



| | |
|------------------|---|
| Title | てん菜の根形における遺伝変異の解析： . 根形における系統間差異 |
| Author(s) | 島本, 義也 |
| Citation | 北海道大学農学部邦文紀要, 8(2), 118-124 |
| Issue Date | 1972-02-29 |
| Doc URL | http://hdl.handle.net/2115/11830 |
| Type | bulletin (article) |
| File Information | 8(2)_p118-124.pdf |



[Instructions for use](#)

てん菜の根形における遺伝変異の解析

I. 根形における系統間差異

島本 義也

(北海道大学農学部工芸作物学教室)

Analysis of genetic variabilities in root shape of sugar beet

I. Variation of root shape among lines

Yoshiya SHIMAMOTO

(Laboratory of Industrial Crops, Faculty of Agriculture,
Hokkaido University, Sapporo, Japan)

Received Sept. 6, 1971

序 論

てん菜の根は、品種(または系統)によってさまざまな形をしている。ROEMER (1927) は、根の形を、頸部の形をもとにして、質的に3種の型にわけている。しかし、一般に根の形は連続的な変異をするものであり、種々の形が存在する。従って、根の形に関する遺伝変異を追求するためには、根の形が数量化され、量的に扱われる必要がある。

根の形は、根のいろいろな部分の相対的な大きさによってきまるので、このような根の各部位の大きさの遺伝変異が明らかにされ、あるいは、ある部位の大きさと他の部位の大きさとの関係を明らかにすることによって、根の形の変異をとらえることができる。

本報告の目的は、以上の観点から、根を各部位に切断し、その各部位の重さとブリックスの系統間差異、および、系統と部位の相互作用効果を追求し、さらに、ある統計量で表わされた根の形が、根重やブリックスとどのような関係を持っているかを検討することである。

謝辞—本稿を草するに当たり、校閲と有益な批判とを賜わった北海道大学農学部教授細川定治博士に謝意を表す。

材料と方法

てん菜研究所で維持されている自殖系統の中から10系統を選び供試した。これらの自殖系統は2~5回自殖した後、閉鎖集団 (Closed Population) で維持されたも

のである。各系統は、60 cm (畦間)×30 cm (株間) で、その他の肥培管理は標準耕種法に従って栽培された。昭和43年5月9日に播種し、10月8日に収穫した。各系統より任意に10個体を選んで、調査対象の個体とした。各個体について、タッピングした根重、最大根径および2 cm 根長を測定した後、第1図に示すような方法で、タッピング面から2 cm 間隔に切断して、各部位の重量とブリックスを測定した。各部位をタッピング面より、I, II, III, IV, V および T と名づけた。

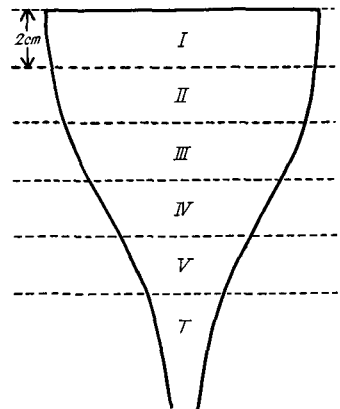


Figure. 1. Schematic illustration showing how to make a cross section of root.

結 果

1) 重量に関する分析

根の各部位について測定した重量 (g) の平均値を第1

Table 1. Genetic variabilities of root weight expressed by the various parameters.

| Character | mean (g/plant) | σ^2g | σ^2e | h^2 | G.C.V. |
|-------------|-------------------|-------------|-------------|-------|--------|
| ROOT WEIGHT | 544 | 8649.7 | 9603.2 | 47.4 | 17.1 |
| I | 158 | 543.5 | 659.8 | 45.2 | 14.7 |
| II | 135 | 410.3 | 553.6 | 42.6 | 15.0 |
| III | 99 | 312.6 | 454.3 | 40.8 | 17.8 |
| IV | 63 | 188.9 | 302.5 | 38.4 | 21.8 |
| V | 37 | 78.3 | 150.9 | 38.2 | 24.1 |
| T | 47 | 166.4 | 411.9 | 28.7 | 27.6 |
| I ~ V* | 492 | 6791.5 | 7353.2 | 48.0 | 16.7 |

Note: σ^2g and σ^2e were estimated by analysis of variance
 $h^2 = \sigma^2g / (\sigma^2g + \sigma^2e)$, in % (for line base)
 G.C.V. = $\sigma g / \text{mean}$, in %

* weight of upper part = I + II + III + IV + V

表に示した。同時に、各部位について遺伝分散、環境分散、遺伝力および遺伝変異係数を第1表に示した。

根の各部位の重量について系統間差は全て統計的に有意であった。遺伝分散、環境分散、遺伝力はIからVの方へ、順に低くなり、遺伝変異係数は逆に高くなる傾向があった。分散の大きさは平均重量と相関しており、遺伝分散の部位の平均重量に対する回帰係数は3.476、環境分散の平均重量に対する回帰係数は1.738で、いずれも統計的に、1%水準で有意であった。

重量について、各部位による差を考慮して、分散分析と回帰分析を行なった結果が第2表である。系統による差異、部位による差異、系統と部位の相互作用はいずれも統計的に有意であった。部位効果による分散を直線回帰による分散(LR)と直線回帰によらない分散とに分割した。直線回帰による分散の推定は、根端の方向に、

Table 2. Variance and regression analyses for partial weight of root at each position.

| Source | d.f. | Mean Squares |
|------------------------|------|--------------|
| Line (L) | 9 | 15015.89** |
| Position (P) | 4 | 248460.08** |
| Linear Regression (LR) | 1 | 988662.24** |
| Deviation (D) | 3 | 1726.03** |
| L × P | 36 | 610.26* |
| L × LR | 9 | 2116.88** |
| L × D | 27 | 108.05 |
| Error | 450 | 424.22 |

** , * : significant at the 1% and 5% levels, respectively.

Table 3. Genetic (r_G) and environmental (r_E) correlations between the partial weights of root.

| | RW | I | II | III | IV | V | T |
|------------------|------|------|-------|------|------|------|------|
| ROOT WEIGHT (RW) | | .965 | 1.003 | .997 | .979 | .935 | .951 |
| PARTIAL WEIGHT | I | .706 | | .955 | .958 | .884 | .855 |
| | II | .862 | .741 | | .997 | .961 | .942 |
| | III | .932 | .590 | .818 | | .981 | .933 |
| | IV | .901 | .460 | .712 | .873 | | .982 |
| | V | .810 | .256 | .531 | .749 | .890 | |
| T | .577 | .069 | .531 | .450 | .580 | .778 | |

r_E

1 cm 移動したときの重量の変化を示すように、I から V まで、各々に、10, 8, 6, 4, 2 の得点を与え、この指数に対する重量の回帰よりなされた。第2表より、LR と D の両方とも統計的に有意であるが、直線回帰による分散が直線回帰からの偏差分散に比して非常に大きい。同様にして、系統と部位の相互作用 (L×P) を系統と直線回帰の相互作用 (L×LR) と系統と直線回帰からの偏差の相互作用 (L×D) に分割した。L×LR は統計的に有意であったが、L×D は有意でなかった。すなわち、I から V までの直線回帰による重量の変化は、系統によって明らかに差があるが、直線回帰からの偏差は系統によって差がないことを示している。また、D が有意なため、2 次以上の回帰が存在することを意味しているが、系統による差がないことは、L×D が有意とならないことから明らかである。

次に、I から V までの相互間の関係を知るために、遺伝相関係数と環境相関係数を求めた。結果は第3表に示した。各部位間の遺伝相関は全て高かった。環境相関は部位が異なるに従って低くなる傾向があった。遺伝相関も部位が異なるに従って低くなる傾向がみられるがその変化は少い。各部位の重量が全体の根重に寄与している割合を知るために径路係数分析 (WRIGHT, 1921, および LI, 1955) を行なった。第2図に示した径路図を想定し、径路係数の定義にしたがい、全体の根重 (RW) と部位 *i* との相関係数を $r_{RW \cdot i}$ とすると

$$r_{RW \cdot i} = P_{RW \cdot i} + P_{RW \cdot i} \cdot r_{i \cdot 1} + \dots + P_{RW \cdot i} \cdot r_{i \cdot V}$$

$$= \sum_j P_{RW \cdot j} \cdot r_{i \cdot j} \quad (j = 1 \dots i \dots V)$$

上式の $P_{RW \cdot i}$ は径路係数で、直接効果を表わし、 $P_{RW \cdot i}$ 以外の全ての効果 ($r_{RW \cdot i} - P_{RW \cdot i}$) は間接効果を表わしている。 $r_{RW \cdot i}$ は全体の根重と部位 *i* の重量との遺伝相関係数である。

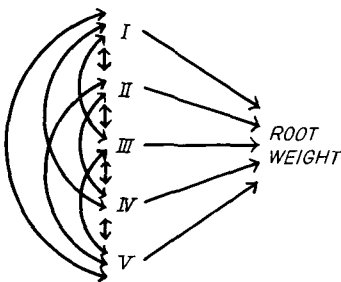


Figure 2. Path diagram and association of a partial weight influencing root weight.

Table 4. Direct and indirect effects of partial weight on root weight.

| Position | Genetic correlation $r_{g\#}$ | Direct $P_{RW \cdot i}$ | Indirect $r_{g} - P_{RW \cdot i}$ |
|----------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| I | .9650 | .2507 | .7143 |
| II | 1.0030 | .2178 | .7852 |
| III | .9973 | .1901 | .8072 |
| IV | .9786 | .1478 | .8308 |
| V | .9532 | .0952 | .8580 |
| T | .9511 | .1347 | .8124 |
| I ~ V* | 1.0005 | .8861 | .1144 |

* I ~ V = I + II + III + IV + V

r_{g} , genetic correlations between root weight and partial weight of root.

$P_{RW \cdot i}$ は次式より推定した。

$$P_{RW \cdot i} = \sqrt{\sigma_{g(i)}^2 / \sigma_{g(RW)}^2}$$

$\sigma_{g(i)}$ は部位 *i* の重量の遺伝分散、 $\sigma_{g(RW)}$ は全体の根重の遺伝分散で、分散分析法により推定した。第4表に示した径路係数分析の結果から、各部位とも直接効果は間接効果に比して小さい。I から V になるにしたがって直接効果が小さくなり、間接効果が大きくなる。特に V では、直接効果はほとんどみられない。I から V までの合計した重量の直接効果は大きく、間接効果が小さいのに比し、T の直接効果は小さく、間接効果が大きい。したがって、根の根端部の重量は、そのものが大きくなることによる直接の根重への寄与よりも、冠部を経由して根重に寄与する間接効果の部分が大きいものと思われる。

2) ブリックスに関する分析

根の各部位のブリックスの平均値は第5表に、遺伝分散、環境分散、遺伝力および遺伝変異係数とともに示した。各部位とも系統間差は有意であった。ブリックスの部位による差異を考慮して分散分析を行なった結果を第6表に示した。系統間差異のみが有意であり、I から V まで順次平均値が高くなる傾向がみられたが、この部位による差異は統計的に有意ではなかった。また、系統と部位の相互作用も有意でなかった。すなわち、特定品種が特定部位でブリックスが高くなったり、低くなったりしないことを示している。

ブリックスについて、I から V までの相互間の関係を知るために遺伝相関と環境相関を求めた。第7表に示された結果から、遺伝相関と環境相関ともに部位相互間で高かった。

Table 5. Genetic variabilities of Brix degree expressed by the various parameters.

| Position | mean | σ^2g | σ^2e | h^2 | G.C.V. |
|----------|------|-------------|-------------|-------|--------|
| I | 17.1 | .6693 | 1.4406 | 31.7 | 4.8 |
| II | 17.2 | .7730 | 1.6206 | 32.3 | 5.1 |
| III | 17.3 | .7234 | 1.5960 | 31.2 | 4.9 |
| IV | 17.3 | .5734 | 1.4872 | 27.8 | 4.4 |
| V | 17.4 | .5333 | 1.3606 | 28.2 | 4.2 |
| mean | 17.3 | 11.9508 | 36.2100 | 32.6 | 4.6 |

Note: σ^2g , σ^2e , h^2 and G.C.V. are same as Table 1.

Table 6. Analysis of variance for Brix degree.

| Source | d.f. | mean squares. |
|--------------|------|---------------|
| Lines (L) | 9 | 38.0616** |
| Position (P) | 4 | 1.7131 N.S |
| L×P | 36 | .5419 N.S |
| Error | 450 | 1.5010 |

** significant at the 1% level.

Table 7. Genetic (r_G) and environmental (r_E) correlations between Brix degrees at different position.

| | I | II | III | IV | V | mean | |
|------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|
| I | | .977 | .967 | .975 | .933 | .999 | |
| II | .848 | | 1.010 | 1.005 | .983 | 1.021 | |
| III | .789 | .862 | | 1.016 | .981 | 1.012 | |
| IV | .816 | .870 | .910 | | .978 | 1.004 | r_G |
| V | .762 | .802 | .876 | .950 | | .977 | |
| mean | .845 | .881 | .902 | .912 | .881 | | r_E |

3) 根形の変異および収量との関係

根形を表わす統計量として、個体ごとに、IからVに前述のように、10, 8, 6, 4, 2の得点を与え、この指数に対する各部位の重量の直線回帰係数 (b) で表わした。また、根長と根径の比 (L/D) も根形を表わす1つの尺度とした。この2つの尺度で表わされた根形の系統平均値は第8表に示した。 b とL/Dはいずれも系統間差異が統計的に有意であった。遺伝分散、環境分散、遺伝力および遺伝変異係数を第9表に示した。 b の遺伝力は、L/Dのそれより大きかった。

b の値は、大きいほど根形が楔形で、小さいほど円筒型であることを示している。D/Lの値は大きいほど、円

筒形を、小さいほど楔形を示していることになる。しかし、 b とL/Dの間の系統間相関係数 ($r = -0.0535$) は低く、全く両者の間で相関関係がみられない。 b とL/Dの関係を図示したのが第3図である。

第3図において、 b とL/Dの各々の平均値のところで点線を引いて、4つの象限にわけた。各々の象限における根形を、同じ根径を持った個体を想定して、模式的に第4図に示した。第1象限 (I型) は相対的に根端部の部分が大きくなっている。第2象限 (II型) は、いわゆる楔形で、第3象限 (III型) は根端部が急に細くなる駒 (将棋の) 形で、第4象限 (IV型) は、他の象限の形に比較して、円筒形である。供試系統の中にII型とIV型

Table 8. Mean values of root shape expressed by *b* and L/D.

| Line Number | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----------------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|
| Line Name | G 65R | G 37 | P 138 | S 12 | G 61W | G 08 | P 55 | S 26 | G 91 | G 93 |
| <i>b</i> values | 14.8 | 20.3 | 18.8 | 16.2 | 16.0 | 13.0 | 15.2 | 14.9 | 13.5 | 14.4 |
| L/D values | 1.86 | 1.64 | 1.78 | 1.80 | 1.66 | 1.91 | 1.78 | 1.71 | 1.41 | 1.73 |

Table 9. Genetic variabilities of root shape expressed by the two kinds of parameters.

| | mean | σ^2_g | σ^2_e | h^2 | G.C.V. |
|----------|------|--------------|--------------|-------|--------|
| <i>b</i> | 15.7 | 4.3023 | 9.9595 | 30.2 | 13.2 |
| L/D | 1.73 | .01329 | .05847 | 18.5 | 6.7 |

Note: σ^2_g , σ^2_e , h^2 and G.C.V. are same as in Table 1.

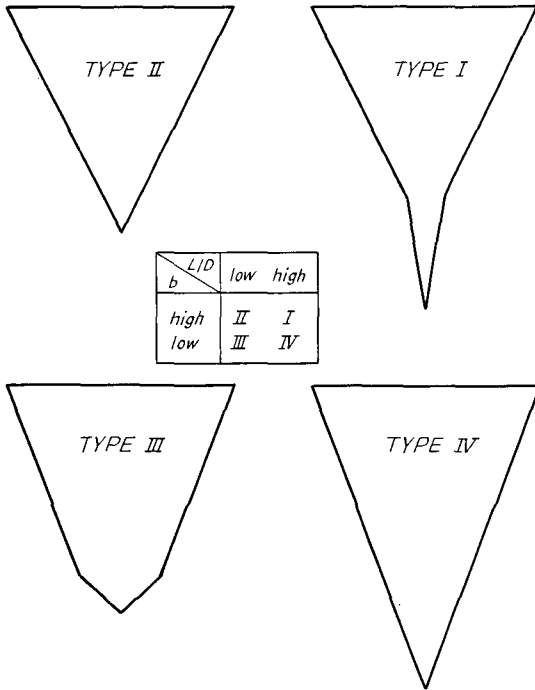


Figure 3. Schematic illustration of root shape.

が多ければ、*b* と L/D は負の相関関係を示し、I 型と III 型が多ければ、*b* と L/D は正の相関関係を示す。第 3 図に示されるように、供試された 10 系統の自殖系統の集団では、特定の型の根形をもったものにかたよっていないことを示している。

b と根重およびブリックスの関係は第 5 図に示した。

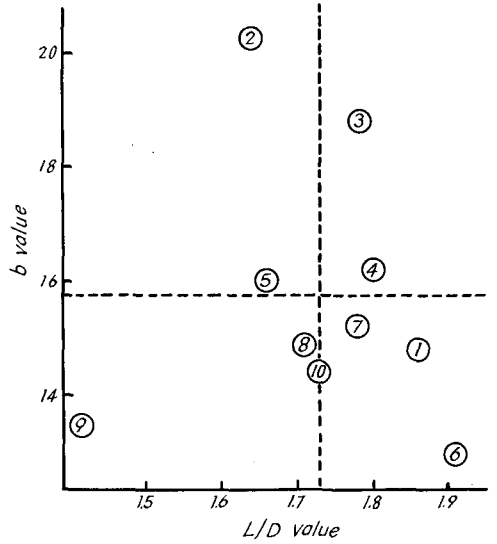


Figure 4. Relationship between *b* and L/D values. Broken line is mean value at each parameter.

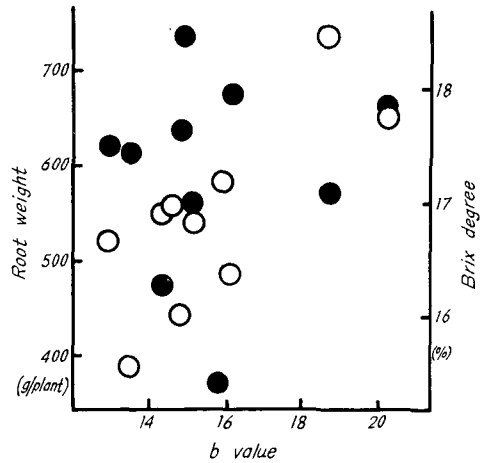


Figure 5. Relationships between *b* value and root weight (open circle) or Brix degree (solid circle).

b は根重と有意な相関関係 (+0.738) を示し、ブリックス

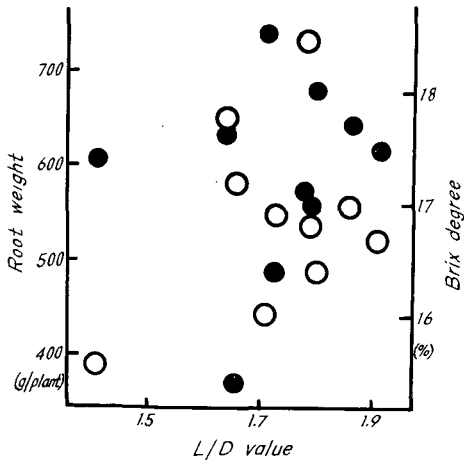


Figure 6. Relationships between L/D value and root weight (open circle) or Brix degree (solid circle).

スとは相関関係がみられなかった。L/Dと根重およびブリックスの関係は第6図に示した。L/Dは根重およびブリックスと、その値は低い、いづれとも正の相関関係を示した。

考 察

根重を第1図に示された方法で、根の各部位にわけて観察すると、系統と部位の間に相互作用がみられることから、根の形が系統によって変異することが明らかになった。このことは、従来、経験的に観察されてきたことであるが、根の形を数量化し、統計学的に明らかにされた。

等間隔に切断された円盤の重量について、根の冠部と根端部を比較した時、冠部の方が遺伝分散が大きく、径路係数(WRIGHT, 1921)の理論から、当然のことながら、全体の根重に対する寄与が大きく、遺伝分散が小さい根端部は寄与が小さい。全体の根重と各部位の遺伝相関は部位間であまり変化がないので、根端部は、冠部に比較して、間接効果が大いことを示している。また、各部位の遺伝分散は、各部位の重量と相関しているので特定部位において遺伝分散が高くなるようなことはない。遺伝力は、冠部の方が高く、遺伝変異係数は、根端部の方が高いから、遺伝変異に関して、冠部と根端部のいづれが大きいか結論することができない。

根の形を表わすパラメーター(b とL/D)は、遺伝変異があることが明らかにされた。根の形が収量とどのような関係を持っているか、追求した。根の形は、従来、単

に品種の何んの経済性をもたない特性として、経験的にとらえられてきた。しかし、てん菜において、根の形は収量と種々の関連を持っていることが明らかにされた。同じ根径と根長を持った系統ならば、第3図に示したところのIII型が最大の根重を示すはずである。このような点から考えれば、育種の目標としての根形はIII型なのである。しかし、根形に関して何んの選抜もくわえられていない供試された系統を第3図に示された型にあてはめると、根重の大きい系統であるG37, P138, G61WはI型とII型に入っている。根形からみると、根重が低いと思われる型に属する系統が、実際には、逆に高くなっている。また、 b とL/Dは相関関係がみられないが、 b は、根径と根長と正の相関関係にある。従って b の値は大きいほど楔型を示し、根径と根長は大きいほど根重が大きくなるので、根重が大きい系統は楔型(II型)であることを示している。理論的には根重が大であるはずのIII型およびIV型は、結果的には、根径も根長も小さく、根重は小さいことになる。この結果は、根の肥大に対して畑の浅層部において土壌の物理的抵抗が弱く、栄養分に富んでいるのに対して、深層部では、物理的抵抗が強く、栄養分も少ないものと想定すると、物理的抵抗の少ない栄養分に富んだ浅層部において、より大きな肥大能力をもった系統(I型又はII型)が、結果的に根重が大きくなるものと思われる。さらに、ブリックスの高い系統(S12とG37)もI型に入っている。

第5図および第6図から b とL/Dは根重とブリックスと、少なくとも、負の相関関係を持っていない。 b あるいはL/Dを固定して根重とブリックスの間の相関(偏相関)をとることにより負の相関が強くなれば、この固定した形質が酒井(1966)が定義したてん菜の根重とブリックスの場合のPotencyと考えられる。根重とブリックスの相関係数は -0.3136 で、 b を固定した場合 -0.5580 、L/Dを固定した場合 -0.3892 でいづれも負の相関が強くなっている。すなわち、 b とL/Dともその値が大きい(I型)ほど、根重とブリックスの両方とも高くなる。従って、これらの根形を表わす形質は、てん菜の収量を考察する上に重要なものであることがうかがわれた。

要 約

てん菜の根形の変異を明らかにするため自殖系統を用いて、根の各部位における重さとブリックスの変異、根形の遺伝変異および根形と収量の関係を追求した。得られた結果は次に示すとおりである。

1) 重さに関して、部位と系統間に相互作用がみられることから、根形が系統間で変異していることを明らかにした。

2) 各部位の重さの遺伝力は、根の冠部が根端部より高かった。全体の根重に対する寄与は、根の冠部と根端部では大きな差異はないが、直接効果は冠部の方が高かった。

3) ブリックスの遺伝変異は、部位との相互作用がみられなかった。

4) 根形を示す2つのパラメーター、 b と L/D は、遺伝変異を持ち、それらの間には相関関係がみられなかった。 b と L/D により、根形を4つの型にわけた。収量はI型およびII型で高かった。

5) b と L/D は、根重とブリックスを高める要因であることがわかった。

引用文献

- LI, C. C. 1955. Population genetics. The University of Chicago Press, Chicago and London.
- ROEMER, Th. 1927. Handbuch des zuckerrüben Baues Verlagsbuchhandlung Paul Parey, Berlin.
- 酒井寛一 1966. 遺伝理論と育種技術. 育種学最近の進歩. 7: 30-33.
- WRIGHT, S. 1921. Correlation and causation. Jour. Agric. Res. 20: 557-585.

Summary

In order to make a definition for the variability

of root shape from the biometrical point of view, the author investigated the variabilities of weight and Brix degree at each position of cross sectioned root, genetic variability of root shape and the relations of root shape with yield, using the inbred lines. The results obtained were following:

1) Seeing in view of genetic parameters, heritability values of crown parts of roots were higher than that of tail parts of roots. The direct effect of contribution to root weight were larger in weight of the crown parts, as compared with the tail parts.

2) There found that the root shapes were different among the lines, based on the facts that the significant interactions were observed between cross sectioned parts of root and lines in the partial root weight.

3) In sugar content by Brix degree, there found no interaction between the lines and cross sectioned parts of the roots.

4) Root shapes were expressed the ratio of root length to root diameter (L/D) and the decrease of weight at cross sectioned parts of root toward tail of root (b). There was no correlation between b and L/D . Based on b and L/D , root shape was classified into the four types. I-type (high in b and L/D) and II type (high in b and low in L/D) had the higher yielding capacity.

5) It was considered that b and L/D factors influenced both the root weight and the Brix degree for high or low coincidentally.