± 100	41.0
122 Benimaru	2,342 ± 571	24.4	362 ± 107	29.6
68 S45208	2,002 ± 545	27.2	304 ± 127	41.8
47 Norin 2	2,438 ± 635	26.0	375 ± 106	28.3
76 Pepo	2,436 ± 673	27.6	355 ± 118	33.2
116 Nemuro-beni	2,467 ± 628	25.5	389 ± 119	30.6
48 Norin 1	2,323 ± 559	24.1	357 ± 109	30.5
72 Menominee	2,423 ± 490	20.2	283 ± 74	26.1
103 Kannan-shiro	1,913 ± 544	28.4	329 ± 113	34.3
71 Sequoia	1,852 ± 718	38.8	231 ± 108	46.8
128 Kennebec	2,879 ± 785	27.3	397 ± 125	31.5
105 Bifuka-beni	2,144 ± 646	30.1	345 ± 132	38.3
151 Stärkereiche Nr.1	2,130 ± 504	23.7	354 ± 105	29.7
141 Parnassia	2,104 ± 452	21.5	344 ± 76	22.1
145 Prof. Wohltmann	2,115 ± 481	22.7	368 ± 99	26.9
108 Myojo	2,140 ± 623	29.1	364 ± 135	37.1
143 M. Hindenburg	1,906 ± 781	38.0	322 ± 124	38.5
average	1,948 ± 567	29.1	276 ± 95	34.4
LSD	0.05	381	42	
	0.01	501	55	

14に示す熟期の異なる44品種である。試験区は一区10~14個体、1反復である。調査形質は上いも数、一個重、上いも収量、でんぷん価およびでんぷん収量である。表14には供試品種の上いもおよびでんぷん収量、ならびに変異係数を示した。なお、8月15日の疫病罹病指数については、1955年から1969年までの試験成績を用いた。

品種の年次安定性は、Finlay・Wilkinson (1963)¹⁸⁾のモデルを品種と年次に置換して、ある年次における全品種の平均値によりその年次を評価

し、評価づけられた年次に対する個々の品種の回帰係数に基づき推定した。さらに、各形質の年次間平均値の多少を考慮して品種の年次安定性を4つのタイプに分類した(図6)。各タイプに該当する品種はそれぞれつぎのような特性をもつ。

Iタイプ:回帰係数(b)は0.7より小さい。年次反応は少収年で相対的に高い値を示し、多収年で相対的に低い値を示す。それで、このタイプの品種は年次安定性を示すとみなされる。

IIタイプ:bは平均値(1.0)にほぼ近く、年次反

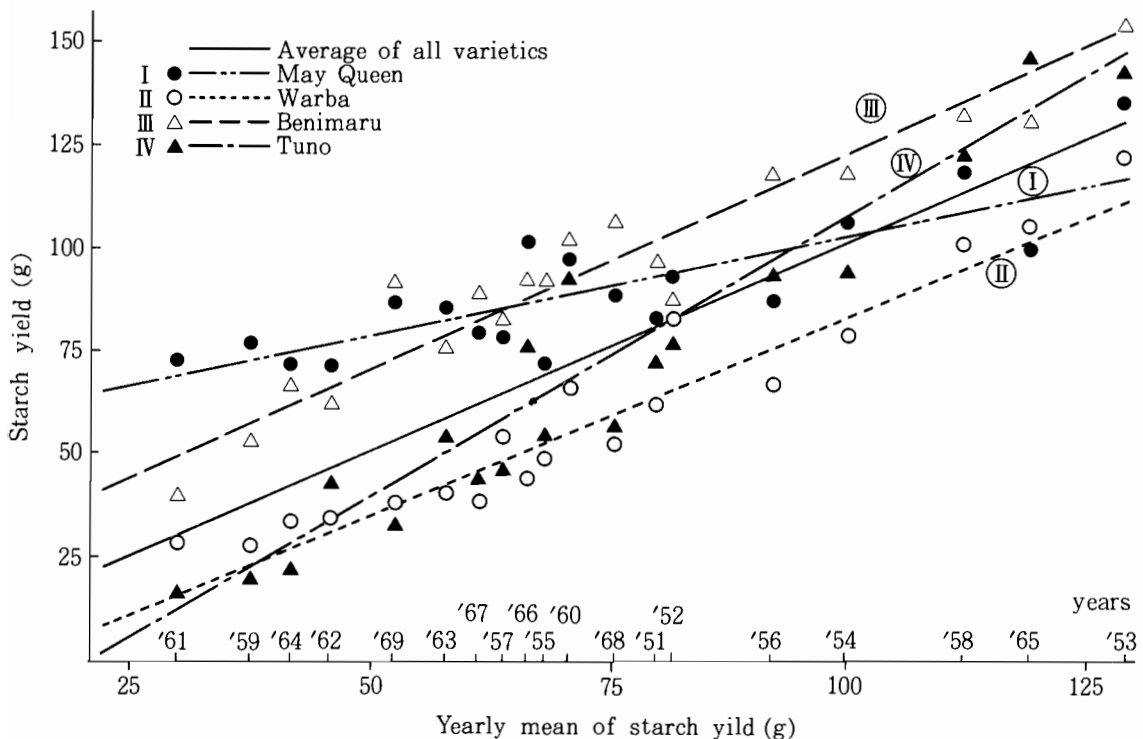


Fig. 6 Regression relationship between starch yield of four selected varieties and yearly mean of starch yield

I, II, III, IV; indicate the Types of seasonal stability

応は平均値より相対的に常に低い値を示す。つまり、このタイプの品種は低い値で平均的年次安定性をもつ。

IIIタイプ:bは平均値(1.0)にほぼ近く、年次反応は平均値より相対的に常に高い値を示す。このタイプの品種は高い値で平均的年次安定性を有す

る。

IVタイプ:bは1.30より大きい。年次反応は少収年で相対的に低い値を示し、多収年で相対的に高い値を示す。それで、このタイプの品種は年次不安定性をもつとみなされる。

試験結果

1) 年次反応による品種の分類

分散分析の結果(表15)、上いも収量、でんぷん価およびでんぷん収量は年次と品種に1%水準で

有意性が認められたうえ、年次安定性の一つの尺度である回帰直線に品種間差異のあることを示した。

まず、上いも収量についてみると(図7)、回帰係数は品種により0.32から1.48の幅で変異し、上いも収量の多少とは負の有意な相関が認められた。

Table 15 Analyses of variance and linear regression for tuber yield, starch content and starch yield, respectively

Source of variation	d. f.	Tuber yield		Starch content		Starch yield	
		MS	F	MS	F	MS	F
Total	835	—	—	—	—	—	—
Years	18	1220.79	34.01**	66.67	12.85**	34.22	77.77**
Varieties	43	92.58	2.58**	24.52	4.72**	5.72	11.82**
Error	774	35.89	—	5.19	—	0.44	—
Linear regressions	43	494.91	5.57**	82.23	124.56**	2.86	9.86**
Residuals	731	88.84	—	0.66	—	0.29	—

すなわち、多収な品種ほど年次反応が安定することを示した。Iタイプに属する品種としては、P-arnassia、神谷薯およびS45208があり、これらは年次間変異が比較的小さく、安定していた。II

タイプには Russet Rural および Earline が属した。IIIタイプには、最も多収のケネベックおよび529-1、その他根室紅、ペポ、農林2号、Menominee、農林1号および紅丸が属した。そして、

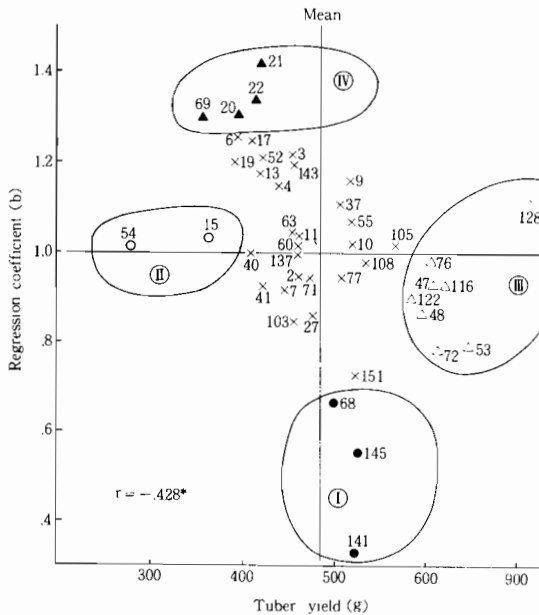


Fig. 7 Relationship between mean value and regression coefficient of tuber yield
 ●, ○, △, ◆; indicate the Type I, II, III, and IV

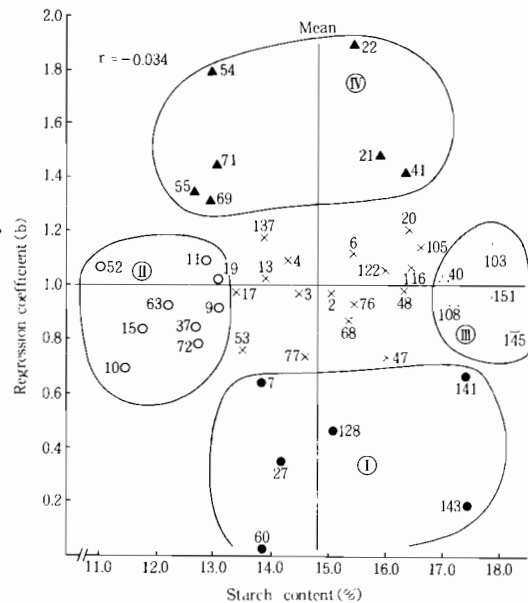


Fig. 8 Relationship between mean value and regression coefficient of starch content

IVタイプには、Earlist of All, Rural N. Y.No 2, Charles DowningおよびWhite Roseであった。

でんぷん価についてみると(図8)、回帰係数はでんぷん価との間に有意な相関が認められなかった。Iタイプに属する品種としては、やや高でんぷん価のM.HindenburgおよびParnassia、平均的なでんぷん価のケネベック、やや低でんぷん価のメイクインおよび男爵薯である。なお、年次間変異をほとんど示さないPawnee($b=0.01$)がこのタイプに入る。IIタイプには、Long White, Triumph, Earlaine, Chippewa、北海白、Menominee, Warba, HoumaおよびRed Warbaが属した。IIIタイプには、神谷薯、Stärkereiche Nr.1、咸南白、明星および金時薯が属した。そして、IVタイプには、最も不安定性を示したWhite Rose($b=1.88$)およびRusset Rural($b=1.79$)、やや低でんぷん価のSequoia, Rural N.Y.No.2およびホイラ、さらに、やや高でんぷん価のEarlist of Allおよび美深白が含まれた。

そして、でんぷん収量についてみると(図9)、回帰係数とでんぷん収量とは一定の関係が認められず、回帰係数は幅広い変異を示した。Iタイプに属する品種としては、多収の神谷薯およびParnassia、やや多収な529-1およびS45208、平均的な収量のMenomineeおよびメイクインがあり、EarlaineはIIタイプに近かった。IIタイプには、Russet Rural, Rural N.Y.No.2, Long White, Chippewa, HoumaおよびEarly Ohioがあった。IIIタイプには、ケネベック、農林2号、紅丸、農林1号、Stärkereiche Nr.1およびペボがあり、根室紅、明星および美深紅はIVタイプに近かった。そして、IVタイプに属した品種、Tuno, Early Norther, Earlist of All, Charles Downingおよび本育393号であった。

2) 年次安定性に及ぼす気象の影響

上いもおよびでんぷん収量について、年次ごとの平均値と気象要因(6~9月間平均の平均気温、気温較差、日照時間、降水量および地下10cm畑地温)との相関係数をそれぞれ求めた。その結果、

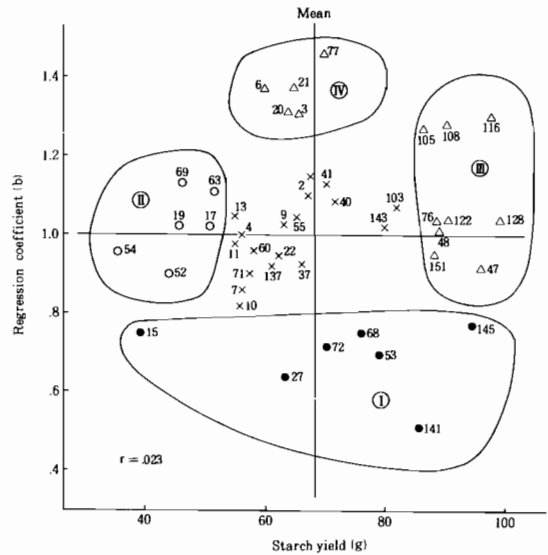


Fig. 9 Relationship between mean value and regression coefficient of starch yield

最も密接な関係を示した平均気温および気温較差について、各品種の上いもおよびでんぷん収量との相関係数をそれぞれ求め、図10、11に示した。

上いも収量について(図10)、平均気温と有意に負の相関を示した品種は、神谷薯および根室紅のみであった。すなわち、これらの品種の上いも収量は平均気温によって影響されやすく、気温上昇に

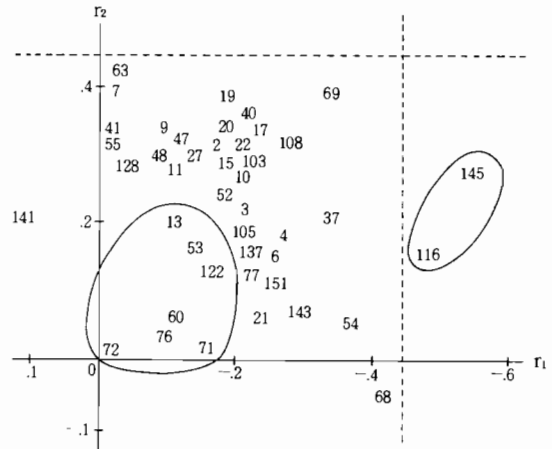


Fig. 10 A diagram showing relation between correlation(r_1);tuber yield and mean air temperature from June to Sept., and correlation(r_2);tuber yield and range of temperature from June to Sept.

Broken line shows significant level at the 5%

よって上いも収量が減少する。一方、両気象要因によって上いも収量が影響されることの少ない品種として、Menominee、ペポ、Pawnee、529-1、紅丸、Sequoiaおよび Early Roseなどがみいだされた。とくに、Menomineeは両気象要因にほとんど影響されない品種として注目される。なお、ペポ、529-1、紅丸は多収で平均的年次安定性を

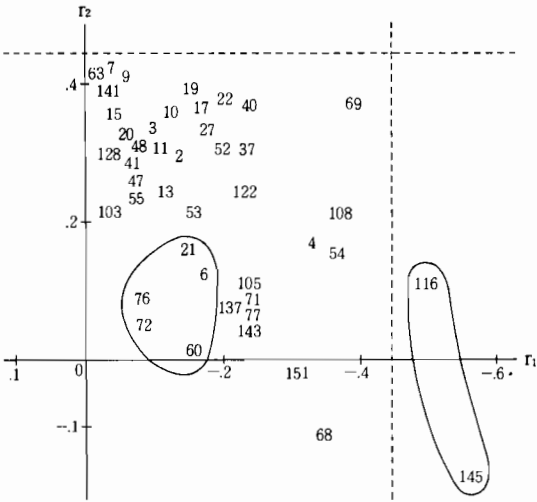


Fig. 11 A diagram showing relation between correlation(r_1);starch yield and mean air temperature from June to Sept., and correlation(r_2);starch yield and range of temperature from June to Sept. Broken line shows significant level at the 5%

示す品種であった。つぎに、でんぷん収量では(図11)、平均気温と有意な負の相関を示した品種は、上いも収量と同じであった。また、上いも収量と同様に気象要因により影響されることの少ない品種としては、Menominee、ペポ、Pawnee、Earlist of Allおよび Early Northerなどがみいだされた。

3) 年次安定性に及ぼす疫病の影響

疫病罹病指数と各形質の値との関係では、上いも数が -0.285 、一個重が -0.515^{**} 、上いも収量が -0.738^{**} 、でんぷん価が -0.494^{**} およびでんぷん収量が -0.788^{**} を示し、疫病罹病率の増

加は収量やでんぷん価に係する形質を減少させることが分かった。一方、疫病罹病指数と回帰係数との関係では、上いも数が 0.587^{**} 、一個重が 0.218 (図12)、上いも収量が 0.698^{**} 、でんぷん価が 0.386^{**} およびでんぷん収量が 0.328^{**} を示した。したがって、疫病罹病率の大きい品種では、これら形質の回帰係数が大きくなり、年次反応が

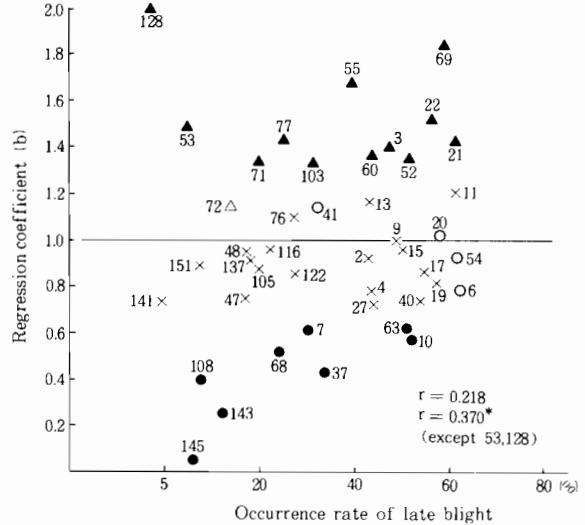


Fig. 12 Relationship between occurrence rate of late blight and regression coefficient of tuber size

不安定になる関係を示し、品種の疫病抵抗性の強弱が年次安定性に有意に関与していることが明らかになった。また、年次別の疫病罹病指数と上いも収量の年次間変異係数とは 0.791^* 、でんぷん収量のそれとは 0.817^{**} の相関を示し、年次ごとの疫病罹病程度が両形質の年次変動を大きくしていることが明らかになった。

つぎに、上いもおよびでんぷん収量について、品種ごとの年次反応に及ぼす疫病罹病程度との関係をみるために、品種ごとに形質の値と疫病罹病率との相関を求め、さらに、回帰係数との相関を図13、14に示した。図13から、疫病罹病程度の拡大による上いも収量の減少が1%水準で有意性を示した品種はペポ、明星、咸南白および S45208など13を数えた。一方、疫病罹病によって上いも収量が影響されることの比較的少ない品種としては、

考 察

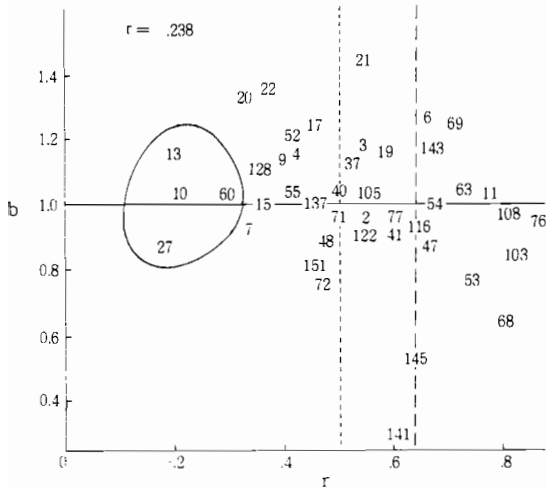


Fig. 13 A diagram showing relation between regression coefficients(b) of tuber yield and correlation(r); damage index of late blight and tuber yield Broken and solid lines show significant level at the 5 and 1%

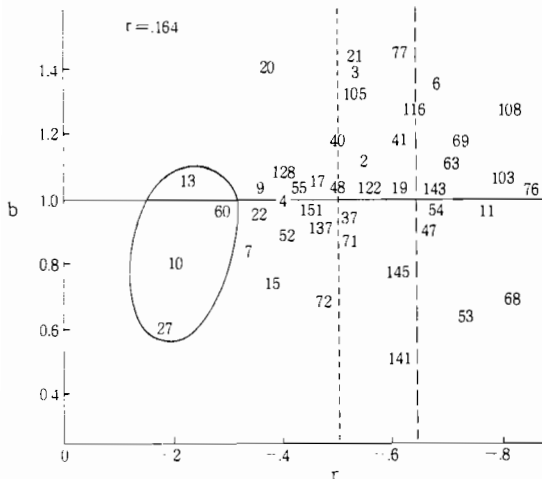


Fig. 14 A diagram showing relation between regression coefficients(b) of starch yield and correlation(r), damage index of late blight and starch yield Broken and solid lines show significant level at the 5 and 1%

マークイン、Triumph、Early RoseおよびPawneeがあった。

同様に、疫病罹病指数の拡大によって、でんぷん収量が減少する影響は上いも収量の場合とおおむね同様の傾向であった(図14)。

本試験で適用したFinlay・Wilkinson (1963)¹⁸⁾の回帰係数による環境(ここでは年次)収量安定性の推定方法は、ある環境がバレイショ生産に寄与する要因をその環境における多くの品種の平均値で代表させようとするものである。

しかし、平均値は品種の多少により変化するものであり、とくに、比較的少数の品種を扱う場合には、その普遍性に疑問が生ずる。岡(1966)⁸²⁾は、彼らの回帰係数による推定方法は場所や季節などによる分類の大部分が回帰に含まれるときは、信頼性は高いと思われるが、回帰直線からの偏差平方和が大きいときは、Eberhart・Russel (1966)¹⁵⁾が提唱したように、回帰係数と偏差平方和の両方によって収量の変動を評価することの必要性を指摘した。本試験では、取扱った形質について、各品種の回帰係数は1%水準で有意であった。品種の年次反応を示す回帰係数と生育日数および収量形質との相関関係をみると(表16)、上いも収量の回帰係数は上いも数を除く各形質との間に負の相関を示し、上いも収量の年次反応は晩生、大粒、多収あるいは高でんぷん価の品種で安定する関係を示した。一方、でんぷん価の回帰係

Table 16 Correlation between mean values and the regression coefficients(b) of the three characters

Characters	b values	Tuber yield	Starch content	Starch yield
Growing period	-0.585**	-0.168	-0.137	
Tuber number	-0.169	-0.217	0.115	
Tuber size	-0.293*	-0.273	-0.275	
Tuber yield	-0.428**	-0.441**	-0.152	
Starch content	-0.368**	-0.034	0.203	
Starch yield	-0.501**	-0.288*	0.023	

数は上いもおよびでんぷん収量との間に負の相関を示し、でんぷん価の年次反応は多収な品種ほど安定する関係を示した。しかし、でんぷん収量の回帰係数はこれらの形質との間に有意な相関が認

められなかった。これはでんぶん収量の高い品種ほど年次間変異は小さいが、図9に示したように各品種のでんぶん収量の値が広く分散したために回帰係数との間に一定の関係が示さなかったものと推察される。

つぎに、これら収量形質の回帰係数の相互の関連性についてみると、上いも収量の回帰係数は上いも数、一個重、でんぶん価およびでんぶん収量のそれとの間に(0.691**、0.327*、0.308*、0.606**)、でんぶん価の回帰係数は上いもおよびでんぶん収量のそれとの間に(0.308*、0.297*)、でんぶん収量の回帰係数は一個重との関係を除く間で(上いも数0.439**、上いも収量0.606**、でんぶん価0.297*)それぞれ正の有意な相関が認められた。すなわちでんぶん収量についての品種の年次反応は、収量構成形質についての品種の年次反応と密接な関係のあることが明らかになった。

収量形質の全品種の年次平均値の年次間変異係数は、上いも数が22.8%、一個重が18.4%、上いも収量が29.1%(表14)、でんぶん価が7.7%およびでんぶん収量が34.4%(表14)であった。このような関係は、田口(1957)¹¹³⁾、浅間(1963)⁴⁾および第三章で求めた結果とほぼ同様であった。これらの年次間変異に影響を及ぼす要因としては、生育途上の疫病罹病率、気象および土壌条件などが推定される。図6に示した年次別のでんぶん収量では、1959、'61、'62、'63、'64および'69は少収を、1953、'54、'56、'58および'65は多収をそれぞれ示した。その主な原因は、前者は生育中期における気象条件の不良による疫病の蔓延であり、後者は生育全期間において気象条件が良好であり、とくに、疫病の発生が少なかったことである。他の形質の年次変動についても、同様にこのような関係にあるといえる。

個々の気象要因と疫病罹病指数との関係では、平均気温および畑地温の高い年で疫病が蔓延する関係(0.674**、0.685**)が得られた。さらに、降水量と疫病罹病指数とは負の相関(-0.593**)を認めた。また、疫病罹病指数は上いも収量についての品種の回帰係数とは0.698**、でんぶん価のそれとは0.386**、およびでんぶん収量のそれとは0.323**

の有意な相関を示した。すなわち、疫病に弱い品種はこれらの形質についての年次反応が不安定となり、年次間変異が増大することを示しており、個々の気象要因は年次安定性と密接に関係していることが明らかとなった。このことは、年次不安定性を示すIVタイプに属する品種は全般に疫病に罹り易く、Iタイプに属する品種は疫病に強いことから暗示される。

前述したように、でんぶん原料用品種としてはでんぶん多収のほかに年次安定性を有することが重要である。その年次安定性とは、一般的な気象条件の下である程度の収量をあげうる能力を示し、特殊な気象条件(例えば、多照高温、低温寡雨など)でも収量が低下し難く、収量形質が病害虫などに影響されないなど、いかなる年にも収量があり変化しない特性と考えられる。

本試験の結果、品種固有の年次反応が明らかになったので、この種の知見を参考にして、年次安定性を有する品種の育成を進めることが可能になった。

4 組合せ能力の推定

組合せ能力の検定には、広範囲な試験規模と長期の試験年数を必要とする。それ故、既往の選抜試験成績に基づき、親の組合せ能力を明らかにするとともに、親の能力によって影響される交配種子数、初期選抜世代における選抜率、親子関係を知ることは将来の育種上に役立つことが大きい。

本節では、これまでの選抜試験から、交配母本として使用された両親の熟期別および主要形質の値が、実生個体選抜の供試交配種子数、初期選抜世代の選抜率および選抜後代の主要形質の値にどのような影響を及ぼしたかを確かめ、さらに、両親の使用頻度および組合せ能力についても検討を加えた。

試 験 方 法

調査の対象とした資料は、1957～1975年の実生個体選抜試験(以下、実生個体と呼ぶ)、1958～19

Table 17 Cross combinations examined

No	Early×Late	shiro]	do. ×Hoch.(42)
1	Early Gem × Eniwa(36)	42	do. ×Hoch.(42)
2	Waseshiro × K69005-59(49)		[KI-15,17, KK-43]
3	do. × K66018-154(47)		91 KI-5×Hoch.(42)[KK-44]
4	do. × 64030-525(48,50)	43	92 do. ×WB60015-7(46,47)
5	do. × WB60015-7(49)	44	93 KI-6×Hoch.(43)
6	do. × KI-15(49)		94 do. ×SH-474(43)
7	do. × K70001-96(50)	45	95 KI-10×WB60015-7(45)
8	do. × K70007-100(50)	46	96 KI-12× do. (45)
9	Oojiro × Hoch.(34,36)	47	97 KI-16× do. (49)
10	do. × Eniwa(37)	48	98 KI-17× do. (49)
11	do. × WB59177-4(44)	49	99 KI-18×K66018-154(54)
12	do. × WB60015-7(46)	50	100 KK-7×Eniwa(37)[KK-21,
13	Irish Cobbler × Hoch.(36)	51	KI-7]
	[KK-24]		101 do. ×HK-26(37)
14	do. ×WB60015-7(46)		102 KK-8×Eniwa(37)[KK-8]
15	96-56×Hoch.(34,41)		103 KK-13×Hoch.(42)
16	do. ×WB60015-7(48)		104 KK-14× do. (42)
17	HK-50× do. (48)		105 KK-18× do. (42)
	Medium×Medium		106 do. × 64030-525(43)
18	SH-467×SH-474(41)[KK-39]		[KK-49]
19	HK-24×SH-291(34)[Shiretoko]		107 KK-21×64030(43)
	Medium×Late		108 KK-28×64030-525(44)
20	Toyoshiro×WB60015-7(45, 46)[KK-52]		[KI-18, KK-51]
21	do. × Hoch.(45)		109 KK-43×WB60015-7(47)
22	do. × WB60094-3(46)		110 HK-19×Hoch.(33)
23	do. × WB61037-94(46)		111 do. ×Mercur(33)
24	do. × WB66201-10(47)		112 HK-26×Eniwa(36,37)
	[KK-53,54]		113 KK-27×Hoch.(35)
25	May Queen×HK-26(36)		[KK-19, KI-6]
26	56046-502×Eniwa(38)[KK-28]		114 HK-28×do.(36)
27	54088-501×do.(35)		115 do. ×HK-26(36)
28	57003-515×do.(39)		116 HK-29×Eniwa(36,39)
29	57003-514×do.(39)[KK-30]		[KK-18]
30	do. ×Shiretoko(39)		117 HK-31×Hoch.(35)
	[KK-29,34]		118 HK-32×HK-26(35)[KK-17]
31	SH-410×Hoch.(37)		119 do. ×Hoch.(35,36,37)
32	58103-6×do. (41)		120 do. ×Eniwa(37)
33	K55006-5×do.(41)		121 HK-34×Hoch.(37,40)
34	K61009-125×do.(42)		122 do. ×Eniwa(37)
35	Tarumae×WB59177-4(44)		123 HK-42×60005-20-29(44)
	Late×Early		124 HK-43×Hoch.(40)
36	Youraku×Oojiro(33)		125 HK-46×SH-471(41)[KK-39]
37	Benimaru×96-56(33)[KI-2]		126 do. ×Hoch.(41,42)
38	Eniwa×do.(40)[KK-37]		127 SH-402×1647-b(1)(33)
	Late×Medium		128 SH-422×Hoch.(35)
39	Eniwa×58103-510(39)		129 SH-439×Eniwa(35)
	[KK-31]		[KK-12,13,14,20]
40	do. ×Kameraz(39)		130 SH-440×Hoch.(35)
41	KK-7×HK-39(38)[Wase-		131 54058-31×SH-291(34)
			[KI-5]
			132 K55013-21×Hoch.(37)
			133 K58090-73×64030(43)
			134 K59037-29× do. (43)
			135 60056-515×Eniwa(41)
			136 60093-535×WB60015-7(46)
			137 K61007-45×Hoch.(43)
			[KK-48]

Combination;female(F.)×male(M.) ();planted year of showa

[];abbreviated name of strains or recommended variety

KI;Kon-iku, KK;Konkei, HK;Hokkai, SH;Shimakei, Hoch.;Hochprozentige

76年の個体選抜試験(以下、個体選抜と呼ぶ)、および1959～1977年の系統選抜試験(以下、系統選抜と呼ぶ)において組合せ当り2系統以上選抜した137組合せ(表17)である。なお、個体および系統選抜における選抜個体(系統)の主要形質の値は

組合せごとの平均値(\bar{F}_1)で示した。また、母本および花粉親の各形質の値は、パレイショの試験上の慣行として両親が後代と同一圃場で比較栽培することがないため、後代が該当する年次に系統選抜、交配母本に関する試験および生産力検定試

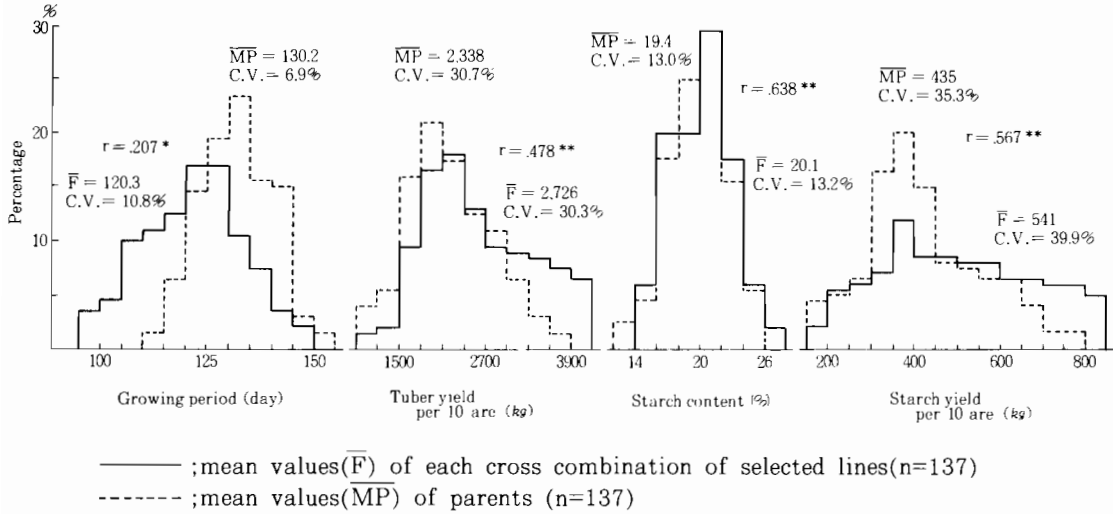


Fig. 15 Frequency distribution of mean values of parents and selected lines in 2nd clonal generation for agronomic characters

験(以下、生産力検定と呼ぶ)の順に優先していずれかの成績を使用し、その平均値(MP)で示した。図15には、137組合せの両親と後代の平均値、変異係数および頻度分布を示した。

調査形質は生育日数、上いも数、一個重、上いも収量、でんぶん価およびでんぶん収量である。両親の熟期は表75に示した基準により、早生、中生および晩生に分類した。また、個体(系統)の選抜数の供試総種子数に対する比を選抜率、 \bar{F}_1 のMPに対する比(\bar{F}/MP)をヘテロシス(H)と表した。各選抜世代の主な試験方法は第IV章第2節に示したとおりである。

試 験 結 果

1) 両親の熟期が後代の主要形質の選抜に及ぼす影響

両親の熟期ごとに、実生個体の供試種子数、各選抜世代における組合せ数および選抜率を表18に示した。この19年間の総組合せ数は301を数えた。

供試組合せ数は年次により異なり、年当り4～65の変異を示した。供試種子数の年次間の変動は比較的小さく、総種子数は約216万粒に達していた。これらを年当りにしてみると、組合せ数は15.8、種子数では11万4千粒余りであった。さらに、この供試種子数を熟期別の組合せからみると、晩生×晩生が全体の67.4%で最も多く、ついで、早生×晩生が15.4%であった。しかし、早生×早生、早生×中生および中生×早生は供試されなかった。

一方、各選抜世代における延選抜数は個体選抜が12,173個体、系統選抜が860系統であった。これを選抜率としてみると、個体選抜は0.56%(177種子粒に1個体)、系統選抜では0.04%(2,500種子粒に1系統)であった。全般に、供試種子数が多い組合せでは選抜率が低下する傾向にあったが、その少ない中生×中生の組合せの選抜率はやや高かった。交配親についてみると、母本数は花粉親数に比べ約2.4倍の164品種・系統となっていた。熟期別では晩生が76.2%で最も多く、ついで、

Table 18 Number of combinations and selection ratio in each generation

Generation F×M.	Seedling generation			First clonal generation			Second clonal generation		
	No. of combinations	No. of planted seeds	% ¹⁾	No. of combinations	No. of planted individuals	% ¹⁾	No. of combinations	No. of planted lines	% ²⁾
Early × Late ³⁾	29	332,403	15.4	27	1,978	0.60	21	138	0.04
Medium × Medium	5	7,989	0.4	4	127	1.59	3	7	0.09
do. × Late	30	160,169	7.4	27	884	0.55	20	110	0.07
Late × Early	8	23,446	1.1	7	122	0.52	3	13	0.06
do. × Medium	32	179,389	8.3	30	726	0.40	16	57	0.03
do. × Late	197	1,454,938	67.4	173	8,336	0.57	109	535	0.04
Total or mean	301	2,158,334	100.0	268	12,173	0.56	172	860	0.04

1);Planted seeds(in each cross)/planted seeds(total number)

2);No. of selected individuals or lines/No. of planted seeds

3);Early, Medium, Late show in table 75

中生が17.1%、早生が6.7%であった。一方、花粉親数は84品種・系統を使用し、熟期別では晩生が81.0%、中生が13.0%、早生が6.0%の割合であった。

つぎに、親の熟期が系統選抜における後代の主要形質の値に与える影響をみるために、表14に示した137組合せから、組合せごとに両親平均値と選抜系統平均値との差を表19に示した。選抜系統数が組合せによって大きく異なるため、全般的な傾向としてみると、生育日数の差は両親または片親が晩生の組合せにおいて大きい傾向がみられた。また、でんぷん価の差は各組合せにおいていずれも小さかったが、上いもおよびでんぷん収量

の差は各組合せで大きく、大部分の組合せでは両親平均値より多収な系統を選抜していた。

2) 両親の主要形質の値が後代のそれに及ぼす影響

親の主要形質の値が、系統選抜における後代に及ぼす影響をみるために、組合せごとの両親の平均値と選抜系統の平均値との間の関係を形質ごとに示した。生育日数についてみると(図16)、両親が晩生の組合せでは、選抜系統の熟期は遅くなる傾向を示し、低い有意な相関関係(0.207*)が認められた。そして、選抜系統の熟期は両親の平均

Table 19 Mean value of parents(\overline{MP}), mean value of selected lines(\overline{F}) and the difference ($\overline{F}-\overline{MP}$) of main characters in second clonal generation

Female×Male	No. of combinations	No. of selected lines	Growing period (day)			Tuber yield (kg/10a)			Starch content (%)			Starch yield (kg/10a)		
			\overline{MP}	\overline{F}	i	\overline{MP}	\overline{F}	i	\overline{MP}	\overline{F}	i	\overline{MP}	\overline{F}	i
Early × Late	17	134	131.3	123.9	-7.4	3,075	3,398	323	19.8	20.9	1.1	577	689	112
Medium × Medium	1	5	121.0	118.0	-3.0	1,967	2,868	901	19.6	20.4	0.8	366	556	190
do. × Late	16	106	125.9	114.9	-11.0	2,032	2,291	259	18.4	18.6	0.3	353	412	59
Late × Early	3	13	108.9	112.0	3.1	1,725	2,491	766	14.0	17.3	3.3	227	422	195
do. × Medium	13	54	127.5	120.9	-6.7	1,922	2,418	496	18.8	20.5	1.8	343	469	126
do. × Late	87	513	134.1	123.2	-10.9	2,423	2,809	386	19.7	20.3	0.6	464	572	109
Total or mean	137	825	132.0	122.4	-9.6	2,491	2,871	380	19.5	20.3	0.8	469	577	109

\overline{MP} ;mean value of female and male parents

\overline{F} ;mean value of selected lines

i;difference between \overline{F} and \overline{MP}

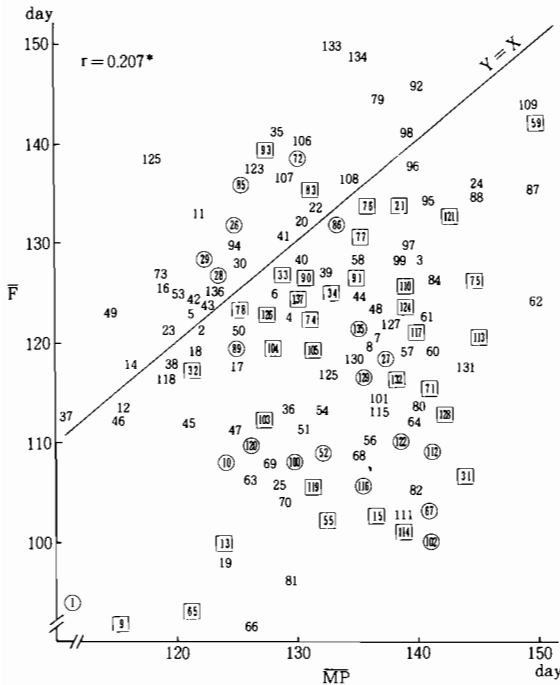


Fig. 16 Correlation between mid-parents and selected lines in growing period
The female was Eniwa(○) or Hoch. (□), respectively

値より熟期の早い系統が出現した組合せは、エニワおよび Hoch. などの晩生を花粉親とした組合せからであり、とくに、出現率の高かった組合せはオオジロ×Hoch. (交配番号 9、以下同様)、ヨウラク×Hoch. (65)、ヨウラク×島系291号(66)および Ultica×島系291号(81)などである。

つぎに、上いも収量についてみると(図17)、両親が多収な組合せでは選抜系統が多収を示す、有意な相関関係(0.478**)が認められた。そして、両親の平均値より多収な系統が出現した組合せとしては、K59037-29×64030(134)、Greta×Hoch.(83)、オオジロ×WB59177-4(11)およびMB135-1×58103-510(43)などがあり、これらの組合せからは両親より著しく勝る系統が多く選抜されていた。

同様に、でんぶん価については(図18)、両親のでんぶん価の高い組合せでは系統のそれが高くなる(0.638**)傾向を示した。

そして、でんぶん収量についても(図19)、両親の平均値の高い組合せから多収な系統が多く出現

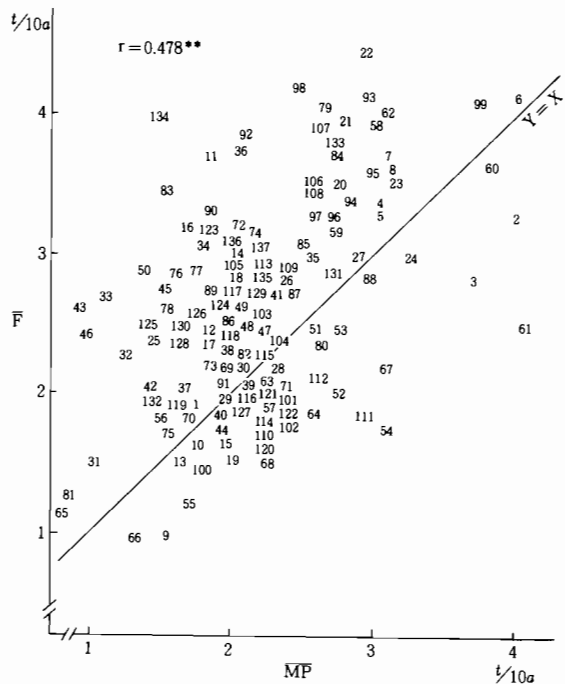


Fig. 17 Correlation between mid-parents and selected lines in tuber yield

した(0.567**)。主な組合せとしては、根育6号×Hoch.(93)、根育5号×WB60015-7(92)、K59037-27×64030(134)、根育17号×WB60015-7(98)およびヨウラク×オオジロ(36)などがあげられる。

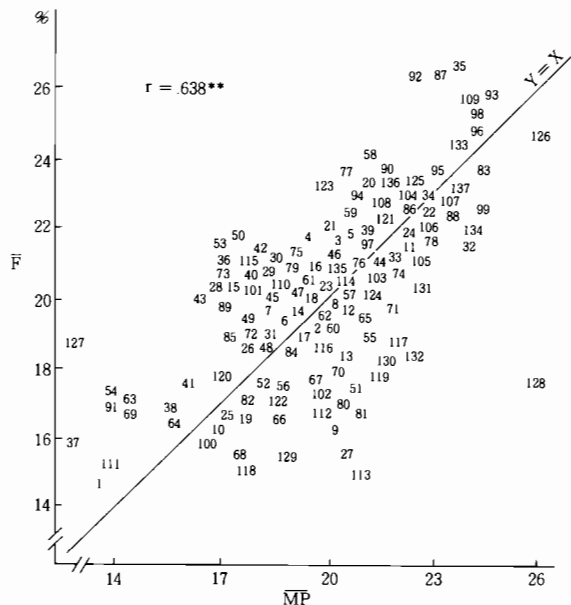


Fig. 18 Correlation between mid-parents and selected lines in starch content

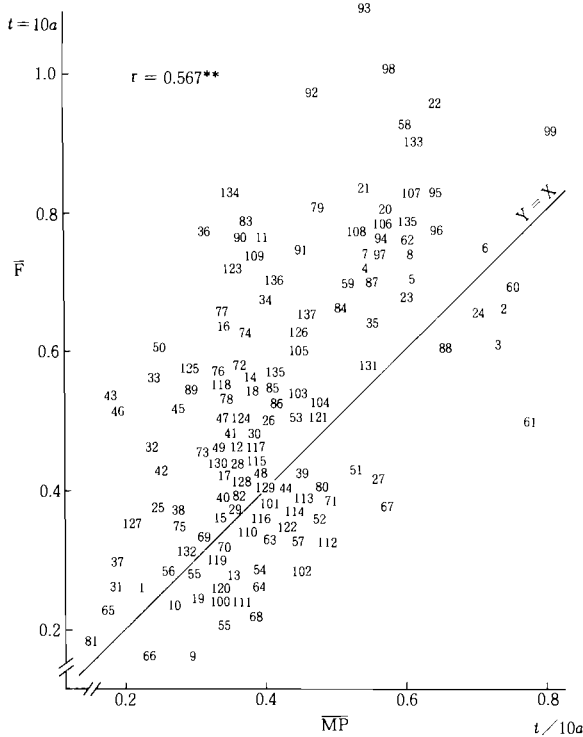


Fig. 19 Correlation between mid-parents and selected lines in starch yield

そして、両親の平均値に比べ熟期が早く、上いも収量が多いが高でんぷん価の後代が出現した組合せは、片親が晩生の組合せの場合が多かった。

3) 主要形質に関する交配母本の組合せ能力

生育日数、上いも収量、でんぷん価およびでんぷん収量について、両親の平均値と選抜系統の平均値から組合せごとのヘテロシス値を両親の熟期ごとに求めて表20に示した。組合せ数および選抜系統数は熟期別に極端な差異を示したので、各形質のヘテロシス効果を全般的な傾向としてみると、生育日数では晩生×早生を除く各組合せが1.0以下を示し、両親の熟期より早い系統が多かった。また、全組合せの平均値で上いも収量は1.15、でんぷん価はやや低く1.04、およびでんぷん収量は1.23を示し、これらの形質では両親より多収または高でんぷん価を示す系統が多かった。

表21には、両親の平均値と選抜系統のヘテロシス値の間の相関係数を、表22には、選抜系統の平均値とヘテロシス値の間の相関係数を示した。生

Table 20 Degree of Heterosis(H) of main characters in second clonal generation

Maturity of Female and Male	No. of combinations	No. of selected lines	H of growing period	H of tuber yield	H of starch content	H of starch yield
Early × Late	17	134	0.95	1.10	1.06	1.19
Medium × Medium	1	5	0.98	1.46	1.04	1.52
do. × Late	16	106	0.91	1.13	1.02	1.17
Late × Early	3	13	1.03	1.44	1.23	1.86
do. × Medium	13	54	0.95	1.26	1.09	1.37
do. × Late	87	513	0.92	1.16	1.03	1.23
Total or mean	137	825	0.93	1.15	1.04	1.23

$$H = \overline{F} / \overline{MP}$$

Table 21 Correlation between the characters of mid-parents(MP) and the Heterosis(H) of main characters

MP \ H	Growing period	Tuber yield	Starch content	Starch yield
Growing period	-.401**	-.255**	-.180*	-.235**
Tuber yield	.067	-.507**	.046	-.413**
Starch content	.255**	.328**	-.498**	.183*
Starch yield	.186**	-.325**	-.111	-.307**

育日数についてみると、生育日数の短い両親の平均では、各形質のヘテロシス値が大きくなり、また、両親とも生育が長い場合、その後代では各形質のヘテロシス値が増加する傾向が認められた。ヘテロシス値が0.8以下の系統が出現した組合せとしては、ヨウラク×島系291号(66)、オオジロ×Hoch.(9)およびUltica×島系291号(81)などが存在した。ついで、上いも収量についてみると、少収な両親の平均では、選抜系統の上いもおよびで

Table 22 Correlation between the characters of selected individuals(\bar{F}) and the degree of Heterosis(H)

\bar{F} \ H	Growing period	Tuber yield	Starch content	Starch yield
Growing period	.805**	.360**	.281**	.465**
Tuber yield	.599**	.447**	.096	.450**
Starch content	.620**	.375**	.329**	.496**
Starch yield	.652**	.431**	.194*	.548**

んぷん収量のヘテロシス値は大きくなり、さらに、上いも数、上いも収量あるいはでんぷん収量の多い後代では、ヘテロシス値が増加する相関関係が認められた。ヘテロシス値が2.0以上の系統が出現した組合せとしては、K59037-29×64030(134)、オオジロ×WB59177-4(11)およびGreta×Hoch.(83)などがあった。同時に、でんぷん価では、その低い両親の平均値ででんぷん価のヘテロシス値が大きくなり、生育日数、上いもおよびでんぷん収量のヘテロシス値が小さくなる相関関係が認められた。また、高でんぷん価を示す後代は各形質のヘテロシス値が増加する傾向が認められた。そして、でんぷん収量では、図20に示したように多収な両親は上いもおよびでんぷん収量のヘテロシス値が小さく、生育日数のヘテロシス値は増加する傾向が認められた。また、多収な後代は各形質のヘテロシス値がいずれも増加する相関関係が認められた。ヘテロシス値が2.0以上を示した組合せを図21からみると、ヨウラク×オオジロ(36)、MB135-1×58103-510(43)および根育6号×Hoch.(93)などがあった。

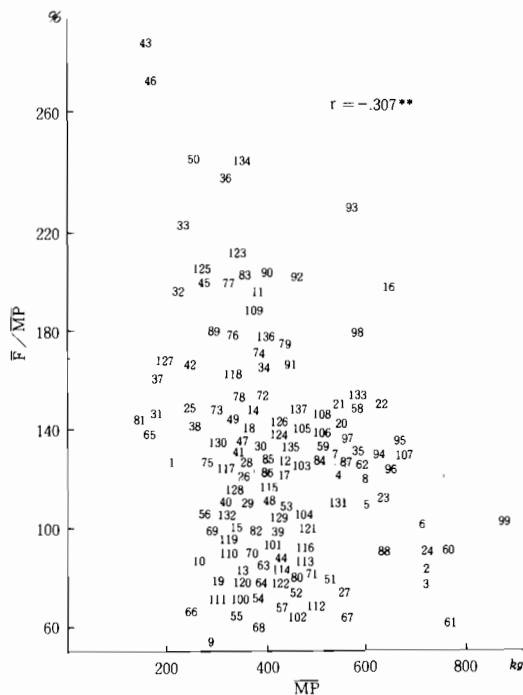


Fig. 20 Relationship between mean value of parents and \bar{F}/\bar{MP} in starch yield

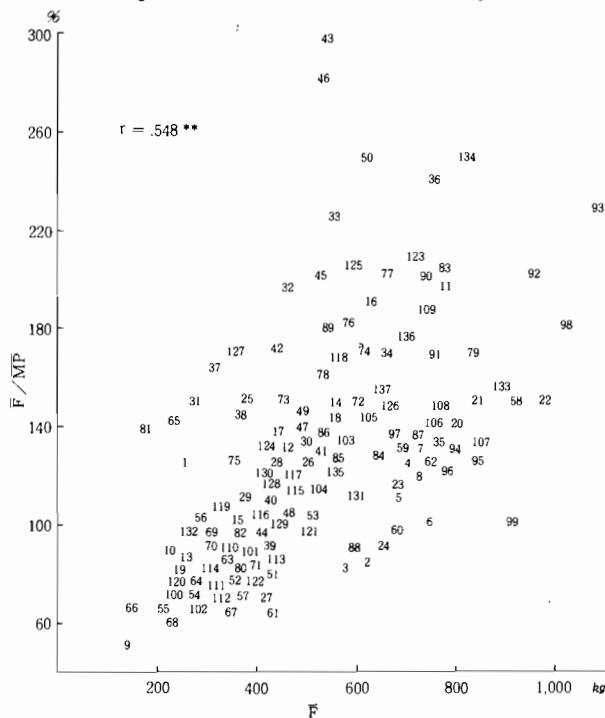


Fig. 21 Relationship between \bar{F} and \bar{F}/\bar{MP} in starch yield

考 察

本試験で取扱った供試種子数は両親がいずれも晩生の組合せが67%を占め圧倒的に多く、ついで、花粉親が晩生、母本が晩生の順であった。これはでんぶん原料用として広く作付けされている紅丸および農林1号などによりでんぶん収量の多収な品種の育成を目標として、でんぶん価は高いが熟期の遅いWB60015-7、Hoch. およびエニワなどを親として使用したためである。したがって、これらを花粉親とする組合せの供試種子数は、表23に示すように供試総種子数の56%を占めていた。そこでこれら3品種を花粉親として使用した組合せの後代の選抜率を比較してみた(表24)。個体選抜(1st clonal gene.)における選抜率は、301組合せ

Table 23 Main female and male parents

Order	Female	No. of planted seeds	Male	No. of planted seeds
1	Toyoshiro	140,396	WB60015-7	496,099
2	Shiretoko	97,204	Hoch.	424,486
3	KK-28	86,690	Eniwa	294,611
4	Waseshiro	81,584	64030-525	145,642
5	Eniwa	68,271	58103-510	117,265
6	KI-10	64,682	HK-26	44,030
7	Benimaru	62,653	64030	33,449
8	KI-5	61,401	WB66201-10	30,000
9	Rishiri	41,298	Kameraz	20,660
10	Oojiro	41,020	K69008	20,000
	Others	1,413,135		532,092
	Total	2,158,334		2,158,334

Table 24 Comparison among three male parents with the planted seeds and the selection ratio in each clonal generations

Male \ Female	WB60015-7			Hoch.			Eniwa		
	No. of planted seeds	% ¹⁾		No. of planted seeds	% ¹⁾		No. of planted seeds	% ¹⁾	
		1 st	2 nd		1 st	2 nd		1 st	2 nd
Irish Cobbler	10,000	0.13	0.02	10,000	0.46	0.01	1,780	1.24	0
Oojiro	19,380	0.32	0.01	11,500	0.66	0.02	2,600	0.85	0.04
Waseshiro	33,527	0.40	0.05	—	—	—	—	—	—
Toyoshiro	78,976	0.26	0.02	11,420	1.55	0.09	—	—	—
Norin 1	—	—	—	10,000	0.21	0	10,000	0.68	0.11
Eniwa	24,600	0.16	0	10,890	0.90	0.04	—	—	—
Benimaru	27,737	0.03	0	5,000	0.10	0	21,600	0.76	0.11
Shiretoko	30,379	0.47	0.06	18,873	0.79	0.06	—	—	—
Youraku	—	—	—	4,000	0.35	0.03	5,000	1.38	0.22
Rishiri	—	—	—	3,000	1.93	0.03	15,700	0.92	0.04
96-56	5,018	0.32	0.02	4,200	0.93	0.10	—	—	—
KI-4	—	—	—	4,347	0.58	0.09	28,477	0.17	0.01
KI-5	27,445	0.28	0.01	30,913	0.38	0.01	—	—	—
Others	239,037	0.44	0.02	300,343	0.74	0.03	209,454	0.76	0.05
Total or mean	496,099	0.35	0.02	424,486	0.70	0.03	294,611	0.72	0.05

1 st; first clonal generation 2 nd; second clonal generation
1); No. of selected individuals or lines/No. of planted seeds

で求めた0.56%に比べ(表18)、WB60015-7が0.35%と低いが、Hoch. およびエニワが0.70、0.72%と高かった。さらに、系統選抜(2nd clonal gene.)における選抜率は、301組合せで求めた0.04%に比べ(表18)、WB60015-7およびHoch.は0.02、0.03%と低いが、エニワは0.05%と著しく高かった。つまり、供試種子数の多い組合せでは、実生個体ででんぶん価の高低あるいは疫病抵抗性遺伝子の有無などで強選抜を実施するため、選抜率が低下する場合がみられる。しかし、実用形質の値の高低で選抜する系統選抜においては、エニワを花粉親とする組合せで選抜率が高かった。このことは、エニワがWB60015-7およびHoch.のそれに比較して組合せ能力が優れているためと推察される。なお、これら3品種を花粉親とする組合せから地方番号を付与した系統をみると(表17)、エニワを花粉親とする組合せにおいて根育および根系系統が圧倒的に多く出現している。したがって、エニワは育種目標に合致した後代を数多く出現させる優良な交配親といえよう。

一方、母本には一般に花粉生成量の少ないものか、雄性不稔を示すものが使用される。そして、交配はある特定の花粉親をいくつかの母本に交配する形で行うことが比較的多い。そのため、母本数は花粉親数より多く、2.4倍に達していた。母本として使用頻度の高い品種をみると、表23に示したように、中性・多数のトヨシロを母本とする組合せが供試種子数の中で6.5%を占め最も多く、ついで、多収・疫病抵抗性のシレットコおよび根系28号、早生・早期肥大性のワセシロなどが比較的多かった。

つぎに、供試種子数を両親の組合せ別にみると(表25)、根系28号×64030-525の組合せが約8万7千粒で最も多く、ついで、トヨシロ×WB60015-7、根育10号×WB60015-7の組合せで多かった。そして、供試種子数の多い組合せはいずれもでんぶん価の高い花粉親との交配であり、紅丸および農林1号などより多収品種の育成をねらったものであった。

両親平均値と後代の平均値との差をみると(表19)、生育日数は全般に両親の平均値より早い系

Table 25 Main cross combinations

Order	Female × Male	No. of planted seeds
1	KK-28×64030-525	86,690
2	Toyoshiro×WB60015-7	78,976
3	KI-10 × do.	64,682
4	KI-16 × do.	41,020
5	Waseshiro × do.	33,527
6	KI-5 × Hoch.	30,913
7	Shiretoko × WB60015-7	30,379
8	Toyoshiro × WB66201-10	30,000
9	KK-43 × WB60015-7	29,000
10	KI-4 × Eniwa	28,477
	Others	1,704,670
	Total	2,158,334

統を選抜している傾向がみられた。これは熟期の遅い親との組合せが多かったこと、さらに、早期収穫などを考慮して、早期肥大性の品種を育成しようとしたためである(浅間、1976a)¹⁰⁾。同様に、上いもおよびでんぶん収量の両親の平均値と後代の平均値との差はいずれの組合せにおいても大きく、これは両親の平均値より多収系統の育成を目指していた結果である。さらに、根育および根系系統の出現の多かった組合せを両親の熟期別にみると(表17)、晩生×晩生の組合せが全体の67%を占め最も多く、ついで、中生×晩生の組合せであった。

本試験での組合せごとの個体(系統)が示す表現型は、各選抜過程において育種に有利な方向へ選抜が加えられているので大なり小なり歪められているものと考えられる。したがって、組合せごとに示す選抜個体(系統)のヘテロシス効果は過大評価される場合があるが、各形質で両親の平均値の小さい組合せでは、ヘテロシス値が大きくなる有意な正の相関関係が明らかとなった。既に、Sarnford et al. (1971)⁹⁴⁾、Tai (1976)¹⁰⁹⁾ はこれらの形質においてヘテロシスの生起を認めており、図16、17、18に示したように組合せにより大きいヘテロシス効果を発現した。そして、生育日数で

は1.0以下のヘテロシス値を、上いも収量では0.57～2.76、でんぶん価では0.70～1.67およびでんぶん収量では0.54～3.14の分布幅を示し、3形質とも1.0以上を示す組合せが多く存在した。さらに、系統の平均値とヘテロシス値の間では、上いも収量とでんぶん価のヘテロシス値との間を除く全ての相関関係が有意な正の値を示した(表22)。つまり、選抜系統のこれらの形質がヘテロシスの影響を強く受けていることを示す。

Mather (1946)⁶⁴⁾、酒井(1956)⁹⁰⁾、後藤(1973)²⁵⁾によると、雑種後代における各形質の発現は、相加的および非相加的な遺伝子効果と環境効果による。また、藤瀬ら(1951)²⁰⁾、坂井ら(1965)⁹²⁾は栄養繁殖作物のカンショについて、収量は遺伝子の非相加的効果、すなわち、ヘテロシス効果により、切干歩合は遺伝子の相加的効果によって発現される部分の多いことが考えられると述べている。バレイショについても上いも収量はヘテロシス効果、でんぶん価は遺伝子の相加的効果が影響しているものと推察される。このような観点から、でんぶん収量の多収系統の育成には、上いも収量についてはヘテロシス効果の高い組合せを、また、でんぶん価については遺伝子の相加的効果の高い組合せをそれぞれ探索する必要がある。したがって、本試験で明らかになったヘテロシス値の大き

い組合せの親を交配に利用することが育種に役立つものと考えられる。

一般に、生育日数とでんぶん収量の間には、第Ⅲ、Ⅴ章でも明らかにしたように、密接な正の遺伝および表現型相関関係が存在し、早生・でんぶん収量の多収な品種の育成には、晩生・でんぶん収量の多収なものに比べ困難であるといわれている(田口1957¹¹³⁾、田口1964・1965¹¹⁴⁾、Maris 1969a⁶²⁾、浅間1976b¹¹⁾)。本試験の結果、両親平均に比較して生育日数が少ない、あるいはでんぶん価、上いもおよびでんぶん収量が勝る後代が多数出現する組合せが検討された(図11～13)。さらに、生育日数が少なく、上いも収量が多い後代、生育日数が少なく、高でんぶん価の後代、およびでんぶん価が高く上いも収量あるいはでんぶん収量が多い後代が出現した組合せをいくつかみだすことができた。これは田口(1964、1965)¹¹⁴⁾ がでんぶん価について、両親のいずれかが低でんぶん価で他方が高でんぶん価の組合せの平均値にかなり近い後代の出現が期待できるとしたことを示唆するものである。したがって、主要形質の組合せ能力が明らかになった品種・系統を育種事業に利用することにより、遺伝子の相加的効果を高め、両親の平均値より熟期が早く、でんぶん収量の多収な品種の育成は可能と考えられる。

III 諸形質の遺伝母数とそれらの相互関係

主要形質についての選抜をより効率的に行うためには、これら形質の年次間および地域間の変異の程度を把握するとともに、遺伝率、遺伝変異係数および遺伝相関など遺伝母数について明らかにしておくことが必要である。これらの遺伝母数は、例えば、遺伝率および遺伝変異係数は選抜の方法および強度を決めるとき、あるいは選抜の効果を予測するのに必要であるし、遺伝相関はある形質の遺伝が他の形質に及ぼす影響を知る場合や、選抜指数を作る場合などに役立つと考えられる。

これまで、パレイショの葉部^{59, 66, 75)}、茎部^{59, 87, 97)}、花器¹¹³⁾、生理^{62, 63, 113)}、収量^{44, 62, 96)}およびでんぷんの形質¹²⁵⁾に関して、諸統計量が推定されてきた。しかし、それらはいずれも供試品種・系統数あるいは試験年次が少なく、妥当な遺伝母数を推定するまでに至っていない。

本章では、多数品種の数年間の試験から、葉部、

茎部、花器、生理、収量およびでんぷんに関する形質の遺伝率、遺伝変異係数、遺伝および表現型相関などを求めるとともに、これらの形質と収量形質との関連性について検討した。

試 験 方 法

材料は表75に示した118品種である。一品種13個体、調査は葉部形質が1967、1968年、茎部の茎長および茎数が1967～1974年、茎の太さが1967、1968年、花器形質が1972、1974年、生理的形質の生育日数が1967～1974年、萌芽および休眠日数が1972、1973年、収量形質が1967～1974年、でんぷん形質が1972～1974年に行った。調査形質(表26)と測定方法はつきのとおりである。葉部に関する形質は、終花期に平均的な茎長を示す5～6個体を選び、各個体で最も大きい複葉について測定し

Table 26 Characters with leaves, stems, flowers, physiologics, yields and starchs used in the experiment

Charateristics	Characters
Leaf	Terminal leaflet length, Terminal leaflet width, Leaf index, Leaf area, Petiole index, Leaf length, Number of leaves
Stem	Stem length, Stem number, Diameter of main stem
Flower	Longest length of corolla, Shortest length of corolla, Anther length, Style length, Sepal length, Flower index
Physiologic	Growing period, Period from planting to sprouting, Dormancy period
Yield	Tuber number, Tuber number per stem, Tuber size, Tuber yield, Tuber yield per stem, Starch content, Starch yield
Starch	Diameter of starch granule, Ash content, P content, K content, Mg content, Ca content

た。頂小葉長(以下、葉長と呼ぶ)、頂小葉幅(以下、葉幅と呼ぶ)、葉型指数(葉幅/葉長)、頂小葉面積(葉長×葉幅、以下、葉面積と呼ぶ)、葉柄指数(葉柄長/複葉長)、複葉長および複葉数(地ぎわから第1花房までの複葉の数)の7形質である

(図22)。茎部に関する形質は、終花期に平均的な茎長を示す5～6個体の茎長(主茎の地ぎわから生長点までの長さ)、茎数(分枝茎を除く)および茎の太さ(地ぎわから高さ10cmの主茎の太さ)の3形質である。花器に関する形質は、開花揃いに平

均的な茎長を示す5~6個体を選び、各個体で最も大きい花を1個ずつ摘花し測定した。花冠の長半径(花冠の中心から花弁の最長点までの長さ、以下、花冠長と呼ぶ)、花冠の短半径(花冠の中心から花弁の最短点までの長さ、以下、花冠短と呼ぶ)、葯の長さ、花柱の長さ、萼片の長さおよび

花型指数(花冠短/花冠長)の6形質である(図22)。生理的形質は生育日数、萌芽日数(植付翌日から萌芽期までの日数)および休眠日数(10塊茎につき枯凋期から20℃暗室で芽の長さが5mmに達するまでの日数)の3形質である。収量に関する形質は枯凋期後の10個体について調査した。上いも数、

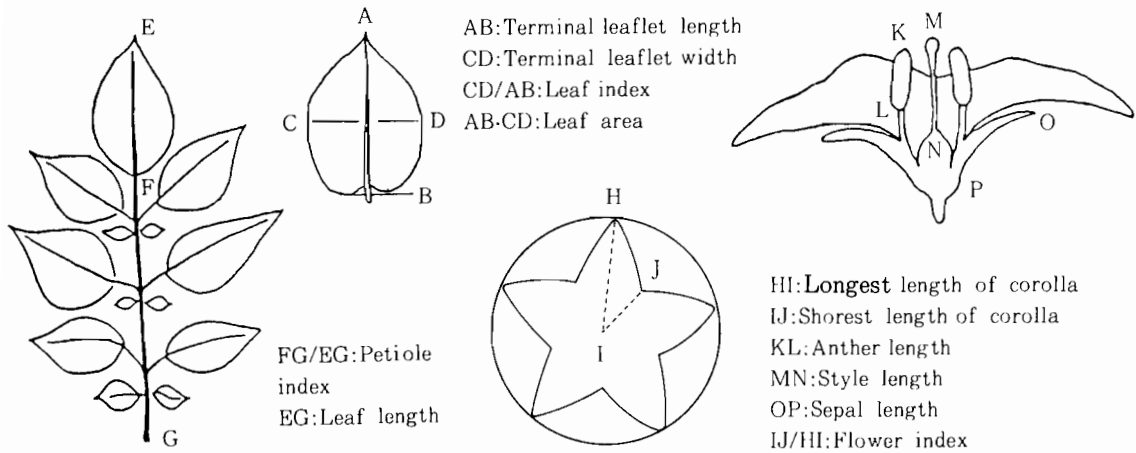


Fig.22 Each part of leaf and flower characters investigated

一茎当上いも数(上いも数/茎数)、一個重、上いも収量、一茎当上いも収量(上いも収量/茎数)、でんぶん価およびでんぶん収量の7形質である。でんぶんに関する形質は、粒径(300~1,200粒の長径を顕微鏡で測定)、灰分含量(でんぶん約10gを燃焼炉で500~550℃、5~6時間灰化)、P含量(硫酸マグネシウム法)、K含量、Mg含量およ

Table 27 Analysis of variance, components of variance and the formula for genetic (r_G), phenotypic(r_{ph}) and environmental(r_E), correlation coefficients, heritability (h^2_B) and genetic coefficient of variation(G.C.V.)

Source of variation	d.f.	Components of variance
Years	M - 1	$\sigma^2_e + N\sigma^2_y$
Varieties	N - 1	$\sigma^2_e + M\sigma^2_v$
Error	(N - 1)(M - 1)	σ^2_e

$$r_G = \sigma_{v,AB} / \sqrt{\sigma^2_{v,A} \times \sigma^2_{v,B}}$$

$$r_{ph} = (\sigma_{v,AB} + \sigma_{y,AB} + \sigma_{e,AB}) / \sqrt{\sigma^2_{v,A} + \sigma^2_{y,A} + \sigma^2_{e,A}}$$

$$\times \sqrt{\sigma^2_{v,B} + \sigma^2_{y,B} + \sigma^2_{e,B}}$$

$$r_E = \sigma_{e,AB} / \sqrt{\sigma^2_{e,A} \times \sigma^2_{e,B}}$$

$$h^2_B = \sigma^2_v / (\sigma^2_v + \sigma^2_y + \sigma^2_e) \times 100$$

$$G.C.V.(\%) = (\sqrt{\sigma^2_v / \bar{x}}) \times 100$$

びCa含量(各原子吸光法)の6形質である(各含量は水分18%含有換算値)。なお、でんぶんの回収方法は第II章第1節に示したとおりである。また、これらの形質は図2のような頻度分布を示した。

各形質の各品種の値につき、表27に示した分散分析法により分散成分の推定を行い、遺伝率、遺伝変異係数、遺伝および表現型相関を求めた。

試験結果

1) 葉部の形質について

遺伝母数および形質相互間の関係を表28に示した。遺伝率は葉柄指数が75.9%で最も高く、頂小

葉に関する葉長、葉幅、葉型指数および葉面積は52.0%から61.9%の範囲に入りほぼ類似した値を示した。遺伝変異係数は、葉面積が22.3%で最も大きく、葉柄指数が4.8%で最も小さかった。そのほかの形質は7.4%から11.9%の範囲に入り、比較的小さな変異を示した。

Table 28 Mean values, genetic coefficients of variation(G.C.V.), heritabilities(h^2_B), genetic and phenotypic correlation coefficients in the seven leaf characters

Characters	Terminal leaflet length	Terminal leaflet width	Leaf index	Leaf area	Petiole index	Leaf length	No. of leaves
Mean	8.3cm	5.8cm	69.1	48.9cm ²	0.80	26.2cm	11.9
G.C.V.(%)	11.5	11.9	7.4	22.3	4.8	8.6	11.2
h^2_B (%)	58.0	55.9	61.9	52.0	75.9	44.0	66.8
Terminal leaflet length		0.80	-0.16	0.95	0.45	0.55	-0.19
Terminal leaflet width	0.80***		0.44	0.95	0.17	0.43	-0.36
Leaf index	-0.09	0.46***		0.13	-0.01	-0.09	-0.24
Leaf area	0.95***	0.99***	0.35***		0.21	0.51	-0.29
Petiole index	0.30**	0.07	-0.21*	0.27**		-0.02	-0.04
Leaf length	0.74***	0.74***	-0.34***	0.76***	-0.10		-0.10
No. of leaves	-0.01	-0.15	-0.03	-0.02	-0.17	-0.15	

Right diagonal;genetic

Left diagonal;phenotypic

遺伝および表現型相関は、葉長、葉幅および葉面積の相互間で、正の高い相関関係が認められた。遺伝的な関係は低い、表現型的に正の密接な関連性が認められたのは、葉長と葉柄指数の間、葉面積と葉型指数、葉柄指数および複葉長の間、複葉長と葉長および葉幅の間、および葉型指数と葉幅の間であった。一方、表現型的に負の密接な関連性が認められたのは、葉型指数と葉柄指数およ

び複葉長の間であった。しかし、複葉数はいずれの形質との間にも密接な相関が認められなかった。

葉部の形質と主な収量形質の間の遺伝および表現型相関を表29に示した。遺伝相関ではいずれも低かったが、表現型相関では、上にも収量は葉型指数および複葉長の大きい品種で多くなる関係が認められた。また、でんぷん価は複葉長および複葉数の多い品種で高くなり、葉柄指数の大きい品

Table 29 Genetic and phenotypic correlation coefficients among the leaf characters and the yield components

Characters	Terminal leaflet length	Terminal leaflet width	Leaf index	Leaf area	Petiole index	Leaf length	No. of leaves
Tuber yield	0.15	-0.04	0.29	0.05	0.18	-0.09	-0.16
	0.03	0.17	0.34***	0.13	-0.13	0.28**	0.17
Starch content	-0.24	-0.27	-0.04	-0.28	-0.19	0.07	0.24
	-0.05	-0.15	-0.02	-0.06	-0.20*	0.19*	0.22**
Starch yield	-0.26	-0.13	0.23*	-0.22	-0.12	0.08	0.46
	0.01	0.09	0.21	0.07	-0.12	0.26**	0.26**

Upper;genetic

Lower;phenotypic

種で低くなる関係がそれぞれ認められた。そしてでんぶん収量では葉型指数、複葉長および複葉数の多い品種で多くなる関係が認められた。

2) 茎部の形質について

遺伝母数および形質相互間の関係を表30に示した。遺伝率は茎長が71.6%で最も高く、茎の太さが42.4%で最も小さく、茎数はこれらの中間であった。遺伝変異係数は、茎数が茎の太さおよび茎長の約2倍の26.4%を示し大きかった。遺伝および表現型相関を各形質の共通な年次で求めた結果、両相関はほぼ類似した傾向を示した。茎の長い品種は茎が太くなる関係が認められた。

一方、茎部に関する形質と収量形質の間の遺伝

Table30 Mean values, genetic coefficients of variation(G.C.V.), heritabilities(h_B^2), genetic and phenotypic correlation coefficients in the three stem characters

Characters	Stem length	Stem number	Diameter of stem
Mean	64.4 cm	3.7	9.9 mm
G.C.V.(%)	14.5	26.4	12.7
h_B^2 (%)	71.6	59.3	42.4
Stem length		0.043	0.284
Stem number	0.003		-0.211
Diameter of stem	0.322**	-0.079	

Right diagonal;genetic

Left diagonal;phenotypic

Table31 Genetic and phenotypic correlation coefficients among the stem characters and the yield characters

Characters	Tuber number	Tuber number per stem	Tuber size	Tuber yield	Tuber yield per stem	Starch content	Starch yield
Stem length	0.41	0.47	0.03	-0.36	0.34	0.48	0.41
	0.34**	0.35**	0.09	0.34**	0.30**	0.41**	0.39**
Stem number	0.37	-0.03	-0.05	-0.23	0.03	0.20	0.29
	0.35**	-0.32**	-0.10	0.23*	-0.30**	0.17	0.25*
Diameter of stem	-0.06	0.14	0.37	-0.25	0.35	0.08	0.22
	-0.00	0.09	0.32**	0.28**	0.29**	0.09	0.23*

Upper;genetic

Lower;phenotypic

および表現型相関は(表31)、両相関ともほぼ同様の傾向を認めた。すなわち、茎が長いと一個重を除く各形質の値が増加する比較的密接な関連性が認められた。また、茎数が増すと上いも数、上いもおよびでんぶん収量は増加する関係が認められた。そして、茎が太くなると一個重、上いも収量、一茎当上いもおよびでんぶん収量がいずれも増加する傾向が認められた。

3) 花器の形質について

遺伝母数および形質相互の関係を表32に示した。遺伝率は、花柱の長さが72.0%で最も高く、萼片の長さがこれにつき、葯の長さ、花冠長、花冠短および花型指数は54.5%から61.0の範囲に入った。

遺伝変異係数は、萼片の長さが18.3%と最も大きく、ついで、葯の長さ、花冠短の順であり、花型指数は9.3%と最も小さかった。

遺伝および表現型相関は(表32)、花冠長、花冠短および葯の長さの相互間、葯の長さとは花柱の長さの間で高い正の遺伝および表現型相関関係が認められた。また、遺伝的な関連性は低いが、表現型的に正の密接な関連性が認められたのは、花冠長と花柱の長さおよび萼片の長さの間、花冠短と花柱の長さ、萼片の長さおよび花型指数の間、葯の長さとは萼片の長さおよび花型指数の間、および花柱の長さとは花型指数の間、などであった。

これらの形質と収量形質の関連性は(表33)、遺伝相関では、萼片の長さは上いもおよびでんぶん

Table32 Mean values, genetic coefficients of variation(G.C.V.), heritabilities(h_B^2), genetic and phenotypic correlation coefficients in the seven flower characters

Characters	Longest length of corolla	Shortest length of corolla	Anther length	Style length	Sepal length	Flower index
Mean	18.9mm	12.8mm	7.1mm	10.1mm	11.3mm	0.63
G.C.V.(%)	12.7	14.7	15.2	10.8	18.3	9.3
h_B^2 (%)	60.0	58.0	61.0	72.0	70.9	54.5
Longest length of corolla		0.89	0.73	0.40	0.32	0.06
Shortest length of corolla	0.86***		0.75	0.44	0.26	0.50
Anther length	0.47***	0.50***		0.70	0.18	0.25
Style length	0.27**	0.35***	0.35***		0.05	0.19
Sepal length	0.34***	0.30***	0.18*	0.04		-0.36
Flower index	0.04	0.52***	0.22*	0.22*	0.15	
Right diagonal;genetic			Left diagonal;phenotypic			

Table33 Genetic and phenotypic correlation coefficients among the flower characters and the yield components

Characters	Longest length of corolla	Shortest length of corolla	Anther length	Style length	Sepal length	Flower index
Tuber yield	0.01	-0.03	-0.11	-0.04	0.32	-0.06
Starch content	-0.10	-0.05	0.03	0.03	-0.33***	0.06
	-0.26	-0.15	-0.08	-0.09	-0.22	0.12
Starch yield	-0.23**	-0.12	-0.13	-0.03	-0.20*	0.10
	-0.19	-0.09	-0.08	0.03	-0.38	0.11
	-0.16	-0.08	-0.03	0.03	-0.30***	0.04
Upper;genetic		Lower;phenotypic				

収量との間を除いたほかは、いずれの形質との間において低い値であった。一方、表現型相関は全般に負の値を示すものが多く、上いもおよびでんぶん収量は萼片の長い品種で減少する傾向が認められた。また、でんぶん価は花冠長および萼片の長さが大きい品種で減少する関係が認められた。そして、遺伝的な関連性に比べ表現型的な関連性がより密接であることが認められた。

4) 生理的形質について

遺伝母数および形質相互間の関係を表34に示した。遺伝率は形質間ではほぼ類似し、58.7%から69.1%の範囲を示した。遺伝変異係数は生育日数

が20.4%で最も大きかった。遺伝および表現型相関は、各形質に共通な年次で求めた結果、休眠日数と生育日数の間では遺伝的に負、休眠日数と萌芽日数の間では表現型的に正の有意な相関関係が認められた。

これらの形質と収量形質の間の遺伝および表現型相関係数では(表35)、生育日数は一茎当上いもおよびでんぶん収量の間には正の密接な遺伝的関連性が認められた。また、表現型的には、生育日数が多くなると一個重、上いも収量、一茎当上いも収量、でんぶん価あるいはでんぶん収量はいずれも増加する関連性が認められた。ついで、萌芽日数では、遺伝的には一個重およびでんぶん価の間

Table34 Mean values, genetic coefficients of variation(G.C.V.), heritabilities(h^2_B), genetic and phenotypic correlation coefficients in the three physiologic characters

Characters	Growing period	Period from planting to sprouting	Dormancy period
Mean	121.4days	25.6days	82.2days
G.C.V.(%)	20.4	5.7	16.1
h^2_B (%)	69.1	58.7	68.3
Growing period		-0.013	-0.581
Period from planting to sprouting	0.028		0.284
Dormancy period	-0.015	0.213*	

Right diagonal;genetic
Left diagonal;phenotypic

Table35 Genetic and phenotypic coefficients among the physiologic characters and the yield components

Characters	Tuber number	Tuber number per stem	Tuber size	Tuber yield	Tuber yield per stem	Starch content	Starch yield
Growing period	0.24	0.28	0.49	0.38	0.60	0.41	0.64
Period from planting to sprouting	0.18	0.12	0.20*	0.32**	0.23**	0.27**	0.34**
Dormancy period	-0.50	-0.34	0.15	0.20	-0.15	-0.52	-0.39
	-0.40**	-0.21*	0.14	-0.22*	-0.04	-0.29**	-0.32**
	-0.60	-0.37	-0.24	-0.55	-0.51	-0.52	-0.70
	-0.43**	-0.19*	-0.19*	-0.52**	-0.26**	-0.40**	-0.54**

Upper;genetic Lower;phenotypic

遺伝および表現型相関は、上いも数と一茎当上いも数、でんぶん価およびでんぶん収量の間、上いも収量と一茎当上いもおよびでんぶん収量の間、でんぶん収量と一茎当上いも収量およびでんぶん価の間では、遺伝的に正の密接な関連性が認められた。一方、一個重とでんぶん価の関係を除く形質相互間には、表現型的に有意な相関関係が認められた。その内、一個重と上いも数および一茎当上いも数の間では、負の相関関係であった。

6) でんぶんの形質について

に、表現型的には上いも数、一茎当上いも数、上いも収量、でんぶん価およびでんぶん収量の間いずれも負の関連性が認められた。休眠日数では、遺伝的には上いも数、上いも収量、一茎当上いも収量、でんぶん価およびでんぶん収量の間、および表現型的には、各収量形質との間にそれぞれ負の相関関係が認められた。

5) 収量形質について

遺伝母数および形質相互間の関係を表36に示した。遺伝率はでんぶん価が75.4%で最も高く、でんぶん収量、上いも数、上いも収量および一個重は50.2%から59.2%までの範囲に入りほぼ類似していた。遺伝変異係数は、でんぶん収量が33.5%で最も大きく、でんぶん価が16.6%で最も小さかった。そのほかの形質は18.8%から26.9%の範囲に入った。

遺伝母数および形質相互間の関係を表37に示した。遺伝率は各形質ともほぼ類似し、55.2%から65.2%の範囲に入った。遺伝変異係数はMg含量が34.7%で最も大きく、ついで、K含量、Ca含量の順に大きく、粒径が15.0%で最も小さかった。

遺伝および表現型相関は、両相関とも粒径と灰分およびCa含量の間に負の相関関係が認められた。また、灰分、P、KおよびMg含量の相互間には、両相関とも正の密接な関連性のあることが認められた。そして、Ca含量は粒径、灰分およびMg含量との間に、遺伝的な関連性はやや低い

Table36 Mean values, genetic coefficients of variation(G.C.V.), heritabilities(h^2_B), genetic and phenotypic correlation coefficients in the seven yield characters

Characters	Tuber number	Tuber number per stem	Tuber size	Tuber yield	Tuber yield per stem	Starch content	Starch yield
Mean	8.2	2.3	73g	580g	148g	15.2%	84g
G.C.V.(%)	23.1	18.8	23.0	25.3	26.9	16.6	33.5
h^2_B (%)	54.5	44.4	50.3	50.2	44.3	75.4	59.2
Tuber number		0.76	-0.25	0.37	0.59	0.71	0.72
Tuber number per stem	0.59***		-0.30	0.39	0.34	0.62	0.50
Tuber size	-0.27***	-0.19*		0.64	0.62	-0.15	0.37
Tuber yield	0.58***	0.31***	0.57***		0.82	0.44	0.91
Tuber yield per stem	0.20*	0.55***	0.55***	0.63***		0.32	0.73
Starch content	0.55***	0.35***	-0.09	0.19*	0.41***		0.76
Starch yield	0.65***	0.36***	0.36***	0.53***	0.90***	0.71***	

Right diagonal;genetic Left diagonal;phenotypic

Table37 Mean values, genetic coefficients of variation(G.C.V.) heritabilities(h^2_B), genetic and phenotypic correlation coefficients in the six starch characters

Characters	Diameter of starch granule	Ash content	P content	K content	Mg content	Ca content
Mean	21.3 μ m	238 μ m	55.3 mg	34.8 mg	10.3 mg	1.8 mg
G.C.V.(%)	15.0	21.1	21.6	27.8	34.7	27.0
h^2_B (%)	62.6	65.2	58.1	57.1	55.8	55.2
Diameter of starch content		-0.85	0.25	-0.23	-0.26	-0.66
Ash content	-0.41***		0.80	0.94	0.88	0.65
P content	0.18*	0.25**		0.80	0.80	0.10
K content	-0.09	0.28**	0.52***		0.75	0.31
Mg content	0.09	0.22*	0.23**	0.23**		0.32
Ca content	-0.26**	0.23**	0.16	0.17	0.29***	

Right diagonal;genetic Left diagonal;phenotypic

Table38 Genetic and phenotypic correlation coefficients among the starch characters and the yield components

Characters	Diameter of starch granule	Ash content	P content	K content	Mg content	Ca content
Tuber yield	-0.13	0.06	-0.20	-0.17	-0.19	0.22
	-0.08	-0.01	-0.09	-0.08	-0.05	0.03
Starch content	0.41	-0.25	-0.09	-0.16	-0.13	-0.53
	0.25**	-0.15	-0.15	-0.14	-0.14	-0.25**
Starch yield	0.38	-0.22	-0.02	-0.15	-0.12	-0.69
	0.13	-0.14	-0.10	-0.15	-0.13	-0.26**

Upper;genetic Lower;phenotypic

が、表現型的には密接な関連性のあることが認められた。

これらの形質と収量形質の関連性は(表38)、遺伝相関では、粒径とでんぷん価およびでんぷん収量の間、Ca含量とでんぷん価およびでんぷん収量の間で、それぞれやや高い値を示したほかは、各形質相互間において低い値しか認められなかった。一方、表現型的には、粒径とでんぷん価の間、Ca含量とでんぷん価およびでんぷん収量の間に関連が認められた。

考 察

1) 葉部の形質について

葉部の形態形質について遺伝母数を求めたものはバレイショで少なく、他の作物で多い。遺伝率について、タバコで井山(1955)³⁶⁾、岡ら(1955)⁸¹⁾および津崎・伊沢(1967)¹²¹⁾はいくつかの品種および世代において、葉型指数でやや高く、最大葉の長さおよび幅で低かったと報告した。テンサイで島本・細川(1970)¹⁰¹⁾は葉身長、葉幅、葉型指数が生育中期に最も高いと報告した。リンゴで中山・斎藤(1969)⁷³⁾は葉身長、葉幅、葉型指数および葉面積でそれぞれ高かったと報告した。これらの報告からも明らかなように、葉部に関するこれらの形質は一般に遺伝率が高いことを示しているが、本試験の結果、遺伝率は葉柄指数が最も高く、複葉数、葉型指数、葉長、葉幅および葉面積は比較的高く、複葉長は比較的低い値を示した。吉田(1970)¹³⁰⁾は少数の品種を用い、複葉数の品種間差異は極めて小さいことを観察した。また、Sergura et al.(1975)⁹⁷⁾は、葉長の遺伝率が高いことを明らかにした。本試験の頂小葉に関する葉長、葉幅および葉面積の遺伝率は、相関関係からも明らかなように密接な関連性を示すことから、類似した値を示したものと推察される。遺伝および表現型相関では、葉長、葉幅および葉面積は相互間に高い値を示した。したがって、これらの形質は共通の遺伝的要因により支配されているものと推察される。このような密接な関連性については、すでに村上・浅間(1969)⁶⁹⁾が135品種の頂小

葉に関する諸形質について因子分析を行い、それらの形質は相互に密接な関連性のあることをみいだしたことと一致する。さらに、カンショで四方・小林(1974)⁹⁹⁾は葉幅と葉長および葉形の間、タバコで生沼・吉田(1969)⁷⁹⁾は葉幅と葉型指数の間に、それぞれ密接な関係のあることをみいだした。しかしながら、本試験では、葉型指数、葉柄指数、複葉長および複葉数は、いずれの形質との間においても遺伝的な関連性は低く、互いに異なる遺伝的要因により支配されているものと推察される。

これまで、収量形質と葉部形質の関連性について、村上・浅間(1969)⁶⁹⁾は単純相関係数を求めた結果から、葉長あるいは葉幅の小さい品種および葉柄指数の大きい品種では、でんぷん価が低い傾向にあることを認めた。また、Nechiporchuk et al.(1976)⁷⁵⁾は葉面積と収量の間にも正の相関関係を認めた。さらに、Maity・Chatterjee(1977)⁵⁹⁾は、葉の大きさは収量形質と遺伝および表現型的に密接な関連性のあることを認めた。田口(1941)¹¹¹⁾は、実生苗について、葉の就眠程度の大きいものは葉が大きく、晩生であり、収量も多いことをみいだした。北海道農業試験場(1965)³⁰⁾では、生育初期の葉の大きい品種ほど収量が多く、生育後期の葉の葉面積とでんぷん価の間に負の相関がやや高まるとした。Iwama et al.(1981)³⁷⁾は、葉の大きな系統では塊茎収量が高いことを観察した。テンサイで津田ら(1969)¹²⁰⁾は、葉重と葉数が根部生産と遺伝的に密接な関連性のあることをみいだした。また、カンショで四方・小林(1974)⁹⁹⁾は葉幅および葉長が収量と有意な正の関係のあることを示した。

このように、葉部の形質は収量形質との間に密接な関係のあることが報告されているが、本試験では、開花盛期における葉部のこれらの形質と枯凋期における収量形質の間の遺伝相関関係は低く、異なった遺伝的要因により支配されているものと推察される。このように関連性は低かったが、葉部が貯蔵養分を生産する機能を持つことから、これらの葉部形質の代わりに葉面積指数などを取扱い、収量形質との間の相関を求めれば、より密接な関連性をみいだすことも可能であろう。なお、島本・細

川(1970)¹⁰¹⁾はテンサイで、葉型指数、葉身の大きさの遺伝率およびこれらの形質とほかの形質との間の遺伝相関は、生育時期により変異することを明らかにしている。したがって、本試験の結果は、特定時期での測定値から得られているので、この点についてさらに試験を重ねる必要がある。

2) 茎部の形質について

Abdala・Hermsen (1971)¹⁾は短茎と長茎の組合せから、茎長が2つの優性補足遺伝子により支配されていることを明らかにした。一方、茎長は環境条件に比較的作用され易く(田口1957)¹¹³⁾、岡沢(1977)⁸³⁾は、茎数および茎の太さは種いもの生産あるいは貯蔵条件などの生理的变化に基づく萌芽性に大きく作用されるとした。したがって、これらの形質の年次および環境に基づく分散成分は比較的大きくなり易い。本試験での遺伝率は、年次間の分散成分が小さかった茎長でやや高かったが、環境分散成分の比較的大きかった茎数および茎の太さではやや低い値となった。なお、Segura et al.(1975)⁹⁷⁾は、茎数は高い遺伝率を示すとしたが、本試験の結果と異なっていた。

つぎに、各形質間の遺伝および表現型相関では、茎長と茎の太さの間に表現型的に正の関連性が認められた。これは田口(1957)¹¹³⁾および村上・浅間(1969)⁶⁹⁾が単純相関係数を求めた結果と同様であった。また、茎の太さと茎数の間の負の傾向は、田口(1957)¹¹³⁾および村上・浅間(1969)⁶⁹⁾が求めた結果、さらに、カンショで四方・小林(1974)⁹⁹⁾の試験結果とほぼ同様であった。

これまで、Maity・Chatterjee (1977)⁵⁹⁾は、茎長は収量との間に遺伝および表現型相関があるとした。さらに、茎が長い品種では、浅間(1963)⁴⁾は収量が多くなり、浅間(1964)⁵⁾およびSegura et al.(1957)⁹⁷⁾はいも数および収量が増加するとした。本試験の結果では、茎が長いと一個重を除く各収量形質の値が増大することを明らかにした。また、茎数は収量形質との間に有意な関係のあることが認められた。なお、茎数といも数の関係はGroza (1976)²⁶⁾の試験結果と同様であった。茎の太さと収量形質の関係については、村上

・浅間(1969)⁶⁹⁾が2年間、田口(1957)¹¹³⁾が1年の試験結果、およびPandita・Sidhu(1980a)⁸⁶⁾が茎長といも数の間、茎数といも数および一個重の間において求めた試験結果と概ね一致した。また、Iwama et al.(1981)³⁷⁾は茎部の大きい系統では塊茎収量が多く、Groza(1976)²⁶⁾によると収量には早・中生種で茎数、晩生種で茎重が関与しているとした。さらに、カンショでは、四方・小林(1974)⁹⁹⁾は各選抜世代において、茎の太さ(茎径)はいもの大きさと正の有意な関係のあることを示した。

これらの結果から、茎部に関する形質は遺伝および表現型的にも収量形質との間に密接な関連性が存在することが明らかとなった。したがって、生育途上における茎部の形質の評価によって、枯凋後の収量形質の値を予想することの可能性を示唆し、選抜効率の向上に役立つものと考えられる。

3) 花器の形質について

花器に関する形質相互間およびこれら形質と収量形質との関係を検討し、収量形質に密接な関連性を示す形質があれば、これを利用して選抜をより効率的に進めることができる。このため、花器に関する形質には、交配育種の実施上重要な花粉稔性および交雑和合性などもあるが、本試験では、比較的取扱いの容易な6形質を選んだ。これまで、パレイショの花器に関して研究した報告は数多くあるが(Salaman 1926⁹³⁾、野田1949⁷⁸⁾、田口ら1954¹¹²⁾、田口1957¹¹³⁾、吉田1970¹³⁰⁾、Matsubayashi 1979⁶⁵⁾など)、ここで取り上げた形質について研究したものは少ない。本試験の結果、花器の遺伝率は全般に高い値が得られた。なお、野田(1949)⁷⁸⁾は花器の分化期過程について観察し、萼および花弁は比較的早い生育時期に発達することをみだしている。器官の分化過程とこれら高い遺伝率を示した形質との間の関連性について、さらに試験することも必要であろう。

各形質相互の関連性については、花冠長と花冠短および葯の長さの間、葯の長さとは花冠短および花柱の長さの間に、それぞれ正の高い遺伝相関が認められた。したがって、これらの形質は比較的

共通の遺伝的要因によって支配されているか、あるいはこれらの形質を支配する遺伝子間に連鎖関係が存在するものと推察される。しかし、花型指数では、いずれの形質との間にも遺伝相関が低く、独立した遺伝的要因により支配されているものと推察される。樋口・酒井(1967)²⁸⁾はタバコにおいて、遺伝的に花系、花柱および花冠は相互に正で高い関連性のあることを報告しているが、本試験の結果は、これらの関係と概むね一致した。

これまで、花器の形質と収量形質の関連性について、野田(1949)⁷⁸⁾、吉田(1970)¹³⁰⁾は少数の品種を用いて、塊茎形成過程と花器の発達過程の形態の観察から、直接的な関係がみられなかったと報告しているが、本試験の結果から、花器と収量形質とは互いに異なる遺伝的要因により支配されているものと推察される。なお、田口ら(1954)¹¹²⁾は種間雑種の花器が一般品種より大であることを観察している。したがって、供試品種の中にはかなり異種バレイショと交配された品種があることから、今後、異種バレイショとの血縁程度がこれら花器の形質の変異に及ぼす影響についてさらに検討する必要がある。

4) 生理的形質について

生育日数について、Salaman (1926)⁹³⁾によると気象要因と植付けられる種いもの生理的内容すなわち萌芽性によって影響され、田口(1957)¹¹³⁾は開花始めから茎葉枯凋までの生育期間と密接な関係があったとした。本試験では、遺伝率は69.4%を示した。これは浅間(1964)⁵⁾が4年間・7品種から求めた値とほぼ同じであった。また、遺伝変異係数は20.4%と比較的大きく、その変異に占める遺伝的な要因の割合が比較的大きかった。なお、田口(1957)¹¹³⁾は年次間変異は主要形質の中で最も小さく、年次間の相関は比較的高いとしたが、本試験の結果からも年次間で安定した形質であることが明らかになった。

萌芽日数は、主として種いもの生産および貯蔵条件によって規制されるが、品種間の表現性は比較的安定している。本試験では、58.7%の遺伝率を示し、年次間の選抜の効率は比較的高く、田口

(1957)¹¹³⁾が年次間の変異係数および年次間相関はいずれも比較的小さいことを述べたこととほぼ同様であった。一般に、萌芽日数は植付後の畑地温との関係が高い。したがって、萌芽日数の遺伝的変異係数は5.7%と小さく、変異に占める遺伝的な要因の割合が極めて小さい。

塊茎の休眠は、岡沢(1977)⁸³⁾によると、環境条件が萌芽に好適でも体内的要因のため萌芽しない内生休眠と、その後の貯蔵中の低温などの環境条件の不適によって春まで萌芽しない外生休眠とから成立しているという。本試験の休眠は後者を表わしており、68.1%の遺伝率を示し、比較的高い値であることが明らかとなった。これはThompson (1978)¹¹⁷⁾が休眠日数の遺伝分散は大きく、遺伝率が高いと報告していることに符号する。本試験の結果、休眠日数は生育日数との間に遺伝的に負の密接な関連性が存在し、枯凋の早い品種ほど遺伝的に休眠期間が長くなることが認められた。したがって、これらの形質は共通の遺伝的要因により支配されているものと推察された。

生理形質と収量形質の関係では、茎葉の枯凋は一茎当上いもおよびでんぷん収量との間に高い遺伝相関関係が得られ、これらは共通の遺伝的要因により支配されているものと推察される。さらに、生育日数と収量形質の間の遺伝および表現型相関関係は、浅間(1964)⁵⁾が26品種から求めた結果と同様であった。また、田口(1957)¹¹³⁾、東北農業試験場(1958)*、浅間(1963)⁴⁾、久木村(1966)⁵²⁾、浅間・上野(1967)⁶⁾、Maris(1969a⁶²⁾,1969b⁶³⁾)がそれぞれ単純相関から求めた結果とほぼ同様であった。そして、本試験の結果、休眠日数の長い品種では収量形質が減少する関係を示すことから、休眠は収量形質に対して負に働く共通の遺伝的要因により支配されていることを示唆し、生育期間と逆の関係にあることが明らかとなった。

5) 収量形質について

一般に、数年間、数品種からなるデータの分散分析において、年次を増すと年次に基づく分散成分が増大するため、全分散に占める遺伝分散の割

* 印4頁に示す。

合は減少し、複数年で求めた遺伝率は単年で求めた値より低くなる傾向がある。このようなことから、本試験で求めた遺伝率は全般的にやや低く、形質間の遺伝率の大小の関係は浅間(1964)⁵⁾、Yashima (1967a,¹²⁷⁾ 1976b)¹²⁸⁾ Kaminski (1977)⁴⁴⁾ Rutten cutter (1978)⁸⁹⁾ が単年で推定した結果とほぼ同様であった。したがって、選抜の効率性は、でんぶん価が最も高く、ついで、でんぶん収量、上いも数、一個重および上いも収量の順である。遺伝変異係数では、でんぶん価が最も小さく、でんぶん収量が最も大きく、その他の形質がこれらの中間に属することが明らかとなった。なお、Kaminski (1977)⁴⁴⁾ が120品種・系統の3年間、浅間(1963)⁴⁾ が2品種・21年間の各試験から、それぞれ求めた収量形質の変異係数は、本試験の収量形質の変異係数の大小とほぼ同様の傾向であった。このようなことから、収量形質の選抜は遺伝的な要因で品種間変異を示す割合が多いでんぶん収量が最も容易であり、一茎当上いも収量がこれにつき、上いも収量、上いも数の順であることを明らかになった。

収量形質間の関連性について、これまで単年の試験から単純相関を求めた報告は多数あるが、本試験のように数年間の試験から遺伝および表現型相関の関連性について検討したものはみられない。本試験で、遺伝的には上いも数と一茎当上いも数、でんぶん価およびでんぶん収量との間、上いも収量と一茎当上いも収量およびでんぶん価の間、でんぶん収量と一茎当上いも収量およびでんぶん価の間で密接な関連性のあることが認められた。これら遺伝的な関係は、浅間(1964)⁵⁾、Maity-Chatterjee (1977)⁵⁹⁾ および Gaur et al. (1978)²¹⁾ が求めた結果とほぼ同様であった。したがって、これらの形質は共通の遺伝的要因により支配されているか、あるいはこれらを支配する遺伝子の間に連鎖関係が存在するものと推察される。なお、収量形質について、村上・浅間(1969)⁶⁹⁾ が135品種を用いて因子分析を行った結果、それらの形質が相互に密接な関連をもっていることをみいだしたことから推察できる。一方、表現型的には、一個重とでんぶん価の関係を除いて、形質相互間

に有意な関連性が認められた。これらの関連性は田口(1957)¹¹³⁾、浅間(1963⁴⁾、1964⁵⁾、田畑・栗原(1964)¹⁰⁷⁾、村上・浅間(1969)⁶⁹⁾、Meister-Thompson (1976)⁶⁶⁾、Maity-Chatterjee (1977)⁵⁹⁾、Tai Young (1984)¹¹⁰⁾、Gaur et al. (1978)²¹⁾、Sedova-Budin (1978)⁹⁶⁾、Pandita-Sidhu (1980a)⁸⁶⁾、Pandita et al. (1980b)⁸⁷⁾、Loginov (1980)⁵⁷⁾、が単年の試験から求めた結果とほぼ同様の傾向であった。

6) でんぶんの形質について

これまで、湯村・佐藤(1959)¹³³⁾、矢木ら(1973)¹²⁵⁾ は粒径について、年次間、地域間および品種間によって差異のあることを報告したが、それらはいずれも取扱った品種数が多くない。本試験では、多数の品種を用い、各形質で年次間および品種間に有意差のあることが認められた。そして、遺伝変異係数は、粒径が無機組成に比べ著しく小さかった。遺伝率では、灰分含量および粒径がいずれも60%以上を示し、でんぶん原料用として望ましい、大粒径でんぶんおよび農産物検査法の検査規格の0.2%以内の灰分含量の品種の育種が容易であることが示された。さらに、粒径と灰分含量の間には遺伝および表現型的にも密接な負の関係が認められた。また、粒径はP、K、MgおよびCa含量との間の遺伝的な関連性は低いが、灰分、P、K、MgおよびCa含量の相互間、遺伝および表現型的に正の密接な関係があった。つまり、灰分を構成する各無機組成成分間には密接な相関が認められるが、粒径と無機組成成分の間には遺伝相関がみられず、これらの形質の選抜は互いに独立に行ってよいと考えられる。一方、粒径およびCa含量はでんぶん価およびでんぶん収量との間に高い遺伝相関関係が認められたが、その他のでんぶん形質とこれらの収量形質の関連性は低く、これらは異なる遺伝的要因により支配されているものと推察される。

なお、加工利用の面からのでんぶん特性は、粒径が大きいことは勿論のこと、糊化開始温度が低く、最高粘度の高いのが望ましい^{76, 132)}。これまで、粒径は最高粘度との間に正の密接な相関のあ

ることが観察されているが^{29,76)}、灰分含量もまた最高粘度との間に正の密接な関係のあることが観察されている^{125,132)}。本試験の結果から、粒径は灰分含量と密接な負の遺伝相関関係が明らかになっ

たが、灰分含量が少なく、粒径が大きく、しかも、でんぶん物性の望ましい系統の選抜は容易と思われる。