



HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|------------------|---|
| Title | てん菜品種における生理学的、形態学的諸特性に関する統計学的解析：諸形質間の関連性の分析への主成分分析応用に関する基礎的研究 |
| Author(s) | 宮浦, 邦晃; MIYAURA, Kuniaki; 島本, 義也 他 |
| Citation | 北海道大学農学部邦文紀要, 8(2), 110-117 |
| Issue Date | 1972-02-29 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/11829 |
| Type | departmental bulletin paper |
| File Information | 8(2)_p110-117.pdf |



てん菜品種における生理学的, 形態学的 諸特性に関する統計学的解析

— 諸形質間の関連性の分析への主成分分析応用
に関する基礎的研究 —

宮浦邦晃・島本義也・細川定治

(北海道大学農学部農学科工芸作物学教室)

加藤勝信

(農林省北海道農業試験場)

Statistical analysis on the physiological and morphological characters of sugar-beet varieties

— Basic study on application of principal component analysis
for interrelationships among various characters —

Kuniaki MIYAURA, Yoshiya SHIMAMOTO
and Sadaji HOSOKAWA

(Department at Agriculture, Faculty of Agriculture,
Hokkaido University)

Katsunobu KATO

(Hokkaido National Agricultural Experiment Station)

Received Sept. 6, 1971

緒 論

形質相互の関連性を分析する場合、2つの形質間の相関、回帰が有効な統計学的手法として広く用いられているが、多数の形質間の関連性を同時に、しかも、総合的に理解する必要がある場合は、多変量解析によらねばならない。多変量解析、特に主成分分析は、近年電子計算機の普及により農学においても形質間の相対的関係についての分析への統計学的補助手段として一般化しつつあるが、その応用面、特に生物学的意義をどのように見出すかについては、まだ不十分といえる。作物における諸形質間の関連性について、育種学、或いは、作物学の立場から主成分分析を用いた例は非常に少く、わずかに MORISHIMA ら⁵⁾が、水稻の遺伝的草型の解析に主成分分析を応用した例があるにすぎない。また、てん菜においては、宮浦ら⁴⁾が形質相互の関連性の検討に主成分分析を応用した以外に全くないといえる。本報では、多変

量解析の中でも高次元空間を低次元空間に減じる事が、比較的客観的に行なう事ができる主成分分析を、てん菜における諸形質間の関連性の分析に応用し、多数の生理学的、形態学的形質及び収量形質をとりあげ、諸形質間の関連性がどのような共通変異軸として示されるかを見その生物学的意義について検討した。

この研究を行なうに当り、終始貴重な助言をいただいた北大農学部工芸作物学教室の津田周弥博士に厚く感謝の意を表す。なお、本報の計算はすべて北海道大学大型電子計算機センターに於いて行なった。

材料と方法

供試された品種は、第1表に示したように草型、形態等の特徴のある Hilleshög Standard kl., KWS-E, US 401, AJ3, AJ4, つきさぶ、Dobrovicka A, Dobrovicka C, 本育192号、本育401号の10品種である。1967年に北大附属農場、農林省北海道農業試験場にて、

4 反復で標準栽培し、以下に述べる形質について個体調査した。なお、調査にあたっては、概ね各品種 15 個体を 2 反復について行なった。調査形質は第 2 表 (A)(B)(C) に掲げた 40 形質である。1)~31) の諸形質は、7 月初旬から 8 月初旬にかけて、32)~40) の諸形質は、10 月中旬にそれぞれ調査した。また、15), 18), 19), 20), 25), 26), 27), 29), の各形質は北大で、他は全て北海道農業試

験場で栽培した個体についてそれぞれ調査した。8) 葉面積は、最大 5 葉をトレースする事によって求めた。また、15) 葉柄角度は、葉柄の開度によって示し、18) 単位面積当り生葉重は、直径 1 cm のリーフパンチによった。21) B.D.I. (葉身染色度) はエオシン水溶液を葉柄より吸わせ、10 時間経過した時の着色指数で示した。28) P.W.C. (葉柄水分移行) もまた、同様に葉柄基部からエ

Table 1. Varietal means of six characters

| Variety | July | | | October | | |
|----------------------|------------------|------------------|------------------------|-----------------|------------------|----------|
| | Total weight (g) | Leaf length (cm) | Petiole angle (degree) | Root weight (g) | Root length (cm) | Brix (%) |
| Hill. ¹⁾ | 592.8 | 48.9 | 59.0 | 551.5 | 15.5 | 19.6 |
| KWS-E | 565.3 | 50.8 | 58.1 | 542.6 | 14.5 | 19.5 |
| Dob C ²⁾ | 617.0 | 54.8 | 47.8 | 495.1 | 14.6 | 20.7 |
| US 401 | 662.0 | 54.1 | 47.1 | 540.7 | 16.0 | 19.9 |
| AJ 4 | 622.2 | 54.1 | 46.3 | 583.6 | 13.9 | 22.0 |
| Dob A ³⁾ | 627.8 | 55.9 | 45.0 | 575.9 | 13.0 | 19.3 |
| H 192 ⁴⁾ | 527.8 | 51.6 | 43.1 | 456.3 | 13.3 | 22.4 |
| AJ 3 | 552.7 | 52.3 | 42.5 | 525.5 | 13.0 | 23.1 |
| H 401 ⁵⁾ | 501.8 | 51.0 | 39.4 | 348.5 | 12.2 | 24.1 |
| Tsuki. ⁶⁾ | 615.3 | 54.1 | 38.1 | 694.5 | 16.6 | 20.7 |

1) Hillesthög standard kl. 2) Dobrovicka C 3) Dobrovicka A
4) Hon-Iku 192 5) Hon-Iku 401 6) Tsukisappu

Table 2. Varietal correlation coefficients between characters

A

| | V.D. ^{a)} | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1) Total weight | * | 1.00 | | | | | | | | | | | | |
| 2) Top weight | * | .89 | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| 3) Crown weight | ** | .77 | .57 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| 4) Leaf length | ** | .64 | .72 | .48 | 1.00 | | | | | | | | | |
| 5) Blade length | * | .45 | .61 | .29 | .87 | 1.00 | | | | | | | | |
| 6) Petiole length | * | .61 | .53 | .52 | .71 | .27 | 1.00 | | | | | | | |
| 7) Blade width | n.s. | .45 | .45 | .50 | .55 | .32 | .61 | 1.00 | | | | | | |
| 8) Leaf area ^{b)} | * | .56 | .59 | .53 | .85 | .77 | .55 | .77 | 1.00 | | | | | |
| 9) Blade leng. × Blade wid. | * | .58 | .67 | .59 | .84 | .77 | .54 | .84 | .92 | 1.00 | | | | |
| 10) Root weight I | ** | .59 | .27 | .64 | .06 | -.17 | .37 | -.06 | .04 | -.08 | 1.00 | | | |
| 11) Root diameter I | ** | .47 | .08 | .73 | .04 | -.15 | .30 | .13 | .18 | .06 | .88 | 1.00 | | |
| 12) Root length I | n.s. | .54 | .50 | .25 | .04 | -.16 | .29 | -.01 | .03 | -.09 | .68 | .36 | 1.00 | |
| 13) Brix I | * | -.61 | -.48 | -.56 | -.17 | .08 | -.46 | .00 | -.02 | -.03 | -.84 | -.64 | -.75 | 1.00 |

a) varietal difference; * significant at 5% level ** significant at 1% level
n.s. non-significant

b) measured on 5 recently matured leaves

B

| | V.D. ^{a)} | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| 14) Leaf number | ** | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15) Petiole angle | ** | .49 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16) Leaf leng./Blade leng. | n.s. | -.06 | .47 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17) Blade leng./Blade wid. | n.s. | -.37 | -.84 | -.63 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18) Fresh leaf weight ^{b)} | n.s. | -.50 | -.53 | -.28 | .60 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 19) Dry leaf weight ^{b)} | n.s. | -.32 | -.24 | -.20 | .44 | .92 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | |
| 20) Dry l.w./Fresh l.w. | n.s. | .32 | .50 | .08 | -.19 | .17 | .54 | 1.00 | | | | | | | | | | | | |
| 21) B.D.I. ^{c)} | ** | .36 | .59 | .54 | -.58 | -.17 | -.08 | .14 | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| 22) P.V.N. ^{d)} | n.s. | -.13 | -.41 | .05 | .48 | .19 | .11 | -.08 | -.38 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| 23) P.W.C. ^{e)} | * | -.22 | .20 | .68 | -.21 | .09 | .06 | -.11 | .62 | -.13 | 1.00 | | | | | | | | | |
| 24) R.B. ^{f)} | — | -.37 | -.62 | -.32 | .62 | .47 | .18 | -.53 | -.33 | .63 | -.03 | 1.00 | | | | | | | | |
| 25) Stomata size | n.s. | .11 | -.36 | .13 | .36 | .02 | -.07 | -.16 | -.17 | .85 | -.04 | .45 | 1.00 | | | | | | | |
| 26) Stomata density | * | -.14 | .20 | .37 | -.37 | -.55 | -.63 | -.41 | .27 | -.06 | .06 | -.14 | .11 | 1.00 | | | | | | |
| 27) Chloroplast number ^{g)} | n.s. | .38 | -.28 | -.15 | .30 | -.35 | -.49 | -.42 | .06 | .42 | -.07 | .29 | .52 | .20 | 1.00 | | | | | |
| 28) T-R ratio | ** | .07 | -.69 | -.63 | .44 | .01 | -.21 | -.50 | -.51 | .07 | -.61 | .26 | .24 | .00 | .36 | 1.00 | | | | |
| 29) R.T.R. ^{h)} | n.s. | .44 | .64 | -.15 | -.39 | -.29 | -.18 | .17 | .23 | -.21 | -.16 | .01 | -.22 | .05 | -.15 | -.29 | 1.00 | | | |
| 30) Root dia./Root leng. I | ** | -.18 | .26 | -.14 | -.02 | -.21 | -.04 | .31 | -.47 | -.15 | -.28 | -.34 | -.21 | .07 | -.46 | -.16 | .28 | 1.00 | | |
| 31) Forky root number | * | .04 | -.17 | .24 | -.05 | .34 | .29 | -.02 | .28 | -.28 | .51 | -.13 | -.08 | -.47 | -.19 | .05 | -.42 | -.47 | 1.00 | |
| 1) Total weight | * | .22 | .17 | .13 | -.12 | -.27 | -.32 | -.30 | .31 | -.33 | .60 | -.04 | -.19 | -.19 | .21 | -.18 | .17 | -.11 | .43 | |
| 10) Root weight I | ** | .13 | .65 | .59 | -.41 | -.24 | -.07 | .27 | .51 | -.09 | .71 | -.21 | -.16 | -.06 | -.08 | -.88 | .32 | .10 | .07 | |

a) varietal difference; * significant at 5% level ** significant at 1% level n.s. non-significant

b) measured based on unit area c) dyeing index of blade d) vascular-bundle number of petiole

e) water conductivity in petiole f) plant number showing bleeding in root/observed plants (incapable of variance analysis)

g) in guard cell h) thickening ratio of root for 10 days

C

| | V.D. ^{a)} | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 32) Root weight II | ** | 1.00 | | | | | | | | |
| 33) 10 cm Root weight ^{b)} | ** | .96 | 1.00 | | | | | | | |
| 34) Root and Crown weight | ** | .98 | .97 | 1.00 | | | | | | |
| 35) Root diameter II | ** | .61 | .78 | .70 | 1.00 | | | | | |
| 36) Root length II | ** | .68 | .56 | .70 | .14 | 1.00 | | | | |
| 37) Brix II | ** | -.59 | -.63 | -.68 | -.56 | -.62 | 1.00 | | | |
| 38) 10 cm Root w./Root w. | ** | -.58 | -.33 | -.47 | .25 | -.71 | .23 | 1.00 | | |
| 39) Crown w./Root and Crown w. | ** | -.61 | -.48 | -.43 | -.00 | -.29 | .03 | .67 | 1.00 | |
| 40) Root dia./Root leng. II | ** | -.21 | .01 | -.16 | .51 | -.78 | .19 | .77 | .27 | 1.00 |

a) varietal difference; * significant at 5% level ** significant at 1% level

b) part of 10 cm from topping phase

オシン水溶液を吸わせ、2分後に吸上げた長さを測定した。24) R.B. (溢泌率) は根部に穴をあけ、溢泌した個体数と調査個体数との比率で示した。27) 葉緑粒数は、葉部の気孔における孔辺細胞で測定した。29) R.T.R. (根径肥大率) は、10日間における根径の生長量を初めの根径で除して得た。33) 10 cm 根重は、タッピング面より10 cm までの重量を示している。

結 果

40 形質について40次元の相関行列を算出したが、煩雑さを避けるため第2表の(A)(B)(C)のように3つに分離して示した。また同時に品種間差をも第2表に示した。(A)表、(C)表に示された1)全重、2)トップ重、3)クラウン重(莖部重)等の重量や長さで示される生育量に関する形質は、7)葉幅、12)根長Iを除き品種間差は有意であった。また、根部形質は、収穫期(10月)に品種間差が大きくなった。しかし、(B)表に示された生理学的、組織学的形質及び16)葉長/葉身長、17)葉身長/葉幅等の比率は、一般に品種内変動が大きく、品種間差が有意にならないものが多かった。なお、24) R.B. (根部溢泌率) は、品種間差を検定する事ができなかった。

(A)表は、夏期に測定された生育量に関する形質及び糖分含有率(Brix)における相関を示している。生育量に関する形質の間には、一般に正の相関が示されたが、糖分含有率(Brix)は、他の生育量に関する形質と負の相関であり、特に根部形質とは高い負の相関を示した。

(B)表は、夏期に測定された生理学的、組織学的形質、及び比率、数に関する形質についての相関を示しているが、いずれも低い相関を示した。また、これらの形質と同時期の1)全重、10)根重との相関を(B)表下部に示

したが、これらとは一般に低い値を示した。なお、全重、根重両形質にやや高い相関を示した形質は、23) P.W.C. (葉柄水分移行)と21) B.D.I. (葉身染色度)であるが、この事は、加藤ら³⁾が指摘したように生育量の大きさと水分移動の能力との関連を示すものとして興味深い。他の形質では、15)葉柄角度が10)根重とやや高い正の相関を示したが、このことは供試10品種で開平型品種の根部の初期肥大が旺盛な事と関連しているものと思われる。

(C)表は、収穫期(10月)に測定された地下部に関する形質が示されている。生育量に関する形質は、互いに正の相関を示すが、夏期の同形質に比し高くなる傾向があった。

測定された40形質についての相関行列を作製し、これより抽出された第4主成分までの固有値、固有ベクトル及び各形質の第2、第3、第4主成分までの累積寄与率を第3表に示した。本報では、第4主成分までで全分散の75%を説明する事ができた。つまり全情報の25%の損失を伴ったが、40次元の情報量を4次元に減じることができた。

第1主成分は、生育量を示す形質及び、これらの形質と正の相関を示す23) P.W.C. (葉柄水分移行)が、正の固有ベクトルを示し、生育量に関する形質と負の相関関係にある糖分含有率(Brix)が、負の固有ベクトルを示した。このように、生育量(大きさ)を示す形質が正の高い固有ベクトルを示す第1主成分を、一般に生育量の大きさを表わす因子、即ち *size factor* と呼んでいる。

第2主成分は、地上部の生育量を示す形質が正、これらの形質と負の相関を示す15)葉柄角度、20)葉部乾物率が負の固有ベクトルを示した。この事から第2主成分は、地上部の生育様式を示す *top growth factor* という

事ができる。

第3主成分は、根部の形を示す比率が正の固有ベクトルを示している事から第3主成分は、*root shape factor* ということができる。

第4主成分は、14) 葉数が負、40) 根径/根長が正の固有ベクトルを示しているが、寄与率が全体の10%と小さく信頼性に欠け、明確な生物学的意義は見あたらなかった。

Table 3. Eigen values and eigen vectors of principal components extracted, and cumulative contribution

| Character | Eigen vector | | | | | | |
|----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|---|
| | Z ₁ | Z ₂ | Z ₃ | Z ₄ | h ₂ ² | h ₃ ² | h ₄ ² ^{a)} |
| 1) Total weight | .24 | .13 | .03 | -.08 | 84 | 84 | 87 |
| 2) Top weight | .20 | .21 | -.10 | -.14 | 79 | 85 | 94 |
| 3) Crown weight | .20 | .10 | .17 | -.02 | 54 | 73 | 74 |
| 4) Leaf length | .11 | .33 | .03 | .09 | 94 | 95 | 98 |
| 5) Blade length | .03 | .32 | -.02 | .07 | 79 | 79 | 81 |
| 6) Petiole length | .17 | .18 | .08 | .07 | 59 | 63 | 65 |
| 7) Blade width | .08 | .21 | .20 | -.23 | 39 | 64 | 86 |
| 8) Leaf area | .10 | .29 | .13 | -.02 | 74 | 85 | 85 |
| 9) Blade leng.×Blade wid. | .08 | .31 | .13 | -.12 | 81 | 92 | 98 |
| 10) Root weight I | .24 | -.12 | .07 | .13 | 82 | 85 | 92 |
| 11) Root diameter I | .20 | -.11 | .23 | .12 | 55 | 88 | 92 |
| 12) Root length I | .24 | -.09 | -.16 | -.06 | 74 | 90 | 94 |
| 13) Brix I | -.25 | .06 | .04 | -.05 | 76 | 77 | 78 |
| 14) Leaf number | .03 | -.15 | .01 | -.36 | 18 | 18 | 72 |
| 15) Petiole angle | .12 | -.26 | .20 | -.09 | 69 | 94 | 98 |
| 16) Leaf leng./Blade leng. | .12 | -.19 | .00 | .21 | 44 | 44 | 64 |
| 17) Blade leng./Blade wid. | -.10 | .22 | -.17 | .12 | 49 | 66 | 72 |
| 18) Fresh leaf weight | -.05 | .06 | -.24 | .17 | 05 | 43 | 56 |
| 19) Dry leaf weight | -.04 | -.06 | -.20 | .17 | 05 | 30 | 42 |
| 20) Dry. l. w./Fresh l. w. | -.02 | -.28 | .01 | .04 | 61 | 61 | 61 |
| 21) B.D.I. ^{b)} | .17 | -.19 | -.09 | -.10 | 62 | 67 | 71 |
| 22) P.V.N. ^{c)} | -.11 | .02 | -.14 | .20 | 14 | 25 | 42 |
| 23) P.W.C. ^{d)} | .23 | -.02 | -.09 | .21 | 66 | 71 | 90 |
| 24) R.B. ^{e)} | -.04 | .21 | -.15 | .08 | 35 | 50 | 52 |
| 25) Stomata size | -.10 | .02 | -.14 | .13 | 13 | 25 | 32 |
| 26) Stomata density | -.03 | -.03 | .15 | .05 | 01 | 15 | 16 |
| 27) Chloroplast number | .01 | .09 | -.12 | -.16 | 07 | 16 | 28 |
| 28) T-R ratio | -.18 | .22 | -.06 | -.21 | 71 | 74 | 92 |
| 29) R.T.R. ^{f)} | .06 | -.07 | .21 | -.19 | 07 | 35 | 50 |
| 30) Root dia./Root leng. I | -.06 | -.00 | .32 | .16 | 04 | 71 | 82 |
| 31) Forky root number | .10 | .02 | -.21 | -.02 | 13 | 41 | 42 |
| 32) Root weight II | .26 | .02 | -.16 | .08 | 79 | 96 | 99 |
| 33) 10 cm Root weight | .27 | .01 | -.08 | .15 | 85 | 89 | 99 |
| 34) Root and Crown weight | .27 | .04 | -.10 | .07 | 88 | 94 | 96 |
| 35) Root diameter II | .22 | .07 | .15 | .24 | 59 | 73 | 98 |
| 36) Root length II | .21 | -.03 | -.14 | -.25 | 51 | 63 | 90 |

| Character | Eigen vector | | | | | | |
|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | Z ₁ | Z ₂ | Z ₃ | Z ₄ | h ₂ ² | h ₃ ² | h ₄ ² |
| 37) Brix II | -.25 | .04 | -.12 | .14 | 73 | 82 | 90 |
| 38) 10 cm Root w./Root w. | -.10 | .00 | .30 | .19 | 12 | 71 | 87 |
| 39) Crown w./Root and Crown w. | -.09 | .08 | .31 | -.09 | 15 | 75 | 79 |
| 40) Root dia./Root leng. II | -.04 | .08 | .21 | .37 | 07 | 36 | 95 |
| Eigen value | 11.9 | 7.5 | 6.4 | 4.3 | | | |
| % Variance | 29.8 | 48.6 | 64.6 | 75.4 | | | |

1)~31) measured in summer

32)~40) measured at harvest

a) cumulative contribution (%) $h_m^2 = \sum_{k=1}^m (\sqrt{\lambda_k} l_{ki})^2$

λ_k ; eigen value of k -th principal component

l_{ik} ; eigen vector of i -th character in k -th principal component

b) dyeing index of blade c) vascular-bundle number of petiole

d) water conductivity in petiole e) plant number showing bleeding in root per observed plants

f) thickening ratio of root for 10 days g) part of 10 cm from topping phase

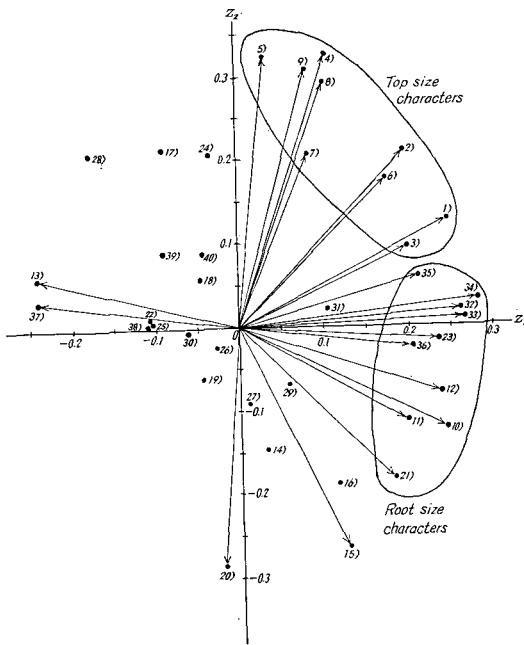


Fig. 1. Vectorial representation of principal component matrix.

論 議

多くの形質間の関連性を客観的に検討し、総合的かつ系統的な理解を本報の如く、40形質からなる高次元の相関表から引き出す事は、非常に困難な事である。しかし主成分分析によって、若干(25%)の情報の損失を無視

する事によって、40次元を4次元に減じる事ができた。しかし、第3表の生理学的、組織学的形質の累積寄与率は、第4主成分を加えても60%に満たずかなり低い値を示した。一方、第2主成分までの累積寄与率が70%近い形質は、各組織の重量や長さ等の生育量に関する形質でこれらの累積寄与率の平均は、72%であった。また、根径/根長や10cm根重/根重等の根部に関する比率における第2主成分までの累積寄与率は20%に満たないが、第3主成分を加えると70%以上になった。

これらの事から、形態的形質においては、第1、第2、第3主成分で十分説明する事ができ、類似形質群を *size factor*, *top growth factor*, *root shape factor* の各因子として単純化する事ができるものと思われる。一方、葉数、分岐根数及び、生理学的、組織学的形質は、第4主成分以下を加えねばならず、形態学的形質とは切り離して考える必要があるものと思われる。

さらに、地上部及び地下部の生育量に関する形質は、第1、第2主成分を座標軸とする平面上のベクトルとして形質相互の関連性を十分単純化できるものと思われるので、生育量に関する形質のみを第2図に示した。第1図の原点を全ての形質発現の原点とすると、生育量に関する形質はすべて、この原点を始点とするベクトルとして同一方向(第1主成分に関して正の方向)に位置づけることができる。一般に、個体の大きさを示す形質相互には正の相関関係が認められるが、第2図はこれを図示したものといえる。第2図に示された各形質のベクトルによって、生育量に関する形質の相対的關係を視覚的に

見る事ができる。例えば、2つの形質のベクトルの角度が90度を越える時、両形質は負の相関を示すが、本報においては、葉部に関する形質群と、根部に関する形質群の各ベクトルが互いに90度に近く、他の形質はその中間に位置している。つまり、第2図の破線の如く、因子軸の回転をすれば、葉部の生育量を示す因子 (F_1) と根部の生育量を示す因子 (F_2) を抽出する事ができるものと思われる。

このように、主成分分析によって、各形質の相対的關係は、各形質のベクトルの持つ角度と長さによって示す事ができるが、このような各形質間の相対的關係に関する変異は、本報におけるてん菜では、葉部形質群と根部形質群の各ベクトルのなす角度 (約90度) 以内で変異する事が示された。

一般に、生育量を示す形質について主成分分析を行なった時、最大の分散を持つ第1主成分が *size factor* として示され、第2主成分以下に各形質間の相対的關係を示す *shape factor* が続く事が知られている。本報においても、第1主成分に *size factor*、第2主成分に *top growth factor*、第3主成分に *root shape factor* が示された。MORISHIMA と OKA⁶⁾ は、水稻の突然変異系統を用いて、第1主成分に *general size* 即ちアイソメトリックな変異、第2主成分に上部伸長と下部伸長を示すアロメトリックな変異、第3主成分以下に各組織の相対的な長さにおける変異をみている。このように形態学的形質を扱った時、第1主成分が正の固有ベクトルを持てば *size factor* とし、アイソメトリックな変異と解釈する事が多い。一方、JOLICOEUR²⁾ は、HUXLEY (1932) の相対生長理論を拡大解釈し、主成分分析によって多次元変異から得られた第1主成分の成分ベクトルは相対生長を表わすとした。つまり、第1主成分の成分ベクトルが一定の時アイソメトリーであり、他はアロメトリーであると定義している。この事は、第1主成分に関して単に *size factor* として定義するばかりでなく、第1主成分の固有ベクトルの大小についても、留意すべき事を示している。第1主成分は、各形質に関して共通に変異する部分であり、生長量に関する形質を扱った時に抽出される第1主成分は、各部位の生長に関して共通に影響を与える因子として、WRIGHT⁷⁾ が示した *general size factor* と同義であると考えられる。

第2主成分以下に関しては、一般に *shape factor*、或いはアロメトリックな変異を示す因子とされているが、次のように解釈すればさらに明確に理解する事ができるのではないかとと思われる。即ち、第2主成分以下は *size*

に関する共通因子である第1主成分を除いた残余部分であり、各形質 (或いは形質群) に影響を与える互いに独立した因子である。また、アロメトリックな変異を互いに独立した因子軸に分割されたとし、関連した形質群が共通に大きな固有ベクトルを持つ主成分は、WRIGHTの示した *group size factor* と対応する事ができ、単一形質のみ大きな固有ベクトルを持つ主成分は *special size factor* と対応する事ができるものと思われる。

主成分分析の特徴は、客観的な数学的解として固有値、固有ベクトルを抽出する事ができ、各主成分の分散を知る事によって、各主成分の重要度を判別できる点にある。例えば、重要な生物学的意義を示した主成分であっても、この分散が小さければ無視すべきであるが、どの程度の分散で各主成分の重要点を判別するかについては、研究内容によって異なるが、 n 次元の相関行列より主成分分析を行なったとき、 $1/n$ の分散以下では信頼性に欠けると考えるべきではないかと思われる。

また、BAILEY¹⁾ が示したように、主成分を抽出する前に、分散、共分散を遺伝及び環境に分割する事は、作物を対象とした時には特に重要であり、遺伝相関行列からの主成分分析についてさらに検討する必要があるものと思われる。さらには、本報で示された形質相互の関連性が、異った環境条件下でどのように変化するかを検討する事によって、てん菜品種の環境反応性に関する総合的な分析を行なう事ができるものと思われる。

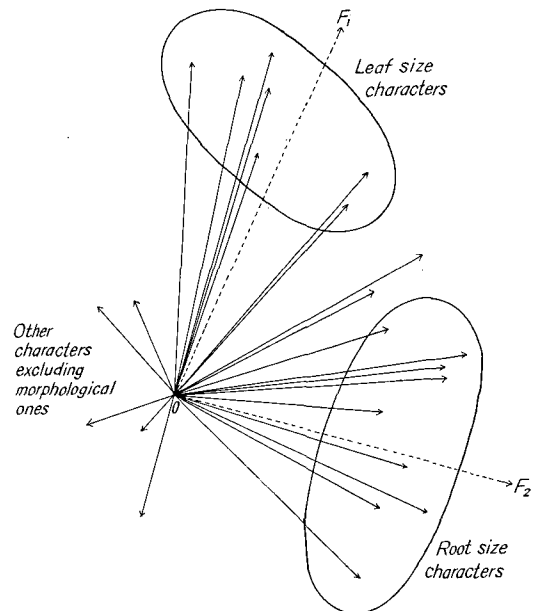


Fig. 2. Diagram of relationship among plant size characters.

要 約

本報は、主成分分析を用いて、てん菜の生理学的、形態学的諸形質間の関連性について総合的な理解を得るための基礎的実験として、てん菜10品種を用いて夏期と収穫期に40形質を測定し、品種相関より主成分分析を行った。

その結果、第1主成分は、生育量を示す *size factor*、第2主成分は、地上部の生育様式を示す *top growth factor*、第3主成分は、根部の形態を示す *root shape factor* と解釈された。また、生理学的、組織学的形質は、形態学的形質と別に検討する必要があるものと思われた。

生育量に関する形質は、2つの共通変異軸をもつ平面上において、同一方向を示すベクトルとして示され、しかも、このような生育量に関する形質のベクトルは、葉部形質群と根部形質群の各ベクトルのなす角度(約90度)を越える事はなかった。

引用文献

1. BAILEY, D. W. 1956. A comparison of genetic and environmental principal components of morphogenesis in mice. *Growth* 20: 63-74.
2. JOLICOEUR, P. 1963. The multivariate generalization of the allometry equation. *Biometrics* 19: 497-499.
3. 加藤勝信・大久保甲子 1969. てん菜体内中の水分移動に関する研究、てん菜の葉部と根部における固形物の関連性。北農 第36巻: 32-48.
4. 宮浦邦晃・島本義也・細川定治 1968. てん菜品種における生理、形態的諸特性に関する統計学的解析、1) てん菜品種における形質間相関。てん菜研究報告 補巻 10: 73-78.
5. MORISHIMA, H., H. I. OKA and T. T. CHANG 1967. Analysis of genetic variations in plant type of rice. 1. Estimation of indices showing genetic plant types and their correlations with yielding capacity in a segregating population. *Jap. J. Breeding* 17: 73-84.
6. MORISHIMA, H. and H. I. OKA 1968. Analysis of genetic variations in plant type of rice. III.

Variations in general size and allometric pattern among mutant lines. *Jap. J. Genetics* 43: 181-189.

7. WRIGHT, S. 1918. On the nature of size factors. *Genetics* 3: 367-374.

Summary

In this paper, principal component analysis (P.C. A.) was applied for the purpose of unifying the interrelationships among the various characters in sugar-beet varieties.

Forty physiological and morphological characters of 10 varieties were measured at mid growing season and at the harvest in 1967. The correlation matrix of these 40 characters was utilized for P.C.A.. Thirty, 19, 16 and 10 percent of the total variation of 40 characters was accounted for by the first four principal components respectively; hence more than 75 percent of the total variance could be extracted by these four principal components. Especially morphological characters could be sufficiently explained by the first, second and third component as follows.

In the case of the first principal component, the characters concerned with the "size" of vegetative characters of a plant, such as total weight, leaf length, root diameter and so on, made great contribution to the first principal component and the second principal component appeared to correspond to the "top growth", and the third to the "root growth".

Furthermore representing the vectors of the plant-size characters in the plane defined by the first and second principal component axes, it was considered that those vectors pointed in the direction of positive first principal component. At the outside of the angle (about a right angle) between the vectors of leaf and root size characters, the vectors of other plant-size characters, such as crown weight, did never existed (Fig. 2.).

The need of separation of the physiological and cytological characters from the morphological characters has been emphasized in the discussion.