

日作紀 (Japan. Jour. Crop Sci.) 48(3) : 403-408 (1979)

パレイシヨ 根系の品種間差異と地上部の生育 および塊茎収量との関係*

岩 間 和 人・中世古公男・後藤寛治
西 部 幸 男**・梅村芳樹**
(北海道大学農学部 **北海道農業試験場)
昭和54年1月31日受理

パレイシヨにおける地上部の生育と塊茎収量との相互関係については、これまでに栗原ら⁷⁾や田口ら¹³⁾を初めとする多くの研究者により極めて豊富な知見が得られている。一方、根に関しても古くから研究が行なわれ、WEAVER¹⁵⁾を初め、いくつかの研究報告^{1,2,3,4,5,6,8,11,14,16)}がみられるが、MOORBYら⁹⁾が指摘しているように、根の形態や機能面に関しては未だ不明な点が多いのが現状である。根は、言うまでもなく養水分吸収を通じ生育・収量を大きく左右するものと考えられ、根と地上部の生育や塊茎収量との相互関係を明らかにすることは、基礎的理論に基づいた育種・栽培法を確立する上で極めて重要である。

そこで、本研究では、パレイシヨ根系に関する基礎的知見を得るため、根の形態的、量的形質の品種間差異を明らかにするとともに、根の諸形質と地上部の生育および塊茎収量との相互関係について検討した。

材料および方法

試験は、1976年および'77年の兩年に行い、1976年度は北海道農業試験場作物第1部畑作物第2研究室(恵庭市島松)の圃場で、1977年度は島松および北海道大学農学部付属農場(札幌市)の2ヶ所で行った。

試験に用いた種いもは、いずれも試験の前年島松において採種されたもので、2つ切として使用した。

1976年度は、第1表に示すように早晩性を異にする10品種(系統)を供試し、5月8日、75 cm×39 cm(3419株/10 a)の栽植様式に植付けた。施肥量は10アール当 N 10 kg, P₂O₅ 15 kg, K₂O 10 kgの割合で全量基肥として施用した。試験区は3反復乱塊法である。調査は四葉期(萌芽後4~7日後)、開花始および全葉展開期に行い、各反復区から4株、計12株について、莖長、莖径、主莖葉数、株当莖数および部位別(葉、莖+ふく枝、根、塊茎)乾物重を測定した。根

は株の生育領域を深さ30 cmまで掘りおこし、5 mm升目のふるい上に移し、園芸用シャワーで水をかけ、根と土および夾雑物を分離した。また、地下部の莖を上位節(地表下3節目まで)と下位節(4節目より種いも基部まで)に分け、根数(5 cm以上伸長しているもの)および最大根径(株内で最も太い根の発生部位より1 cmの箇所太さ)を測定した。収量調査は、1品種(系統)当り各反復区より10株、計30株について行い、塊茎生重および乾物重を測定した。乾物重の測定はいずれも80°Cで48時間熱風乾燥後に行った。なお、プリエクルスキー・ランニーは、開花がみられず、開花始調査は7月6日に行った。

1977年度は、前年度供試した品種のうちから、プリエクルスキー・ランニー(極早生)、男爵薯(早生)、シレットコ(晩生)および農林1号(晩生)の4品種を供試し、島松では5月23日、札幌では4月28日に植付けた。栽植様式は、島松では前年度と同様で、札幌では75 cm×40 cm(3333株/10 a)である。施肥量は、島松では前年度生育後期に肥料切れの徴候が認められたので、前年度の2割増(N 12 kg, P₂O₅ 18 kg, K₂O 12 kg/10 a)とし、札幌では、N 9 kg, P₂O₅ 11 kg, K₂O 7 kg/10 aの割合で全量基肥として施用した。試験区は両地域とも3反復乱塊法である。調査は萌芽後2週間間隔で4~8回行い、各反復区から4株、計12株について根および地上部の形態的形質ならびに部位別乾物重を測定した。調査方法は前年度と同様である。

なお、両地域の作土は、島松は樽前山火山灰層よりなる壤土で、札幌はやや粘質がかった植壤土(沖積土)である。

結果および考察

1. 根数、最大根径および根乾物重の品種間差異

1976年度における10品種の根数、最大根径および根乾物重の生育に伴う推移を検討してみると、根数は

* 大要は第164回講演会(昭和52年10月)において発表

Table 1. Maximum root diameter, number of roots and root dry weight at the initial

Variety	Earliness	Initial flowering stage	Max. root diameter (mm)		Number of roots			Root dry weight (g/pl.)	Number of stems
			Upper	Lower	Upper	Lower	/pl.		
Priekulskii-rannii	VE	—	0.6	1.0	37	66	103	1.50	4.5
Waseshiro	E	July 7	0.8	1.2	27	55	82	1.53	2.3
Danshakuimo	E	3	1.2	1.4	48	107	155	2.02	3.8
Hokkai No. 50	E	7	0.7	1.4	46	78	124	2.34	4.4
Toyoshiro	E	9	0.9	1.7	31	47	78	2.14	2.4
Eniwa	L	13	1.0	1.3	38	51	89	1.74	2.8
Hokkai No. 53	L	8	0.9	1.2	66	76	142	1.98	4.1
Shiretoko	L	8	1.0	1.4	51	78	129	2.72	3.8
Norin No. 1	L	3	1.2	1.6	59	85	144	3.87	4.3
Shimakei No. 161	VL	8	1.3	1.6	49	52	101	3.93	2.5
Mean			1.0	1.4	45	70	115	2.38	3.5
LSD			0.2**	0.4**	23**	41**	44*	0.65**	1.9**

Note. VE: very early; E: early; L: late; VL: very late. *: 5%, **: 1% level of significance.

The stem being under soil surface was divided into two parts, upper and lower, at the 3rd node from the soil surface. Priekulskii-rannii did not bloom and was sampled on July 6.

いずれの品種においても四葉期ですでに最大期の約9割が確保されており、その後わずかに増加し、開花始には最大に達した。一方、最大根径および根乾物重は四葉期から開花始にかけての増加が著しく、根数と同様ほぼ開花始に最大となった。そこで、第1表に開花始における根数、最大根径および根乾物重を示した。

表に明らかなように、各形質とも有意な品種間差異が認められる。根数および最大根径は、いずれの品種も上位節に比べ下位節で大きく、一般に種いも基部に太い根が多く分布しているものと推察される。品種間差異を詳細に検討してみると、上位節における根数および最大根径、ならびに株当根乾物重は、晩生品種ほど大きい傾向が認められる。この傾向は株当根乾物重において特に顕著で、生育期間の最も長かった農林1号および鳥系161号が著しく大きかった。

株当の根数や根乾物重は、一茎当の根数および根乾物重と茎数の2要因に分けられるが、茎数の品種間差異は品種の早晩性に関係なく、種いもの生理的内容に基づく萌芽性に規制されることが報告されている^{10,12)}。そこで、茎数の影響を除いた一茎当の根数および根乾物重についてみると、根数の差異と早晩性との間には明確な対応関係が認められなかったが、一茎当根乾物重は明らかに晩生品種ほど大きい傾向を示した。また、株当根数は茎数と、株当根乾物重は一茎当根乾物重とのみ有意な正の相関を示し(それぞれ $r=0.743^*$ および $r=0.792^{**}$)、株当の根数は主に茎数によって、株当根乾物重は一茎当の根乾物重に支配されていることが明らかとなった。

つぎに、根と地上部との関係を明らかにするため、全葉展開期における根の形質と茎数、茎長、主茎葉数および茎径との相関係数を第2表に示した。最大根径および根乾物重は、いずれも茎数とは負、茎長、主茎葉数、茎径とは有意な正の相関を示した。茎長、主茎葉数および茎径は一般に晩生品種ほど大きいことから、これら形質と根の形質との間に認められる正の相関関係は、根の太さや乾物重の品種間差異が品種の早晩性と密接に関連していることによるものと考えられる。一方、根数は上・下位節、株当でみた場合、いずれも茎数とのみ有意な正の相関を示し、前述したように、株当根数の品種間差異は主に茎数の違いを反映していることがわかる。しかし、茎数の影響を除いた一茎当根数は、最大根径や根乾物重と同様、茎長、主茎葉数、茎径と正の相関を示すことから、根数もまた、早晩性と関連しているものと推察される。

2. 根乾物重の推移と地上部との関係

第1図に、札幌、鳥松両地域における4品種の地上部(茎+葉)および根乾物重の推移(1977年度)を示したものである。地上部および根の乾物重は、各品種とも鳥松に比べ札幌で大きいのが特徴である。地上部乾物重は、田口¹²⁾が指摘しているように、開花始頃(7月上旬)から次第に品種間差異が明確となり、早生品種は開花始以後生長が次第に緩慢となるのに対し、晩生品種は旺盛な生長を継続し、その最大期は遅れるものの、生長量は両地域とも晩生品種ほど大きかった。一方、根乾物重は地上部乾物重と同様、晩生品種ほど大きいのが、札幌では鳥松と異なり、晩生2品種は開

flowering stage (1976).

Number of roots per stem	Root dry weight (g/stem)
22.9	0.33
35.7	0.66
40.8	0.53
28.2	0.53
32.5	0.89
31.8	0.62
34.6	0.48
33.9	0.72
33.5	0.90
40.4	1.57
33.4	0.75
9.3**	0.24**

Table 2. The relationships between root and shoot characteristics at the full leaf expanding stage (1976).

Characteristics	No. of stem (/pl.)	Stem length (cm)	No. of leaves	Max. stem diameter
Max. root diameter				
Upper	-0.627	0.818**	0.781**	0.829**
Lower	-0.411	0.662*	0.637*	0.659*
No. of roots				
Upper	0.778**	0.399	0.155	-0.066
Lower	0.867**	-0.197	-0.393	-0.511
/pl.	0.871**	-0.130	-0.107	-0.291
/stem	-0.665*	0.572	0.511	0.797**
Root dry weight				
/pl.	-0.126	0.623	0.751*	0.740*
/stem	-0.630	0.551	0.740*	0.919***

Note. *: 5%, **: 1%, ***: 0.1% level of significance.

花始以降も生長を継続しており、根乾物重の推移の様相は環境条件によって異なることがわかる。しかし、その推移を地上部と比較してみると、根乾物重は、両地域ともいずれの品種も地上部乾物重に比べ2~4週間早く最大に達しており、根の生長は、莖葉に比べより早期に停止するものと考えられる。

VOTOUPAL¹⁴⁾ は早晩性を異にする3品種を調査し、根乾物重は晩生品種が最大で、次いで早生、中早生の順であったと報告している。一方、ISLEIB^ら⁴⁾ は、10品種の萌芽期における生育を調査し、根および地上部の初期生育と早晩性との関係は明確でないとして述べている。この見解の相違は前述したように、根乾物重は莖葉に比べより早期に決定されるが、その品種間差異はほぼ四葉期以降に明確になることによるものと考えられる。

3. 生育前期における根乾物重の品種間差異と乾物生産特性との関係

以上述べたように、根乾物重の大きさは比較的早期に決定され、一般に晩生品種ほど大きいことが明らかとなった。そこで、これらの差異が乾物生産面からみてどのような特性によってもたらされたかを明らかにするため、1976年度における10品種の資料をもとに四葉期から開花始に至る間の器官別乾物増加速度および乾物分配率を算出し、第3表に示した。

これについてみると、個体当乾物増加速度は、鳥系161号を除くと比較的品種間差異が小さい。葉および莖の乾物増加速度も品種間差異は小さいが、晩生品種でやや大きい傾向が認められる。一方、根および塊茎

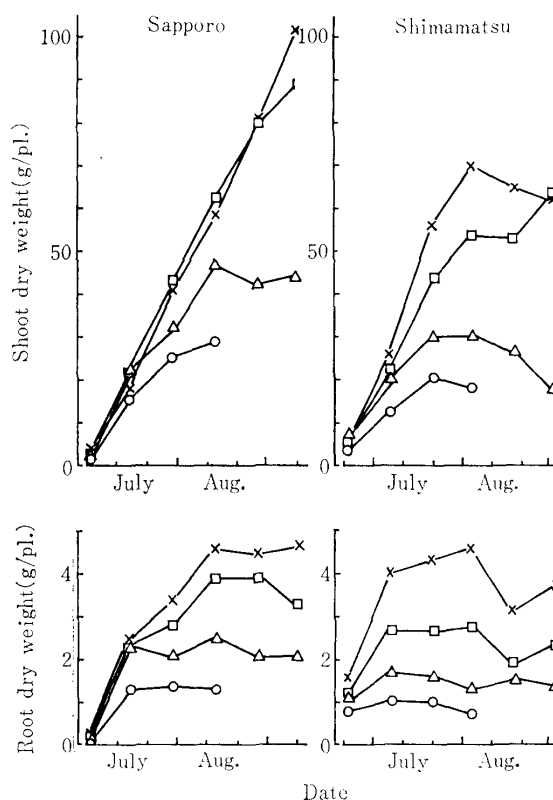


Fig. 1. Changes with time in shoot and root dry weight in Sapporo and Shimamatsu (1977).

Note. ○ : Prickulskii-rannii;
 △ : Danshakuimo;
 □ : Shiretoko; × : Norin No. 1

乾物増加速度の品種間差異は比較的大きく、根では晩生品種が、塊茎では早生品種が大きかった。また、両者の間には $r = -0.837^{**}$ の負の相関が認められた。乾物分配率についてみると、葉、莖および根は晩生品

Table 3. Growth rate and distribution ratio of dry matter during the period from the 4th leaf stage to the initial flowering stage (1976).

Variety	Growth rate (dry weight g/pl./day)					Distribution ratio (%)			
	Leaf	Stem	Root	Tuber	Total	Leaf	Stem	Root	Tuber
Priekulskii-rannii	0.54	0.31	0.026	1.61	2.49	21.7	12.5	1.1	64.8
Waseshiro	0.60	0.38	0.028	1.38	2.39	25.1	16.1	1.2	57.7
Danshakuimo	0.73	0.50	0.038	1.27	2.54	29.0	20.0	1.5	49.6
Hokkai No. 50	0.76	0.53	0.052	1.48	2.82	26.8	19.0	1.8	52.4
Toyoshiro	0.56	0.45	0.039	1.89	2.94	19.3	15.2	1.3	64.2
Eniwa	0.73	0.72	0.042	1.15	2.64	27.6	27.3	1.6	43.5
Hokkai No. 53	0.71	0.62	0.038	1.46	2.82	25.3	22.1	1.3	51.2
Shiretoko	0.73	0.75	0.060	0.91	2.46	29.9	30.5	2.4	37.1
Norin No. 1	0.78	0.70	0.097	0.70	2.28	34.4	30.5	4.2	30.9
Shimakei No. 161	0.57	0.56	0.093	0.59	1.81	31.5	31.0	5.2	32.4
Mean	0.67	0.55	0.051	1.24	2.52	27.1	22.4	2.2	48.4
LSD (0.01)	0.13	0.18	0.029	0.39	0.63	3.2	3.6	0.6	5.3

Note. Stem includes the underground part of stem and stolon.

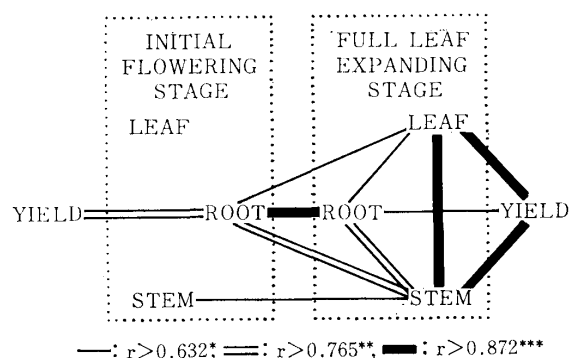


Fig. 2. The diagram of the relationships among leaf, stem and root dry weight, and tuber yield (1976).

種が、塊茎は逆に早生品種が大きく、各器官の乾物増加速度と分配率との間には、いずれも有意な正の相関が認められ、特に根および塊茎ではそれぞれ $r=0.976^{***}$ および $r=0.967^{***}$ で 0.1% の有意な相関が得られた。

以上の結果から、四葉期から開花始に至る間における各器官の生長速度の品種間差異は、葉における同化能力の差異よりも、主に同化産物の各器官への分配率の差異に起因するもので、開花始にみられた根乾物重の顕著な品種間差異は、品種の早晚性に基づく乾物分配率の差異を反映したものであると考えられる。

4. 根乾物重と塊茎収量との関係

CHLOUPEK¹⁾は、早晚性を異にする3品種を用いた3ヶ年の試験で、いずれの品種でも根重と塊茎収量との間には有意な正の相関関係があることを認め、根系の大きさは収量の安定性と密接に関係すると述べている。第2図に明らかのように、本試験においても、開

Table 4. Dry weight in leaf and stem at the full leaf expanding stage and tuber yield (1976).

Variety	Dry weight (g/pl.)		Tuber yield (t/10a)
	Leaf	Stem	
Priekulskii-rannii	15.2	9.8	2.69
Waseshiro	17.9	13.3	2.59
Danshakuimo	14.6	13.8	2.63
Hokkai No. 50	14.7	13.9	2.91
Toyoshiro	19.3	15.7	3.12
Eniwa	24.5	23.9	3.95
Hokkai No. 53	19.4	21.6	3.94
Shiretoko	30.1	34.5	4.51
Norin No. 1	26.1	29.5	4.73
Shimakei No. 161	33.7	41.2	4.89
Mean	21.5	21.7	3.60
LSD (0.01)	6.1	6.3	1.01

花始および全葉展開期における根乾物重と塊茎収量との間には、いずれも有意な正の相関が認められた。しかし、塊茎収量は全葉展開期における葉および茎とも強い正の相関を示すこと、開花始における根と全葉展開期における葉および茎の間にも正の相関が存在すること、さらに第4表に示すように、全葉展開期における葉および茎乾物重、ならびに塊茎収量はいずれも晩生品種が大きいことから、塊茎収量と根乾物重との間に認められる相関関係は直接的なものではなく、品種の早晚性に基づく茎葉の繁茂特性を介した間接的なものと解すべきであろう。

以上述べたように、パレイショの根の太さや乾物重の大きさは品種の早晚性と深く関連していることが明らかになった。また、これらの形質は地上部茎葉に比

べより早期に決定されること、および開花始における根乾物重と全葉展開期における茎葉乾物重および塊茎収量との間に正の相関関係が存在することは極めて示唆に富むもので、開花始以降にみられる晩生品種の旺盛な地上部の生長は、その根系の大きさと密接に関連しているものと考えられる。また、生育前期における根の生育の良否は、その後の生長に極めて大きな影響を及ぼすものと予想される。

バレイショ根系の大きさは、品種による違いのほか、土壌・気象要因によっても大きく左右されるものと考えられ、今後、これらの点について更に詳細な検討を進めたい。

摘 要

バレイショ根系の品種間差異、ならびに地上部の生育と塊茎収量との相互関係を明らかにするため、早晩性を異にする10品種(系統)を鳥松、札幌の2ヶ所で慣行条件下に栽培し、主要生育時期に根および地上部の形態的形質ならびに乾物重を測定した。

1. 根数、最大根径および根乾物重は、いずれの品種もほぼ開花始に最大となり、種いも基部に太い根が多く分布していた。また、各形質とも品種の間には1%水準で有意な差異が認められ、地下部上位節の根数および最大根径、ならびに株当根乾物重は晩生品種ほど大きい傾向が認められた。

2. 株当の根数および根乾物重は、茎数と一茎当の根数および根乾物重の2要因に分けられるが、株当根数は茎数と、株当根乾物重は1茎当根乾物重とのみ有意な正の相関を示した。

3. 全葉展開期における最大根径および根乾物重は、茎長、茎径および主茎葉数と有意な正の相関を示した。一方、根数は茎数とのみ有意な正の相関を示したものの、茎数の影響を除いた一茎当根数は茎長、茎径および主茎葉数と正の相関を示した。

4. 根乾物重は、いずれの品種も鳥松に比べ札幌で大きく推移したが、その最大値は早生品種に比べ晩生品種が大きかった。また、札幌では晩生品種は開花始以降も根乾物重が増加したが、その最大期はいずれの品種も茎葉に比べ早く、根乾物重の大きさは茎葉に比べ、より早期に決定されることが明らかになった。

5. 生育前期の四葉期から開花始に至る間の乾物生産特性について検討してみると、個体当乾物増加速度の品種間差異は比較的小さかった。しかし、根の乾物増加速度および乾物分配率はいずれも晩生品種で大きく、両者の間には $r=0.976^{***}$ の正の相関が認められ、

開花始までに明確となる根乾物重の品種間差異は品種の早晩性に基づく乾物分配率の違いによることが明らかになった。

6. 開花始および全葉展開期における根乾物重と塊茎収量との間には、いずれも有意な正の相関が認められた。しかし、塊茎収量は全葉展開期における茎葉乾物重とも強い正の相関を示すほか、茎葉乾物重および塊茎収量はいずれも晩生品種ほど大きいことから、塊茎収量と根乾物重との間に認められる相関関係は直接的なものではなく、品種の早晩性に基づく茎葉の繁茂特性を介した間接的なものと解される。

引用文献

1. CHLOUPEK, O. 1970. On the determination of the relation between root matter and the yield of potatoes (Czechoslovak with English summary). *Rostlinna vyroba (Praha)* **16**(2): 175—180.
2. DE ROO, H. C. and P. E. WAGGONER 1961. Root development of potatoes. *Agron. J.* **53**: 15—17.
3. FULTON, J. M. 1970. Relationship of root extension to the soil moisture level required for maximum yield of potatoes, tomatoes and corn. *Can. J. Soil Sci.* **50**: 92—94.
4. ISLEIB, D. R. and N. R. THOMPSON 1959. The influence of temperature on the rate of root and sprout growth of potatoes. *Amer. Potato J.* **36**: 173—178.
5. 川上幸治郎 1948. 馬鈴薯通論. 養賢堂, 東京.
6. 川廷謹造・土屋敏夫・小林忠和 1952. 馬鈴薯の生育特に地下部の発達に及ぼす覆土の影響. *園学雑* **20**: 223—230.
7. 栗原 浩・西川広栄・田畑建司・大久保隆弘 1963. 馬鈴薯の栽培条件と生育との関係に関する解析的研究. *東北農試研報* **28**: 143—200.
8. LESZYNSKI, D. B. and C. B. TANNER 1976. Seasonal variation of root distribution of irrigated, field-grown Russet Burbank potatoes. *Amer. Potato J.* **53**: 69—78.
9. MOORBY, J. and F. L. MILTHORPE 1975. Potato. In *Crop Physiology* (Ed) L. T. Evans, Cambridge Univ. Press, London. 225—257.
10. 岡沢養三 1975. 馬鈴薯の生育とその調節. *日作紀* **44**: 123—139.
11. SOMMERFELDT, T. G. and K. W. KNUTSON 1968. Greenhouse study of early potato growth response to soil temperature, bulk density and nitrogen fertilizer. *Amer. Potato J.* **45**: 231—237.
12. 田口啓作 1957. 馬鈴薯品種の交雑育種に関する研究. *東北農試研報* **12**: 1—212.
13. ———・吉田 稔 1969. ばれいしょの生理生

- 態学的研究. 第1報 生育にともなう体内成分の推移. 北大農邦交紀要 **6**: 412—421.
14. VOTUPAL, B. 1969. Effect of ploughing and pre-planting cultivation on the soil on the potato root system. *Field Crop Abstr.* **22**: 457.
15. WEAVER, J. E. 1926. *Root development of field crops*. McGraw-Hill Book Company, New York.
16. WIERSUM, L. K. 1967. Potential subsoil utilization by roots. *Plant and Soil* **27**: 383—400.

Varietal Differences in Root System and its Relationship with Shoot Development and Tuber Yield

Kazuto IWAMA, Kimio NAKASEKO, Kanji GOTOH, Yukio NISHIBE*
and Yoshiki UMEMURA*

(Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060 *Potato Breeding Centre, Hokkaido National Agricultural Experiment Station, Eniwa 061-13)

Summary

Ten varieties were grown under the field conditions at the two locations, and number, diameter and dry weight of root were measured at the 4th leaf stage, the initial flowering stage and the full leaf expanding stage. The results obtained are summarized as follows:

1. Number, diameter and dry weight of root attained to the maximum value about the initial flowering stage, and maximum diameter and dry weight of root were greater in late varieties than in early ones (Table 1).

2. Number of roots per plant indicated a positive correlation with shoot number ($r=0.743^*$), but dry weight of root per plant was correlated with dry weight of root per stem ($r=0.792^{**}$), not with shoot number. Moreover, maximum root diameter and dry weight of root correlated positively with stem length, number of leaves on main stem and stem diameter (Table 2).

3. Root dry weight of each variety reached the maximum value several weeks earlier than shoot dry weight at each location (Fig. 1).

4. During the period from the 4th leaf stage to the initial flowering stage, there were distinct differences among varieties in root and tuber growth rates. The growth rates in late varieties were higher in root, but lower in tuber, compared with early ones, and there was a highly negative correlation between them. However, varietal differences in growth rate per plant were very little except Shimakei No. 161, and not related with the earliness. In addition, growth rates in each organ were correlated with their distribution ratios, not with growth rate per plant (Table 3).

5. Root dry weight was significantly correlated with tuber yield. However, leaf and stem dry weight were greater in late varieties than in early ones and showed also highly significant correlations with tuber yield (Fig. 2 and Table 4). Therefore, it was assumed that the relationship between root system and tuber yield was not due to the direct contribution of root system, but due to the pleiotropic expression of the earliness.