

近年育成されたイチゴ品種の近親交配の程度および近交係数と収量の関係

稲葉幸雄^{1,2*}・吉田智彦³¹ 栃木県農業試験場栃木分場 328-0007 栃木市大塚町² 東京農工大学大学院連合農学研究科 183-8509 府中市幸町³ 宇都宮大学農学部 321-8505 宇都宮市峰町

The Inbreeding Coefficients of Recently Developed Cultivars and the Relationship between Inbreeding Coefficients and Yield in Strawberry

Yukio Inaba^{1,2*} and Tomohiko Yoshida³¹Tochigi Branch, Tochigi Prefectural Agricultural Experiment Station, Tochigi 328-0007²United Graduate School of Agricultural Science, Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, Tokyo 183-8509³Faculty of Agriculture, Utsunomiya University, Utsunomiya, 321-8505

Abstract

Inbreeding is a great concern for strawberry plant breeders because of the repeated crossings among a limited number of breeding materials. Coefficients of inbreeding (CI) in recently developed cultivars of strawberry were calculated using a personal computer and a programming language, Prolog. The relation between CI and yield was also investigated in the strawberry. There was no correlation between the selection rate of F1 seedling plants and CI of those plants. In the strawberry breeding lines from Tochigi Branch, Tochigi Prefectural Agricultural Experiment Station, the correlation coefficient between CI and yield was -0.37, which was significant at the 1% level. The figure showed that strawberry plants with a CI less than 0.3 did not show any inbreeding depression. The CIs of several recently bred strawberry cultivars of the June-bearing type were approximately 0.2. CIs of 'Tochiotome', 'Akihime', 'Sagahonoka', 'Amaou', 'Satumaotome', 'Hinosizuku' and 'Yayoihime' were 0.261, 0.222, 0.257, 0.213, 0.257, 0.247 and 0.346, respectively. Those of CIs of ever-bearing type cultivars were approximately 0.1, except 'Summer Princess' and 'Kiminohitomi'. Hypothetical diallel crossing among 15 representative June-bearing type cultivars resulted in CIs of their offsprings ranging from 0.067 to 0.440 with an average CI of 0.210.

Key Words : inbreeding depression, pedigree analysis, prolog

キーワード : 家系分析, 近交弱勢, Prolog

緒 言

イチゴの栽培種 (*Fragaria* × *ananassa* Duchesne) は、南米原産のチリイチゴ (*F. chiloensis*) と北米原産のバージニアイチゴ (*F. virginiana*) との交雑から生まれた雑种植物が起源とされ (Darrow, 1966), 育成されてからまだ 250 年程度の歴史を持つに過ぎず、栽培植物としての歴史は非常に浅い。これまで日本国内で育成されたイチゴ品種は 100 品種を超えるが、その系譜を見ると最初の国産品種「福羽」と海外品種「Haward17」および「Haward17」を祖先に持ち日本国内でも栽培された「Donner」の血統が色濃く引き継がれている (木村, 1999)。さらに近年では、「女峰」、「とよのか」、「アイベリー」など一部の品種が繰り返し交配親として利用されてきたため、品種の近親交配の程度が急激に

高まっていると考えられる (吉田, 2003)。栄養繁殖作物であるイチゴは、カンショやバレイショと同じように近親交配により近交弱勢がおこることが指摘されているが (望月, 1999a; 森下, 1997; 成川・石川, 1997; 齋藤ら, 1998), これまでのところ、どの程度近親交配が進むと近交弱勢がおこるかにについての具体的な知見はない。

近親交配の程度を示す指標として家畜の改良に広く使われているものに近交係数がある。近交係数は個体の相同遺伝子が同一の祖先遺伝子から由来する確率として定義され、個体の近交度を表わすときによく用いられる (井山, 1974; Kempthorne, 1969; Wright, 1922)。肉用牛や乳用牛などの家畜の改良には近交係数をもとに綿密な交配計画が立てられることが一般的であるが (水間ら, 1982), 植物での近交係数の計算例は少なく、また品種改良に利用されることもほとんどない。これまでに、カンショで近交係数が 0.1 を超えると収量低下がおこることが明らかにされている程度である (吉田, 1985, 1986)。

2005 年 5 月 30 日 受付. 2006 年 2 月 10 日 受理.

* Corresponding author. E-mail: inabay02@pref.tochigi.jp

近交係数の計算は、子はその両親からおのおのの遺伝子の半分ずつを受け取ることを前提に計算され、両親の祖先の中から共通品種を探し、その共通祖先までの世代数から、 $(1+F_A) \times (1/2)^{(n+1)}$ の式にあてはめ (F_A は共通祖先の近交係数、 n は共通祖先から両親へたどる世代数の和)、この値を共通祖先をたどる全経路について計算することから求められる。しかし、家系が複雑な近年の育成品種では手計算は事実上不可能で、コンピュータを利用しても煩雑である。一方、推論型のコンピュータ言語 Prolog の持つ、推論、再帰的处理、バックトラックなどの機能を利用することにより(柴山ら, 1986)、系譜の血縁関係の処理が容易となる(水田ら, 1996)。さらに、水田ら(1996)のプログラムをもとに、イチゴなど栄養繁殖作物の近交係数計算プログラム(吉田, 2003)、その Windows 版(吉田, 2004)が開発されており、イチゴの近交係数の計算が容易にできるようになった。

本研究では、栃木県農業試験場栃木分場の 1995 年～2002 年までの育成系統の栽培データをもとに、近交係数が収量に及ぼす影響を検討した。また、近年育成された国内品種の近交係数を計算することで、近親交配の程度を推定し、今後のイチゴの育種計画に活用することを試みた。

材料および方法

1. 近交係数の計算

近交係数の計算は推論型言語の Prolog を用い、自殖作物の近縁係数計算用プログラム(水田ら, 1966)を栄養繁殖作物の近交係数の計算用に改良し(吉田, 2003)、さらに Windows 上で作動可能にしたもの(吉田, 2004)を利用した。

まずイチゴ交配記録データベースを作成した。古い品種の交配記録は諸説あるが、育成元および農林水産省の品種登録ホームページに記載されたデータ、木村(1999)など参考にした。近交係数の計算には共通祖先の近交係数の値が必要である。そのため、まず共通祖先の近交係数が 0 である古い品種の近交係数を計算し、計算に必要な近交係数データを蓄積し、共通祖先と同時にそのデータも加え計算した。

その品種の概要は、家系図中の親の総数、そのうちの共通なものを除いた親の数、最終祖先(他と類縁関係のない品種)までの世代数(家系図の端までの世代数で、以後、最終世代数と称す)により示した。最終祖先については、国内で育成されたものは、可能な限り最終親まで遡って計算したが、外国からの導入品種はその親まで遡って計算しなかった。また、大果系品種育成の交配母本として重要な位置を占めている‘アイベリー’については、来歴不詳として計算を行った。したがって‘アイベリー’を直接の親とする品種の近交係数はすべて 0 となった。

2. 交雑実生の近交係数と選抜率

2001 年～2004 年の 4 年間で合計 160 組合せの交配を行い、23,802 個体の交雑実生を育成し、促成栽培により選抜した。組み合わせあたりの個体数は 12～803 であった。交雑実生

の選抜は、交配年の 12 月から翌年の 2 月に行い、開花・収穫時期の早晩、果実の大きさ・色・硬さ・食味などの果実形質を中心に行った。

3. 育成系統の近交係数と収量の関係

1995 年～2002 年の 8 年間に行った特性検定予備試験(実生選抜に続く 2 年目の系統選抜を経て選抜された 3 年目の育成系統の特性を調査する)に供試した 58 系統について近交係数を求め、収量との関係を調べた。収量は気象の影響による年次変動が大きいことから、各年次ごとに对照品種とした‘とちおとめ’の収量を 100 とした相対比で表した。

4. 主要品種の近交係数

近年育成された一季成り性品種 15 品種および四季成り性品種 15 品種の近交係数と育成に関わった親の数および最大世代数を調べた。また、一季成り性品種 15 品種を用いて総当たり交配を行った場合の雑種の近交係数を計算した。

供試した一季成り性品種と四季成り性品種は以下の通りである(品種名・育成年・育成者の順に記載)。

一季成り性品種；‘とちおとめ’1996・栃木県、‘女峰’1985・栃木県、‘とよのか’1983・野菜茶試(久留米)‘章姫’1992・静岡県・萩原章弘、‘さちのか’2000・野菜茶試(久留米)‘さがほのか’2001・佐賀県、‘あまおう(福岡 S6 号)’2005・福岡県、‘さつまおとめ’2002・鹿児島県、‘ひのしずく(熊研い 548)’申請中・熊本県、‘やよいひめ’2005・群馬県、‘アスカルビー’2000・奈良県、‘紅ほっぺ’2002・静岡県、‘濃姫’1998・岐阜県、‘越後姫’1996・新潟県、‘ふさの香’2000・千葉県。

四季成り性品種；‘とちひとみ’申請中・栃木県、‘サマーベリー’1988・奈良県、‘エバーベリー’1990・野菜茶試(盛岡)‘セリーヌ’1993・(株)ホープ、‘ペチカ’1995・(株)ホープ、‘みよし’1987・徳島県、‘池光’1996・徳島・川人健一、‘スイートチャーミー’1997・川人健一、‘サマールビー’2005・(有)ミカモフレテック、‘サマープリンセス’2003・長野県、‘カレイニャ’2004・北海道・畑中克彦、‘夏実(エッチエスー138)’2004・(株)北海三共、‘なつあかり’申請中・農研機構東北農研、‘デコルージュ’申請中・農研機構東北農研、‘きみのひとみ’2005・(株)旭川ブリックス。

結 果

1. 交雑実生の近交係数と選抜率

近交係数と実生選抜率の関係を第 1 図に示した。交雑実生の近交係数は 0～0.63 の範囲に分布し、実生選抜率は 0～14.7% であった。近交係数と実生選抜率の間の相関係数は -0.051 で、相関は認められなかった。

交雑実生の近交係数の頻度分布を第 2 図に示した。160 組合せのうち、0.1～0.2 が 55 組合せで最も多く、0.2～0.3 が 45 組合せ、0～0.1 が 27 組合せ、0.3～0.4 が 22 組合せ、0.4～0.5 が 10 組合せ、0.6～0.7 が 1 組合せであった。ちなみに最

も高い近交係数 0.63 は‘とちおとめ’の自殖実生であった。

2. 育成系統の近交係数と収量の関係

供試した 58 系統の近交係数と収量の関係を第 3 図に示した。近交係数と収量の相対比との間には、有意な負の相関 ($r = -0.37^{**}$) が認められた。

3. 主要品種の近交係数

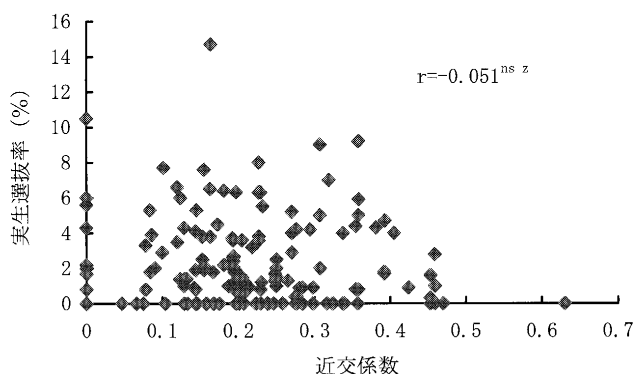
第 1 表および第 2 表に一季成り性品種および四季成り性品種それぞれの近交係数と家系図中の親の数および世代数を示した。

一季成り性品種では近交係数が 0.1 以下のものは、‘さちのか’、‘とよのか’、‘紅ほっぺ’、‘濃姫’の 4 品種のみで、近年の育成品種はいずれも近交係数が 0.2 を越えており、‘やよいひめ’の 0.346 が最も高かった。なお、平均の近交係数は 0.172 であった。育成に関わった総親数は‘とちおとめ’が 72、‘さがほのか’が 34、‘あまおう’が 82、‘やよいひめ’では最も多い 120 の親品種が関与していた。総親数の平均は 57 であった。共通親を除いた総親数は 10～28 品種で平均親数は 21.3 であった。最大世代数は 4～10 世代で、平均は 7.3 世代であった。

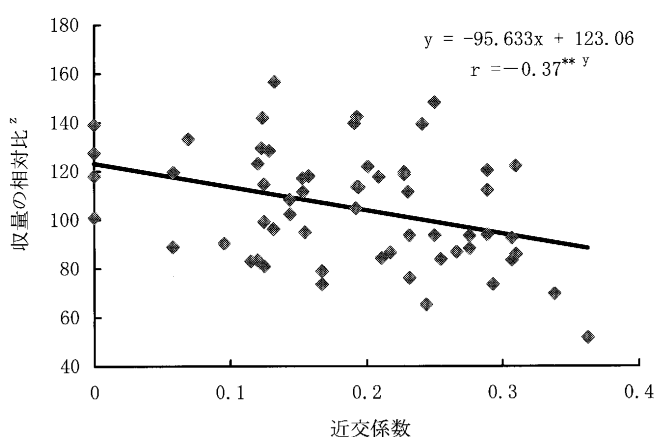
四季成り性品種では‘サマープリンセス’と‘きみのひ

とみ’の近交係数がそれぞれ 0.183, 0.195 で比較的高かったが、その他の品種はいずれも極めて低い値を示した。総親数は‘サマールビー’、‘カレイニャ’、‘きみのひとみ’が多かったが、その他の品種の総親数は一季成り性品種に比べて少ない傾向であった。共通親を除いた総親数は 10～44 品種で平均親数は 23.3 で一季成り性品種よりやや多かった。最大世代数は 3～9 世代、平均は 6.5 世代で一季成り性品種よりやや少なかった。

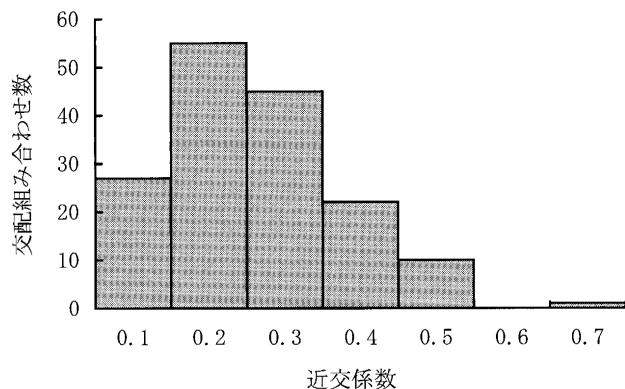
一季成り性の 15 品種間で総当たり交配を行った場合の雑種の近交係数を第 3 表に、雑種の近交係数の頻度分布を第 4 図に示した。自殖での値を除いた雑種の近交係数の平均値は、‘女峰’が 0.263 で最も高く、‘とちおとめ’、‘とよのか’、‘章姫’、‘さがほのか’、‘あまおう’などの主要品種はいずれも近交係数の平均が 0.2 を超えた。‘濃姫’は近交係数の平均が 0.170 で最も低かったが、それでも 0.1 を超えていた。近交係数が 0.3 を超える交配組合せは 24 組合せ (正逆交配を 1 組合せとした場合は 12 組合せ) あり、‘女峰’×‘章姫’および‘とちおとめ’×‘ふさの香’の組合せでは 0.4 を超えていた。自殖での近交係数が 0.5 となったのは、‘さちのか’と‘濃姫’の 2 品種のみで、その他の品種はい



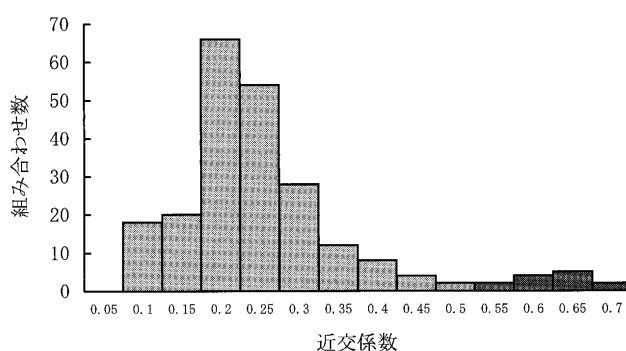
第 1 図 交雑実生の近交係数と選抜率の関係
^zns 有意性なし



第 3 図 育成系統の近交係数と収量の関係
^z ‘とちおとめ’の収量を 100 とした
^y **1%水準で有意



第 2 図 交雑実生の近交係数の頻度分布



第 4 図 主要品種間で交配した場合の雑種の近交係数の頻度分布
 近交係数 0.5 以上は自殖した場合の値で、相互交配を含む

第1表 主要な一季成り性品種の近交係数と家系図中の親の数

	近交係数	総親数	共通親を 除いた総親数	世代数
とちおとめ	0.261	72	24	8
女峰	0.171	20	10	6
とよのか	0.062	16	15	4
章姫	0.222	40	16	7
さちのか ²	0	18	17	5
さがほのか	0.257	34	18	6
あまおう	0.213	82	26	9
さつまおとめ	0.257	40	20	6
ひのしずく	0.247	106	28	9
やよいひめ	0.346	120	28	10
アスカルビー	0.130	68	27	7
紅ほっぺ	0.084	60	25	8
濃姫 ²	0	44	12	7
越後姫	0.119	46	27	8
ふさの香	0.250	90	27	9
平均	0.172	57	21.3	7.3

² アイベリー(来歴不詳)を片親とする品種の近交係数は0とした

第2表 主要な四季成り性品種の近交係数と家系図中の親の数

	近交係数	総親数	共通親を 除いた総親数	世代数
とちひとみ	0	32	30	6
サマーベリー	0	26	15	6
エバーベリー	0	26	16	5
セリース	0	12	11	3
ベチカ	0	32	21	7
みよし	0	24	19	6
池光	0.039	42	26	8
スイートチャーミー	0.062	44	27	9
サマルビー	0.068	148	44	8
サマープリンセス	0.183	38	18	7
カレイニャ	0.019	52	29	7
夏実 (エッチェス-138)	0	36	26	7
なつあかり	0.007	36	24	7
デコルージュ	0	10	10	4
きみのひとみ	0.195	102	34	8
平均	0.038	44	23.3	6.5

第3表 主要品種間で交配をした場合の雑種の近交係数

	とちおとめ	女峰	とよのか	章姫	さちのか ²	さがほのか	あまおう	さつまおとめ	ひのしずく	やよいひめ	アスカルビー	紅ほっぺ	濃姫 ²	越後姫	ふさの香
とちおとめ	0.630	0.386	0.250	0.289	0.125	0.250	0.230	0.125	0.275	0.302	0.250	0.207	0.193	0.234	0.440
女峰	0.386	0.585	0.191	0.404	0.095	0.248	0.204	0.095	0.240	0.316	0.358	0.250	0.292	0.259	0.345
とよのか	0.250	0.191	0.531	0.169	0.265	0.394	0.328	0.265	0.202	0.134	0.167	0.217	0.095	0.325	0.253
章姫	0.289	0.404	0.169	0.661	0.084	0.206	0.164	0.084	0.187	0.223	0.266	0.348	0.202	0.196	0.265
さちのか ²	0.125	0.095	0.265	0.084	0.500	0.197	0.256	0.378	0.224	0.067	0.083	0.292	0.172	0.162	0.126
さがほのか	0.250	0.248	0.394	0.206	0.197	0.628	0.267	0.197	0.187	0.155	0.196	0.201	0.124	0.274	0.291
あまおう	0.230	0.204	0.328	0.164	0.256	0.267	0.606	0.225	0.182	0.134	0.169	0.210	0.133	0.227	0.218
さつまおとめ	0.125	0.095	0.265	0.084	0.378	0.197	0.225	0.562	0.193	0.067	0.083	0.231	0.172	0.162	0.126
ひのしずく	0.275	0.240	0.202	0.187	0.224	0.187	0.182	0.193	0.623	0.159	0.161	0.206	0.182	0.169	0.224
やよいひめ	0.302	0.316	0.134	0.223	0.067	0.155	0.134	0.067	0.159	0.673	0.197	0.145	0.158	0.156	0.239
アスカルビー	0.250	0.358	0.167	0.266	0.083	0.196	0.169	0.083	0.161	0.197	0.565	0.175	0.179	0.187	0.237
紅ほっぺ	0.207	0.250	0.217	0.348	0.292	0.201	0.210	0.231	0.206	0.145	0.175	0.542	0.187	0.179	0.196
濃姫 ²	0.193	0.292	0.095	0.202	0.172	0.124	0.133	0.172	0.182	0.158	0.179	0.187	0.500	0.129	0.172
越後姫	0.234	0.259	0.325	0.196	0.162	0.274	0.227	0.162	0.169	0.156	0.187	0.179	0.129	0.559	0.229
ふさの香	0.440	0.345	0.253	0.265	0.126	0.291	0.218	0.126	0.224	0.239	0.237	0.196	0.172	0.229	0.625
平均値 ²	0.254	0.263	0.232	0.220	0.180	0.227	0.210	0.171	0.199	0.175	0.193	0.217	0.170	0.206	0.240

² 平均値は自殖での値を除いて計算した

² ‘さちのか’, ‘濃姫’ は近交係数を0として計算した

いずれも0.5を超え、0.6を超えるものも7品種あった。総当たり交配における近交係数の頻度分布をみると、半数以上の組合せが0.2～0.25の範囲に分布したが、0.3を超える組合せが29.8%（225組合せ中67組合せ）あり、逆に0.2未満の組合せは16.9%（225組合せ中38組合せ）であった。

考 察

1. 交雑実生の近交係数と選抜率

交雑実生の近交係数と実生選抜率との間には、相関が認められなかった。これは、交配は年に30～50組合せの範囲で行ったが、交配組合せごとに交配目的が異なる場合が多く、同一基準で選抜を行っていないためと考えられる。

自殖の場合の近交係数は0.5となるが（共通祖先の近交

係数が0の場合）、近親交配の進んだ品種の自殖ではそれ以上の値となる。本試験では160組合せのうち、自殖の実生は‘とちおとめ’だけであったが、‘とちおとめ’の自殖実生は近交係数が0.63で、草勢の低下が著しく、またほとんどの個体の果実に不受精が認められた（データ省略）。供試ハウスは多数の実生が混在し、ミツバチによる訪花受粉が行われていたことから‘とちおとめ’自殖実生の不受精の原因は、花粉と雌蕊の両方に問題があったものと推察される。

交配組合せの近交係数の頻度分布をみると0.3～0.4が22組合せ、0.4～0.5が10組合せあり、栃木分場の交配母本の近縁程度はかなり高いことが推察できた。

2. 育成系統の近交係数と収量の関係

育成系統の近交係数と収量の間には、弱い負の相関が認められた。カンショでは近交係数が 0.1 を超えると収量の低下が認められ、0.2 を超えると極端に収量が低下する（吉田, 1986）。本試験で用いたイチゴでは 0.3 程度までは極端な収量低下は認められなかった。他殖性作物でも種によって近交弱勢の程度は異なり、倍数性の高いものは近交弱勢の程度が低い傾向があるとされており（角田ら, 1991）、カンショは 6 倍体でイチゴは 8 倍体であることが原因しているかもしれない。

近年育成された品種の多くが 0.25 程度の近交係数であり、0.3 を超える普及品種（‘やよいひめ’）もあること、また近交係数が 0.35 を超える系統の中には、収量が極端に少なく、稔性障害を持つものが見られたことなどから、イチゴにおける近交係数の上限値は 0.3 とすることが妥当であると考えられた。

本研究では、近交係数と量的形質である収量性だけに着目して論じてきたが、実際の交配計画策定には、一般組合せ能力および特定組合せ能力についても十分考慮することが大切である。なぜなら、近交係数が低い組合せでも草勢が弱く収量の低い場合があり、逆に近交係数が高くても草勢が強く収量が高い場合も観察されている（データ省略）。従って、交配組合せの近交係数の把握と、本交配の前に少ない実生を用いて事前に組合せ能力の検定を実施した上で、本交配で大規模に実生育成を行う二段階育種法（森下, 1994, 1997）の組み合わせは、育種の効率化に極めて有効であると考えられる。

なお、糖度、果形、果皮色、硬さ、香気などの果実形質は自殖しても弱勢化はみられず（森下, 1994）、またイチゴの重要病害である炭疽病では、実生集団に病原菌の噴霧接種による淘汰圧を加えた集団間の任意交配による世代更新が、抵抗性遺伝子の集積に極めて有効であることが報告されている（森, 2001, 2003）。上記の理由から自殖系統間交配育種法により‘麗紅’（成川ら, 1981）をはじめとして、その後大果系品種育成のための中間母本‘いちご中間母本農 1 号’や炭疽病抵抗性品種‘サンチーゴ’（森ら, 2000）などが自殖系を利用して育成されている。さらに、自殖系を使った種子繁殖性品種の育成も一部で試みられている（成川・石川, 1997; 齋藤ら, 1998）。

3. 主要品種の近交係数

近年育成された一季成り性の 15 品種の近交係数は、平均が 0.172 で、‘とちおとめ’や‘章姫’、‘さがほのか’、‘あまおう’などの主要品種はいずれも 0.25 前後と高かった。これは交配親として利用頻度が高い‘女峰’と‘とよのか’がそれぞれ 0.171, 0.062 であることと比べ、近親交配が一層進んでいることを示している。また、‘やよいひめ’は戻し交配を行った結果、0.346 と高い値を示した。一方、‘さちのか’と‘濃姫’の近交係数が 0 であるのは、それぞれ‘アイベリー’を直接の親に持つことによる。‘アイベリー’

の育成に関しては、一部で‘麗紅’の偶発実生に‘宝交早生’を交配して育成されたといわれているが、一般的には来歴不詳とされている。仮に、‘アイベリー’が‘麗紅’の偶発実生と‘宝交早生’の交配で育成されたとした場合、‘さちのか’の近交係数は 0.148 となり、‘アイベリー’が育成の途中で親として用いられた品種の近交係数は、本論文で記載した値よりいずれも高い値となる。‘アイベリー’の育成経過については、國久ら（私信）による DNA マーカーを用いた品種識別の結果では、‘麗紅’の偶発実生と‘宝交早生’の交配で育成されたとした場合に、矛盾した遺伝様式を示すマーカーの存在することが示されている。従って‘アイベリー’に関しては、従来の定説どおり来歴不詳として扱って問題ないと考えられる。

育成に関わった総親数と共通親を除いた総親数をみると近年の育成品種は育成過程に多くの共通親を持ち、各品種とも 20 品種程度の親品種が交配に用いられてきたことが明らかになった。

一方、近年注目されている四季成り性品種に関しては、近交係数は多くの品種で 0 か 0.1 以下であった。これは四季成り性の遺伝子をもつ母本が極めて限られていること、四季成り性品種と一季成り性品種の交配が限られた品種間でのみ行われてきたこと、一季成り性品種に比べて品種改良が遅れていることなどの理由が考えられる。‘サマープリンセス’と‘きみのひとみ’は一季成り性品種並の近交係数であったが、育成の過程で共通の一季成り性品種を多く用いたためと考えられる。また、‘サマールビー’は総親数 148, 共通親を除いた総親数でも 44 と一季成り性、四季成り性品種を通して最も多くの親により育成されていたが、近交係数は 0.068 と低い値であった。これは、遺伝的類縁関係の極めて少ない‘サマーベリー’と‘みよし’および‘アスカウェーブ’との交配により育成されたためと考えられる。これらの最大世代数や総親数は、イネで平均の最大世代数が 13.7, 総親数が 493.5, 共通親を除いた総親数が 85.5, コムギで同 8.1, 86.6, 42.8, ビールムギで同 9.3, 147.0, 36.4（吉田, 1998）に比べるとかなり少なく、イチゴの品種育成過程がイネやムギ類よりかなり単純であることを示している。

次に、一季成り性 15 品種の間で総当たり交配をした場合、近交係数の全平均は 0.210 であった。‘とちおとめ’と‘女峰’の平均値はそれぞれ 0.254 と 0.263 となり、他の品種に比べ高い値を示した。これは両品種が他の品種と遺伝的類縁関係が高いことを示しており、この 2 品種は国内で育成されたイチゴの遺伝子をまんべんなく集積して育成された品種といった見方もできる。

交配組合せの近交係数の頻度分布からは、0.25 を超える組合せが半数を超える状況にあり、0.4 を超える自殖に近い組合せもみられた。現状の品種をもとにこのまま品種改良を続けていくと品種の近縁程度は益々高くなっていくことが予想される。このことから、本論文で示した方法によ

り交配後代の近交係数を予め計算し、その値が小さい組合せの交配を行うことにより近親交配を避けるように努めていくべきであろう。

以上のように、近年育成された促成栽培用イチゴ品種は限られた育種素材間で交配を繰り返してきた結果、近交係数が急激に高まっていることが明らかとなった。このままの状態で品種改良を続けていけば、近い将来近交弱勢による草勢および収量の低下、稔性障害による不受精果の発生など重大な問題を引き起こすことが懸念される。すでに‘とちおとめ’では天候不良時における不受精果の発生が他品種に比べて多いことが栽培上の大きな問題になっている（稲葉，2001）。

望月（1999a, b）は今後のイチゴ育種の課題として、遺伝資源の収集・評価、近縁野生種の利用、遺伝子組み換え等のバイオテクノロジーを駆使した基盤研究の重要性を指摘している。すでに、近縁野生種の利用（野口ら，1995）や遺伝子組み換え（浅尾ら，1995）による成果も見られているが、実用品種を育成するまでには至っていない。従って、現段階では実用品種を直接の交配親とした交雑育種が、最も確実な方法であると考えられる。近親交配の程度を小さくして近交弱勢を回避しながら、栽培特性や果実特性および耐病性の改良を進めていくためには、遺伝的類縁関係の少ない海外の優良品種を積極的に導入し、育種素材として活用していくことが重要であると考えられる。

謝 辞 農業技術研究機構野菜茶業研究所機能解析部遺伝特性研究室の國久美由紀氏には、未発表のDNAによるイチゴ品種識別データを提供いただきました。ここに記して感謝申し上げます。

摘 要

栄養繁殖作物のイチゴでは、限られた育種材料間での交配を繰り返すため近親交配が問題となる。そこで、近年育成されたイチゴ品種の近交係数を計算した。また、近交係数と収量との関係を調べた。近交係数の計算は推論型言語Prologとパーソナルコンピュータを利用した手軽な処理系で計算プログラムを作成した。交雑実生の近交係数と実生の選抜率との間に相関関係は認められなかった。栃木県農業試験場栃木分場の育成系統（3次選抜系統）の近交係数と収量の関係を調べたところ、 -0.37 （危険率1%）の有意な負の相関が認められた。また、イチゴでは近交係数が0.3程度までであれば、近交弱勢による収量の低下は見られないことが明らかになった。近年育成されたイチゴ品種の近交係数は、一季成り性品種では0.2を超えるものが多く、‘とちおとめ’、‘章姫’、‘さがほのか’、‘あまおう’、‘さつまおとめ’、‘ひのしずく’、‘やよいひめ’はそれぞれ0.261, 0.222, 0.257, 0.213, 0.257, 0.247, 0.346であった。一方、四季成り性品種では‘サマープリンセス’と‘きみのひとみ’の2品種が0.183と0.195でやや高い値であったが、それ以外はいずれも0.1以下であった。代表的な一季成り性品

種15品種の総当たり交配による雑種の近交係数を計算した結果、自殖を除いた近交係数の値は0.067～0.440で平均は0.210となり、近親交配の程度が高くなることが明らかになった。

引用文献

- 浅尾浩史・荒井 滋・西澤洋子・佐藤隆徳・平井正志・日比忠明. 1995. アグロバクテリウムによるイネ・キチナーゼ遺伝子のイチゴへの導入. 育種. 45 (別1): 141.
- Darrow, G. M. 1966. The Strawberry. History, breeding and physiology. Holt, Rinehart and Winston, New York.
- 稲葉幸雄. 2001. イチゴ「とちおとめ」の花粉と雌ずいの受精能力. 栃木農試研報. 50: 51-61.
- 井山審也. 1974. 変異と淘汰. 松尾孝嶺監修. 育種ハンドブック. p. 100-113. 養賢堂. 東京.
- 木村雅行. 1999. 品種の変遷と地域適応. p. 113-120. 野菜園芸大百科イチゴ. 農文協. 東京.
- Kempthorne, O. 1969. An Introduction to Genetic Statistics. p. 72-80. Iowa State University Press. Ames. U.S.A.
- 水田一枝・佐々木昭博・吉田智彦. 1996. 近縁係数のためのPrologによるコンピュータプログラムとそのビール大麦品種の近縁関係の解析への応用. 農業情報研究. 5: 19-28.
- 水間 豊・猪 貴義・岡田育穂. 1982. p. 156-228. 家畜育種学. 朝倉書店. 東京.
- 森 利樹・戸谷 孝・藤原孝之. 2000. 炭そ病抵抗性品種‘サンチーゴ’の育成. 三重農技研報. 27: 27-36.
- 森 利樹. 2001. イチゴにおける炭そ病抵抗性の遺伝と選抜反応. 三重農技研報. 28: 15-21.
- 森 利樹. 2003. イチゴ炭疽病抵抗性の遺伝特性と育種. 植物防疫. 57: 271-275.
- 森下昌三. 1994. イチゴの品質・収量に関する育種学的研究. 野菜茶試研報. A8: 1-53.
- 森下昌三. 1997. イチゴの育種. 農業技術. 52: 22-26.
- 望月龍也. 1999a. わが国におけるイチゴ育種研究の現状と今後の課題 [1]. 農及園. 74: 539-545.
- 望月龍也. 1999b. わが国におけるイチゴ育種研究の現状と今後の課題 [2]. 農及園. 74: 659-663.
- 成川 昇・石橋光治・荻原佐太郎・土岐知久. 1981. イチゴ新品種「麗紅」の育成経過と特性. 千葉農試研報. 22: 45-55.
- 成川 昇・石川正美. 1997. 実生栽培用イチゴ品種の育成. 園学雑. 66 (別2): 464-465.
- 野口裕司・望月龍也・曾根一純. 1995. 試験管内倍加法による *Fragaria* × *ananassa* と *F. nilgerrensis* との着果性に優れる種間雑種の作出. 園学雑. 64 (別1): 342-343.
- 柴山悦哉・桜川貴史・荻野達也. 1986. Prolog-KABA 入門. p. 301. 岩波書店. 東京.
- 齋藤弥生子・番 喜宏・菅原真治. 1998. イチゴ種子繁殖

- F₁品種の育成に関する研究—F₁組合せ検定—. 園学雑. 67 (別 2): 327.
- 角田重三郎ほか. 1991. 新版植物育種学. p. 67. 文永堂出版. 東京.
- Wright, S. 1922. Coefficients of inbreeding and relationship. Amer. Nat. 56: 330–338.
- 吉田智彦. 1985. カンショ育成系統の近交係数. 育雑. 35. 464–468.
- 吉田智彦. 1986. カンショの近交係数と収量との関係. 育雑. 36: 409–415.
- 吉田智彦. 1998. 最近育成の稲麦品種の家系分析. 農業技術. 53: 504–507.
- 吉田智彦. 2003. 数種の栄養繁殖作物で近年育成された品種の近親交配の程度. 日作紀. 72: 309–313.
- 吉田智彦. 2004. Windows による作物品種の家系分析用 Prolog プログラムの作成. 日作関東支部報. 19: 54–55.