

4. 研 究

異種細胞質(セイヨウノダイコン)を持つ青首系宮重大根の育成
第1報 作出経過および第4~6世代での選抜

加藤正弘・福山寿雄

Production of *Raphanus sativus* 'Aokubi-miyashige' with *R. raphanistrum* 'Seiyo-nodaikon' cytoplasm.

1. Process of nucleus substitution and selection in the 4th-6th generations.

Masahiro KATO and Toshio FUKUYAMA

緒 言

異種属間で核置換を行うと、核内遺伝子と細胞質との相互作用により、雄性不稔、不和合性作用の抑制、性比の変動など直接育種に利用できる遺伝的変異を生ずる場合があり注目されている。

アブラナ科作物においても種々の現象が報告されている。Pearson (1972) は *Brassica nigra* の細胞質を持つ *B. oleracea* で雄性不稔の出現を報告し、Mizushima and Katsuo (1958) は *B. nigra* の細胞質により *B. oleracea* の自家不和合性遺伝子の発現が抑制されたと報告している。又、野生の *B. campestris* の細胞質遺伝をする除草剤 triazine の抵抗性が *B. napus* に導入された報告もある (Beversdorf et al. 1980)。

核置換により現われる現象としては上記の他に致死作用、生理障害および畸形発生などの報告がある。クロロフィル欠乏個体の出現例としては Iwasa (1963 abc), Heyn (1976), Bannerot (1977), Kato and Tokumasu (1980) がある。山口ら (1965) はナタネ (*B. napus*) の品種間での核置換で、花器の異常、開花期の変化、収量の増加などを報告している。

そこで筆者らはダイコン属 (*Raphanus*) 中のセイヨウノダイコン (*R. raphanistrum* L.) とダイコン栽培種 (*R. sativus* L.) の種間での核置換を行い、セイヨウノダイコンの細胞質を持つ青首系宮重大根の育成を行い、種間内での異質細胞質の効果を調査しようと考えている。よって今回は作出経過および第4~6世代での選抜過程について報告する。

材料および方法

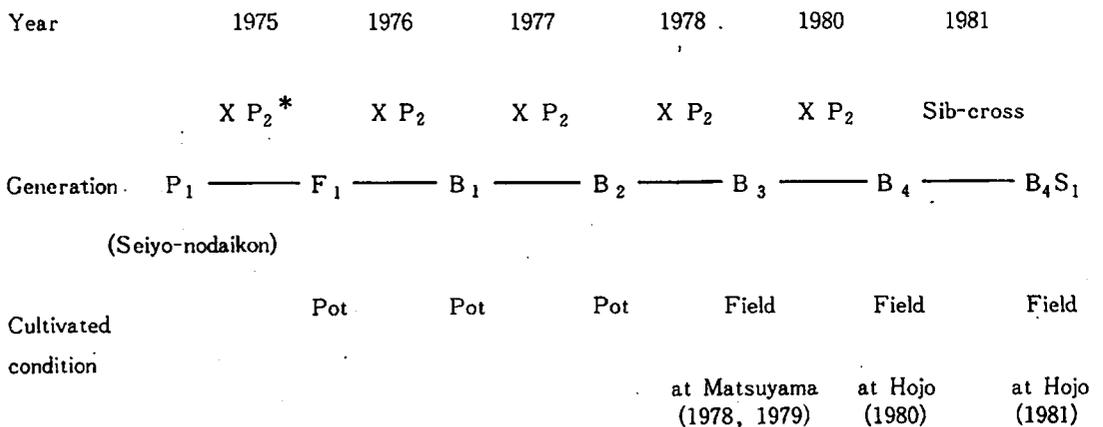
種子親としてセイヨウノダイコン(西洋野大根, *Raphanus raphanistrum* L. ssp. *landra*) を、又連続戻し交配を行う核置換親(戻し交配親)として栽培品種のアオクビミヤシゲダイコン

(青首宮重大根, *R. sativus* L. var. *acanthiformis* MAK.) を用いた。交配は畜授粉法で行い、核置換過程で、各系統の外部形態、種子稔性および花粉稔性等の諸形質を調査し次期選抜個体の資料とした。

結果および考察

1. 核置換過程

第1図は1975年から1981年にかけての核置換過程を図示したものである。図中 P_1 は種子親、 P_2 は核置換親(戻し交配親)を、 B_1, B_2, B_3, \dots は戻し交配第1, 第2, 第3……世代を表わしている。1975年セイヨウノダイコンを種子親に、アオクビミヤシゲを花粉親として交配し F_1 個体を得た。 F_1 の第1分裂中期の接合状態を観察したところ正常な9個の二価染色体が見られ、これら両親は同一のRゲノムを持つことが確認された。1975年から1978年の B_2 世代まではポット栽培を行い、ポット上での選抜を行った。 B_3 世代以降は圃場栽培に移し、圃場での生育状況を見て系統を選抜し、その後各系統の中から優良個体を鉢上げし、次期選抜用の交配親とした。尚、 B_4 世代については系統内できょうだい受粉(Sib-cross)を行い B_4S_1 世代を得た。



* P_2 : Recurrent parent (Aokubi-miyashige)

Fig. 1. Process of nucleus substitution of *Raphanus raphanistrum* (P_1) with *R. sativus* (P_2).

2. 選抜過程

第1表は B_2 世代での外部形態を見たものである。ここに示した6系統は16系統の中からある程度核置換親に近づいてきているものである。花色について見ると、セイヨウノダイコンの薄黄色に対してアオクビミヤシゲの白色(紫色)が優性であることから、 B_2 個体は全て白色(紫色)であった。葉色は全て緑色であり、Iwasa (1963 abc), Heyn (1976), Bannerot (1977), Kato and Tokumasu (1980)らの報告の様なクロロフィル欠乏の現象は認め

られなかった。この相違は、上記の例が属が異なるか又は同じ属内でもゲノムが異なっているのに対して、筆者らの材料は種が異なっているがゲノムが同じであることによると思われる。アオクビミヤシゲを4、セイヨウノダイコンを0とした0～4の5段階のスコアで表わした7形質の外部形態を見ると、大部分はスコア4に近くなっているが、まだ2、3の形質でスコア2ないし3を示しており、平均値で見ると3.3～3.6の間の数値を示していた。

Table 1. External morphology of B₂ plants (1978).

Strain	Flower colour	Leaf colour	Root diameter	Root length	Appearance of red colour		Plant height	Tri-chome	Divergence of leaf	Mean	Flowering time after sowing (Days)
					Axillary bud	Stem					
Aokubi-miyashige (P ₂)	2 White (Purple)	Green	4 *	4	4	4	4	4	4	4.0	167
	8 White (Purple)	Green	4	4	4	4	4	4	4	4.0	170
B ₂	5 White (Purple)	Green	4	3	3	4	4	4	3	3.6	174
	6 White (Purple)	Green	3	2	4	4	4	4	2	3.3	178
	7 White (Purple)	Green	4	4	4	4	3	4	2	3.6	179
	14 White (Purple)	Green	4	4	2	4	3	4	3	3.4	169
Seiyo-nodaikon (P ₁)	2 Whitish yellow	Green	0	0	0	0	0	0	0	0.0	172
	11 Whitish yellow	Green	0	0	0	0	0	0	0	0.0	173

*These figures indicate the morphological indexes showing 5 scores of 4 to 0, in which 4 and 0 values are given to 'Aokubi-miyashige' and 'Seiyo-nodaikon,' respectively, and intermediate values show the degree of resemblance to parents.

Table 2. Result of field experiment on B₃ plants (1978).

Strain	Index of external morphology in B ₂ plants	Root weight (kg)	Root diameter (cm)	Hardness (g/cm ²)	Relative water content (Fresh weight base) (%)
B ₃	5	0.95 b**	6.65 c	572.7 bc	94.9 a
	6	0.89 b	7.02 abc	622.4 ab	94.5 ab
	7	1.34 a	7.56 a	634.4 a	94.3 ab
	14	1.27 a	7.40 ab	554.3 c	94.1 b
Aokubi-miyashige (P ₂)	4.0	0.91 b	6.81 bc	659.2 a	94.7 ab

* Figures show means in Table 1.

** Duncan's multiple range test (at 5%).

第2表はこれら4系統の次代(B_3)について1978年圃場栽培した結果である。根重、根径を見ると核置換親のアオクビミヤシゲと同じかそれ以上の生育を見せ、第1表の外部形態指数が3.6と高い系統7が特に良い生育を見せた。根の組織にかん入する時の力を測定した硬度を見ると、4系統共に核置換親よりも低い値を示しており肉質が柔らかいことが判かった。尚、このことは食味試験でも証明された。

1981年秋、各系統内でのきょうだい受粉により得た B_4S_1 世代を圃場栽培し、収穫時期を少し早めて遺伝的特性を調査した。その結果が第3表および第2図である。この世代での選抜は、対象区として核置換親のアオクビミヤシゲ(P_2)、現在愛媛県下でも栽培面積を拡大しつつある耐病性総太りの他に3品種を栽培し、(1)根形の正常率、(2)変動係数を基として見た根重、根長のばらつき、および(3)根重と根長の間の相関係数および回帰係数の各点から行った。その結果14-3、7-3、5-2の3系統を次期選抜系統として選んだ。これら3系統における根重と根長との相関係数はすべて0.1%の有意性を示し、遺伝的安定性を示していた。回帰式から見ると5-2系統が核置換親のアオクビミヤシゲに最も近づいていることが明らかである。

3. 今後の方向

B_4S_1 世代で選抜の第1段階はほぼ終了した。よって、今後はこれらの系統とアオクビミヤシゲおよび種々の栽培品種との間で相互交配を行い、両 F_1 を同時栽培してセイヨウダイコンの細胞質の効果について詳細に調査して行く予定である。又 B_4S_1 世代の系統はセイヨウダイコンの遺伝子をまだいくらかは保持していると思われるので、きょうだい受粉により得た B_4S_2 世代について作型を変え、各作型での適応性も調査して行きたい。

摘 要

1. ダイコンにおける異種細胞質の効果を見る為、セイヨウダイコンの細胞質を持つ青首系宮重大根の作出を試みた。
2. セイヨウダイコンを種子親に、アオクビミヤシゲを花粉親に用い F_1 個体を得た。 F_1 の第1分裂中期で正常な9個の2価染色体が観察され、両親は共にRゲノムであることが確認された。
3. B_3 世代の圃場栽培の結果、 B_3 世代の外部形態が核置換親のアオクビミヤシゲに近い系統が良好な生育を見せ、 B_3 世代での選抜効果が認められた。又、根の組織にかん入する力を測定した結果、核置換親よりも肉質が柔らかいことが分かった。
4. B_4S_1 世代においては根の形態、根重・根長のばらつき、根重と根長との相関係数・回帰係数から3系統を次期選抜系統として選抜した。

謝 辞

本研究を進めるに当り、千綿克彦君に $B_1 \sim B_3$ 世代での戻し交配および栽培を、又、長井・吉井・村上の各技官に B_4 、 B_4S_1 世代の栽培を担当して頂いた。ここに感謝の意を表する。

Table 3. Result of field experiment on B₄S₁ plants (1981).

Strain	Morphology of root				Root weight* (g)			Root length* (cm)		
	Normal	Branched	Total	Normal percentage	Mean	S. D. **	C. V. *** (%)	Mean	S. D.	C. V. (%)
14-1	24	3	27	88.9	548.3	145.7	26.6	22.0	3.3	15.0
14-2	18	4	22	81.8	563.3	205.9	36.5	21.8	4.4	20.2
14-3	8	0	8	100.0	633.8	308.9	48.7	24.3	4.9	20.4
7-1	24	10	34	70.6	492.5	135.2	27.5	23.5	3.9	16.5
7-2	14	2	16	87.5	630.0	189.2	30.0	23.6	3.3	13.9
7-3	29	1	30	96.7	515.9	126.8	24.6	23.1	3.0	13.0
7-4	15	2	17	88.2	726.0	293.5	40.4	23.2	5.9	25.5
7-5	18	1	19	94.8	548.9	205.8	37.5	18.6	3.3	17.6
5-1	21	2	23	91.3	614.3	198.7	32.3	22.4	4.8	21.6
5-1 s	16	3	19	84.2	526.9	222.1	42.1	20.3	2.2	11.0
5-2	37	2	39	94.9	557.3	182.9	32.8	22.5	4.0	17.8
Aokubi-miyashige (P ₂)	44	4	48	91.7	602.3	226.5	37.6	22.4	4.7	20.9
Taiby-sobutori	44	4	48	91.7	476.6	149.4	31.3	19.3	3.5	18.1
Miyashige-sobutori	40	9	49	81.6	440.5	153.6	34.9	16.8	3.3	19.5
Aokubi-miyashige-nagabuto	32	3	35	91.4	354.7	121.8	33.4	18.4	3.5	18.8
Aokubi-nagabuto-miyashige	29	4	33	87.9	460.7	114.8	24.9	20.2	3.1	15.2

* Only normal roots were measured.

** Standard deviation.

*** Coefficient of variation.

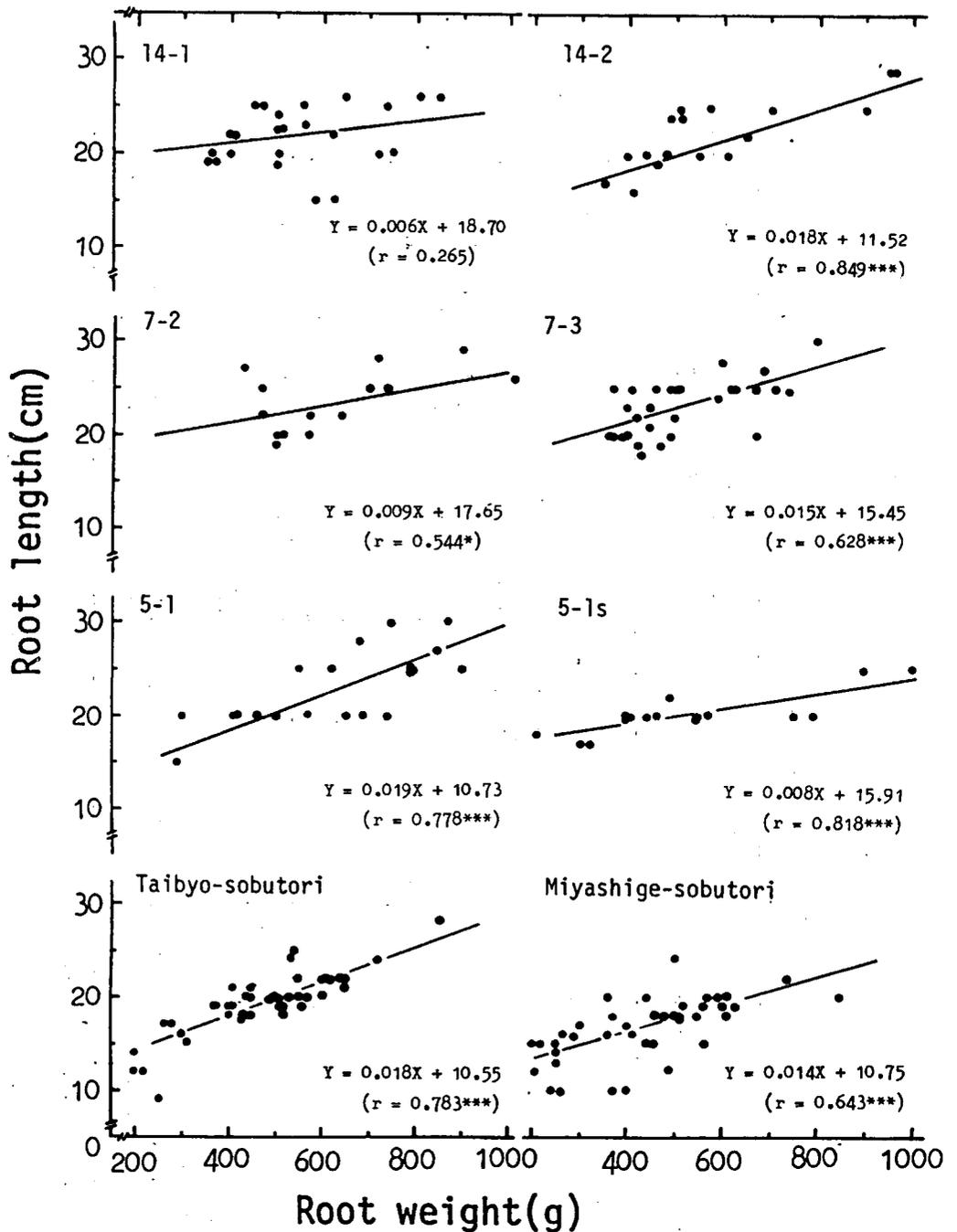
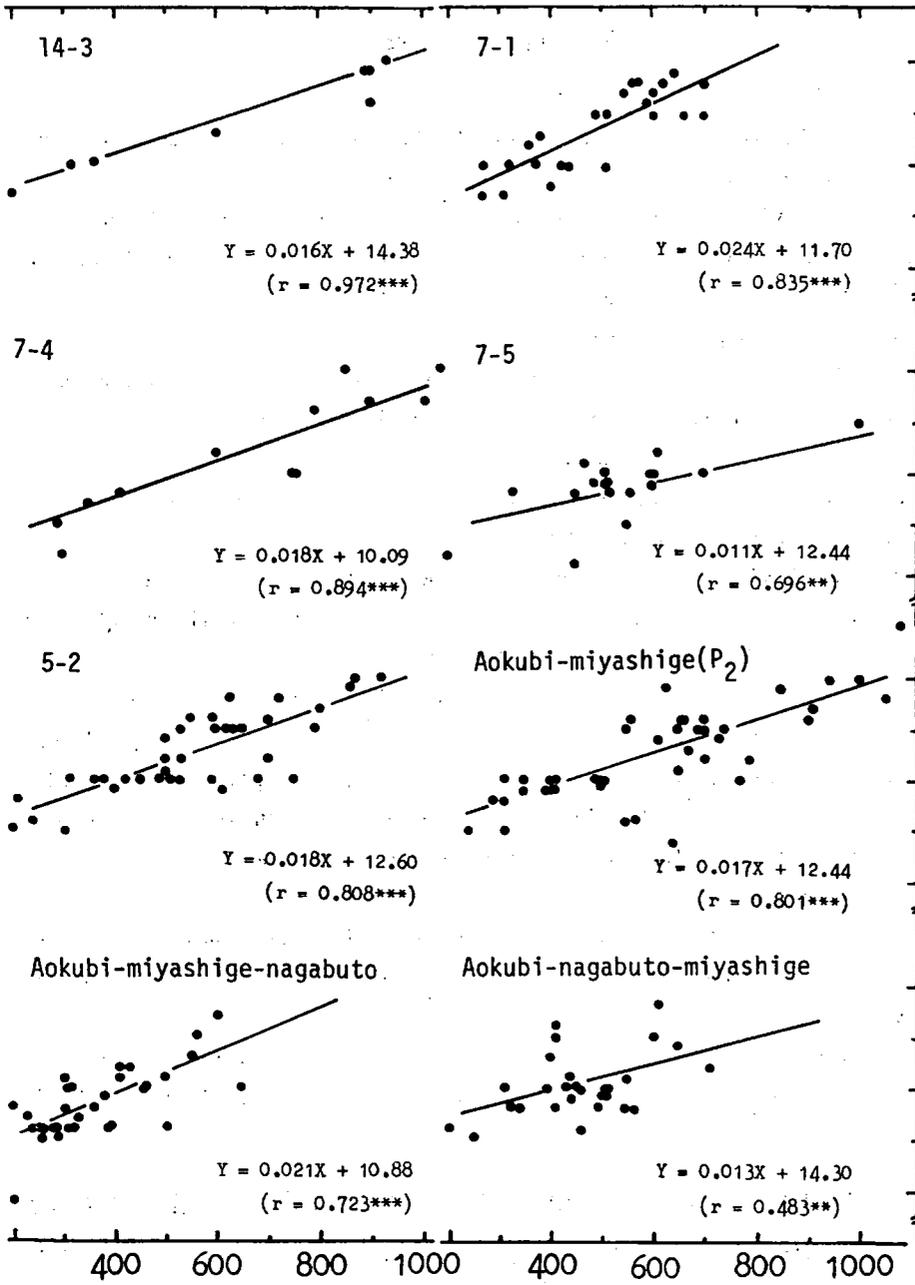


Fig. 2. Correlation diagrams and regression lines between root weight and root length in B_4S_1 strains, 'Aokubi-miyashige' (P_2), and several commercial cultivars.

*, **, and *** of correlation coefficients show significance at 5, 1, and 0.1%, respectively.



引用文献

1. BANNEROT, H., BOULIDARD L. and CHUPEAU Y. (1977) Unexpected difficulties met with the radish. *Eucarpia Cruciferae Newsletter* 2:16.
2. BEVERSDORF, W. D., WEISS-LERMAN, J., ERICKSON, L. R. and SOUZA MACHADA, V. (1980) Transfer of cytoplasmically-inherited triazine resistance from bird's rape to cultivated oilseed rape (*Brassica campestris* and *B. napus*). *Can. J. Genet. Cytol.* 22:167-172.
3. HEYN, F. W. (1976) Transfer of restorer genes from *Raphanus* to cytoplasmic male sterile *Brassica napus*. *Eucarpia Cruciferae Newsletter* 1:15-16.
4. IWASA, S. (1963a) Studies on the alloplasmatic effect in the tribe *Brassicaceae*.
I. On the *carinata*-cytoplasmic *Brassica pekinensis* induced by successive backcrosses. *J. Fac. Agr., Kyushu Univ.* 12:201-212.
5. IWASA, S. (1963b) Studies on the alloplasmatic effect in the tribe *Brassicaceae*.
II. Several conspicuous characteristics appeared in the *carinata*-cytoplasmic *pekinensis* plant. *J. Fac. Agr., Kyushu Univ.* 12:213-228.
6. IWASA, S. (1963c) Studies on the alloplasmatic effect in the tribe *Brassicaceae*.
III. On the effect on the manifestation of genome complements in some F₁ hybrids and in the strains having an extrachromosome. *J. Fac. Agr., Kyushu Univ.* 12:229-240.
7. KATO, M., and TOKUMASU S. (1980) Nucleus substitution of *Brassica japonica* STEB. with *Raphanus sativus* L. and its resultant chlorophyll deficiency. *Euphytica* 29:97-106.
8. MIZUSHIMA, U., and KATSUO, K. (1958) Elimination of self-incompatibility in the common cabbage, *Brassica oleracea* L., by means of substitution of nucleus. *Proc. X Internat. Cong. Gen.* Vol. II:191.
9. PEARSON, O. H. (1972) Cytoplasmically inherited male sterility characters and flavor components from the species cross *Brassica nigra* (L.) KOCH X *B. oleracea* L. J. *Amer. Soc. Hort. Sci.* 97:397-402.
10. 山口 隆・菅野考己・米元孝一・倉田久治(1965) 菜種の正逆交雑における形質発現の差異に関する研究。第Ⅶ報 核置換過程における形質発現の変化と細胞質特性の恒常性について。 東海近畿農業試験場研究報告。第14号:89-141。

Summary

In order to investigate the effect of allo-cytoplasm in radish, the production of *Raphanus sativus* with *R. raphanistrum* cytoplasm was attempted.

(1) F₁ hybrids were obtained from the cross of *R. raphanistrum* L. ssp. *landra* 'Seiyo-nodaikon' (♀) X *R. sativus* L. var. *acanthiformis* MAK. 'Aokubi-miyashige' (♂). In chromosome pairing at metaphase I of the F₁ hybrids, 9 II configuration was observed.

(2) B₁ and B₂ plants were obtained by backcrossing of *R. sativus* (♂). Selection of B₂ plants was carried out using the morphological indexes showing 5 scores of 4 to 0, in which 4 and 0 are given to 'Aokubi-miyashige' and 'Seiyo-nodaikon', respectively (Table 1).

(3) B₃ strains were equal or superior to 'Aokubi-miyashige' in root growth, the hardness value of their roots being smaller (Table 2).

(4) Selection on B₄S₁ generation was carried out from several points: 1) root morphology, 2) variation of root weight and root length, 3) correlation coefficient between root weight and root length, and 4) regression coefficient. Three strains were selected for next generation (Fig. 2 and Table 3).