

アブラナ類合成三基六倍体の戻し交雑

武田 豊藏・高橋 修*

(1985年6月29日受理)

種間雑種はそれ自体が有用な実用形質をもつ場合もあるが、多くは農業上有用でない形質を合わせもつことが多い。その改良のために有用形質を備えた栽培種の戻し交雑によって改良をはかるのが普通である。

合成した三基六倍体植物 CaC-334(*Brassica carinata* × *B. campestris*, ゲノム BC×A) および JO-125 (*B. juncea* × *B. oleracea*, ゲノム AB×C) はアブラナ属の基本ゲノム A, B, C, 総てを合わせもつので、アブラナ類の種間雑種による遺伝子導入の橋渡し植物としての利用の可能性が考えられた(武田1983)。本研究はその第一段階として戻し交雑によるBF₁植物(戻し交雑F₁)の作成により、その戻し交雑総性やBF₁植物の特性から橋渡し植物としての利用の可能性を検討しようとするものである。

材料および方法

合成三基六倍体: CaC-334 (*B. carinata* × *B. campestris*) F₁ 複二倍体の後代, 以下 CaC-334 と略称。JO-125 (*B. juncea* × *B. oleracea*) F₁ 複二倍体の後代, 以下 JO-125 と略称。合成後、著者の下で継代しているもので前者は15世代経過、後者は9世代を経過したものである。戻し交雑の父本としては次の様な植物を用いた。

二基種: *Brassica carinata* アビシニアガラシ (ゲノム BC)

B. juncea 青森黄カラシナ (ゲノム AB)

B. napus 西洋ナタネ (ゲノム AC)

一基種: *B. nigra* クロガラシ (ゲノム B)

B. oleracea サボイカンラン (ゲノム C)

var. alboglabra 芥藍 (ゲノム C)

B. campestris 白菜, サルソン, 紅菜苔 (ゲノム A)

これら材料植物は常法として9月初旬催芽育苗し10月中旬素焼鉢に移植しビニールハウス内に置き冬季間はさらにトンネルによる保温マット被覆をした。交配は前日除雄袋掛をし、翌日交配後再び袋掛をした。収穫後の総性は1英当りの粒数で示した。

実験結果

1. 戻し交雑総性

CaC-334 に対する戻し交雑総性。CaC-334 を母本にしてこれにアブラナ類の二基種(ゲノム

* 岩手大学教育学部

BC, AB, AC) および一基種 (ゲノム B, C, A) を交雑した結果を表 1 に示した。交配花数が 65~432 花で 8 粒から 453 粒の種子が得られた。組合わせ間の比較のため 1 莢当りの平均種子数をみると花粉親に二基種親と一基種親を用いた場合で明らかな差があり前者の場合が交雑稔性が高い。

表 1. CaC-334 × 二基種および一基種の交雑稔性

組 合 わ せ	交配花数	種 子 数	一花当種子数
CaC-334 × <i>B. carinata</i>	65	110	1.69
CaC-334 × <i>B. juncea</i>	91	429	4.70
CaC-334 × <i>B. napus</i>	113	453	4.01
CaC-334 × <i>B. nigra</i>	291	49	0.16
CaC-334 × <i>B. oleracea</i>	296	8	0.03
CaC-334 × <i>var. alboglabra</i> ...			
CaC-334 × <i>B. campestris</i>	432	148	0.34

表 2. JO-125 × 二基種および一基種の交雑稔性

組 合 わ せ	交配花数	種 子 数	一花当種子数
JO-125 × <i>B. carinata</i>	77	220	2.90
JO-125 × <i>B. juncea</i>	195	677	3.50
JO-125 × <i>B. napus</i>	19	74	3.90
JO-125 × <i>var. alboglabra</i>	126	5	0.04
JO-125 × <i>B. campestris</i>	122	44	0.35

JO-125 に対する戻し交雑稔性。JO-125 を母本にしてこれに CaC-334 の場合と同様にアブラナ類の二基種 (ゲノム BC, AB, AC) および一基種 (ゲノム C, A) を交雑した結果を表 2 に示した。19 花から 195 花交配し 5 粒から 677 粒の種子が得られた。この場合も CaC-334 の場合同様花粉親に二基種を用いた場合と一基種を用いた場合で明らかな差がみられ、二基種親を花粉親にした場合の交雑稔性が高い。この様に合成三基六倍体 CaC-334 および JO-125 に対する戻し交雑稔性は二基種を花粉親にした場合が高く一基種を花粉親にした場合は低いが何れの場合も BF₁ 種子が得られることが明らかになった。

2. BF₁ 植物の生育特性

[CaC-334 × 二基種] (1) CaC-334 × *B. carinata* 110 粒の種子を得たがこの中から 10 個体の BF₁ 植物を養成した。葉は丸型を帯びた大型の葉で基部に深い切れ込みがあり、紫赤色の色素は少なく未展開の中心部の小さな葉に限られていた。生育は極めて旺盛であった。開花始めの時期は個体により差があり 3 月中旬から 4 月上旬で 3 月下旬から 4 月上旬に開花するものが大部分であった。花色は黄で大きさはアブラナ類の中では中型に属し花粉の放出は良好である。草だけは比較的斉一であり 130~165cm の間である。放任受粉でのサヤの着き方は CaC-334 よりもややキヤリナータに近い。

(2) CaC-334 × *B. juncea* 花粉親として青森黄カラシナを用い 429 粒の大量の種子を得た。この中から 12 個体の BF₁ 植物を養成した。この植物は葉の切れ込みが深くやや細身の葉で紫赤色の色素をもち、葉質は軟らかい感じである。12 個体の開花始めの時期は 3 月下旬から 5 月上

旬にわたるが個体差は他の組合せに比較し少なかった。花色は黄で大きさは中型、花粉の放出は良い。草たけは 150~220cm で今回の実験の中で最も高い草たけを示した。サヤの着き方は青森黄カラシナ型で小さなサヤが密に着生した。

(3) CaC-334 × *B. napus* 453粒の種子を得たものから BF₁ 15個体を養成した。栄養生長期の植物は葉色が幾分ナタネ寄りの色彩をもち旺盛な生育を示した。15個体の開花始めの時期は3月中旬から4月上旬にわたっている。花色は黄色で形はやや大型で花粉の放出は良好である。草たけは 100~180cmの範囲で140~150cmのことが多い。サヤの着き方はナタネに近かった。

[CaC-334 × 一基種] (1) CaC-334 × *B. nigra* 291花交配し49粒の種子を得この種子から10個体の BF₁植物を養成した。このうち3個体は抽苔前に枯死、栄養生長期の植物は葉縁の切れ込みが深く葉の表面はザラザラの感じで *B. nigra* に似ており (写真2, 6), 然し紫赤色の色素をもつ。開花始めの時期は3月下旬から4月上旬で花色は黄色で小型花である。花粉の放出は3個体でよく他は不良であった。放任受粉でのサヤの着き方は *B. nigra* に類似のものと CaC-334 に類似のものがあつた。

(2) CaC-334 × *B. oleracea* および CaC-334 × *var. alboglabra* 296花交配し8粒の種子を得この種子から BF₁ 3個体を養成したが *B. oleracea* 花粉親を用いた2個体は抽苔前に枯死した。栄養生長期の植物は葉が丸味を帯び周辺部の欠刻は粗で葉が波状の形をして紫赤色の色素をもつ生育旺盛なものであつた。開花は3月中旬で花色は白で大型でアルボグラブラに似る。花粉の放出は不良で草たけは140cmで葉にカンラン類特有のろう質がみられる。

(3) CaC-334 × *B. campestris* a) CaC-334 × 白菜 90花交配し31粒の種子を得たものから8個体の BF₁植物を養成した。植物体は CaC-334植物に近く葉身の形、色特に特有の紫赤色の色素をもつ濃緑色で白菜型の淡緑色ではない。開花期は3月下旬が5個体、4月上旬が4個体に分かれた。個体数が少ないにもかかわらず開花始めの時期の巾が広がっている。花色は黄色で中型の大きさの花である。草たけは4個体が 140~150cm 4個体が 180~200cmであつた。放任受粉でのサヤの着き方は CaC-334と白菜の中間的形を示した。

b) CaC-334 × イエローサルソン 158花交配し23粒の種子を得た。この種子を用いて BF₁植物3個体を養成した。栄養生長期の植物は CaC-334 × 白菜の場合に類似していた。すなわち葉に紫赤色の色素をもち濃緑色の葉で平滑な面をもつ。開花始めの時期は3月下旬終り頃と4月上旬始めに接近して開花し、花粉の放出は草たけの低い1個体は良好であつたが他は不良であつた。花色は黄で草たけの低いものは中型の大きさ、高いものは大型の花であつた。草たけは2個体が 100~120cm, 1個体が 200cmであつた。放任受粉でのサヤはほとんど着かず不稔のようであつた。

c) CaC × 菜心 188花交配し94粒の種子を得た、花粉親にした *Campestris* グループの中では最も高い交雑総性を示した。この種子の中から7個体の BF₁植物を養成した。栄養生長期の植物は花粉親に白菜、イエローサルソンを用いた場合よりも少し小型であり、開花期は本実験の中で最も早い3月下旬であつた。葉色は紫赤色の色素をもち少し明かるい緑色を示した。草たけは5個体が 60~130cm, 1個体は 180cmで1個体は枯死した。花は小さく花粉の放出が良いものは草たけの低いものに1個体あり他は不良であつた。

[JO-125 × 二基種] (1) JO-125 × *B. carinata* 77花の交配で220粒の多量の種子を得てこの種子から14個体の BF₁植物を養成した。この植物は葉の基部に深い切れ込みがあり葉身の上

部は丸味を帯びて花粉親のキャリナータに近い形を示し紫赤色の色素をもっている。各個体の開花始めの時期は3月下旬から4月下旬にまたがり個体による開花期の差は大きい。花色は黄色からクリーム色に近い黄色のものまであり、花型は大型である。花粉の放出はすべての個体で良好である。分枝は茎の下部から主茎が数本生じ2次分枝までである。草たけは55~180cmで1個体のみ120cmのものがあつた。放任でサヤの着生はJO-125とキャリナータの中間的形質を示し、枝頂のサヤが少し畸型化するのがみられた。

(2) JO-125×*B. juncea* 195花交配し677粒の多量の種子を得た。本実験では最も大量の種子が得られた。この種子を用い16個体のBF₁植物を養成した、葉には深い切れ込みがあり、紫赤色の色素をもっていた。開花期は非常に遅く4月下旬から5月上旬であり、花色は黄色で花の大きさは小型、花粉の放出は総ての個体で良好である。草たけは130~160cmが7個体、180~200cmの高性のものが9個体であつた。放任受粉でもサヤの着生は良好でJO-125と青森黄カラシナの中間的形態を示した。

(3) JO-125×*B. napus* 19花交配し74粒の種子を得、これから16個体のBF₁植物を養成した。葉は深い切れ込みをもち濃緑色でナプスに近い形であつた。しかし表面はろう質ではない。紫赤色の色素はもたない。開花期は4月上旬から中旬で花色は黄色、サイズは大型で花粉の放出は良好であつた。草たけは140~180cmのもの8個体と200cmのもの11個体の2つのグループに分かれた。サヤの着生は放任でもよく、ナプスのような着生のし方である。

[JO-125×一基種] (1) JO-125×*B. oleracea* var. *alboglabra* 126花交配し、5粒の種子を得た、この種子から3個体のBF₁植物を養成した。栄養生長期の植物は葉が深い切れ込みをもった不規則な形の葉縁をもち、濃緑色でろう質で生育は極めて旺盛である(写真5)。開花期は4月上旬から中旬前半で花色は3個体中2個体が白1個体は黄で、白花のサイズは大で黄花はそれより少し小さかった。花粉の放出は白花の1個体は良好で他の白花1個体と黄花1個体は不良であつた。草たけは130~170cmであり基部から分枝して軟質の長い枝をもつ。

(2) JO-125×イエローサルソン 122花交配し44粒の種子を得た。この種子を用い6個体のBF₁植物を養成した。栄養生長期の葉は葉柄が長く葉身は上半部に発達し周辺部の切れ込みが特に深い、葉面は平滑でなく粗でザラザラの感じで紫赤色の色素がある。この色素は中央部の葉のみでなく外側の葉にも発達している。生育が遅く草姿は細型で貧弱に見えるが越冬性など普通である。開花始期は3月下旬から4月下旬までと巾広く個体による差が大きい。花色は黄でサイズは小型。花粉の放出は不良であつた。草たけは140~160cmが3個体と180~200cmが2個体にわかれ、外に1個体は枯死した。放任でのサヤの着生はほとんどみられないか着生した個体でも、ごく少しかつた。

3. BF₁植物の染色体数

成熟分裂における対合の観察はできなかったが根端細胞で観察した染色体数(写真8)はCaC-334×*alboglabra*で2n=49が観察され、CaC-334×*B. nigra*では2n=48が観察された。

考 察

1 生育特性からのBF₁植物の判定

一般的な生育特性の調査結果からBF₁植物はどの組合わせの場合も交雑に用いた母本と父本の両形質を合わせもつことがいくつかの調査形質でみられ、植物の外観から戻し交雑を進め得

る可能性の判定ができた。然しその程度（形質の類似性または相違性）は組合わせにより異なり一基種を花粉親とした場合の BF_1 植物は二基種を花粉親にした場合よりも母本側の形質に片寄る傾向があるといえる。

2 開花期調査結果からの早晩性形質導入の可能性

戻し交雑後代植物に早生または晩生の形質を導入する際にどの組合わせでどのような熟期に関する遺伝子の導入が期待できるかをみるため第1図を作製した。CaC-334 自体開花期は3月下旬から4月上旬であり、JO-125 自体の開花期は4月下旬から5月中旬と両系統は完全に早生と晩生に分れている。この二つの合成三基六倍体に戻し交雑して得た BF_1 植物の開花はこれら母本の影響を強く受け、それぞれ母本の開花期側に片寄った分布をしている（図1）。反復親による連続戻し交雑によりこの形質もやがて反復親のものに近づくことが考えられるが然し、もし早晩性に関し、より早生側の形質導入をはかろうとする場合は CaC-334 を母本とし、晩生を期待する場合は JO-125 を母本とするのが適切と考えられる。

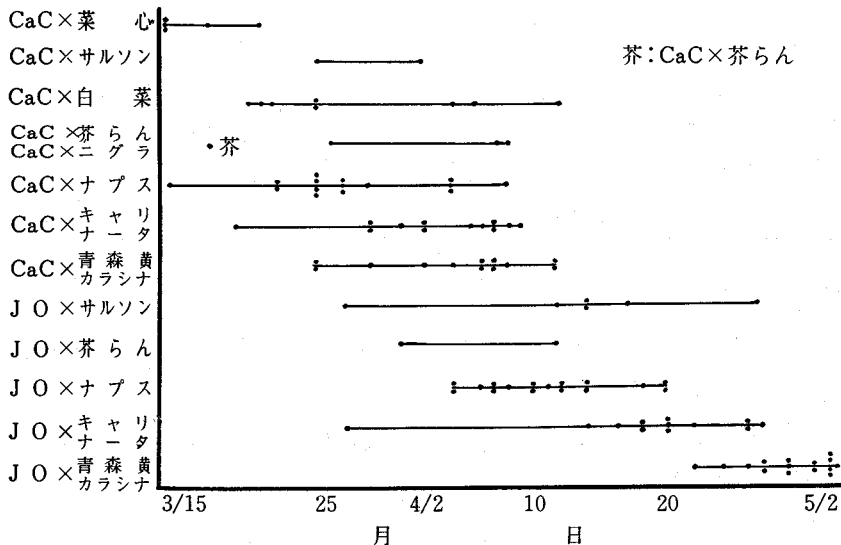


図1 BF_1 植物開花期の個体分布

3 特筆すべき花色の発現

アルグラブラ（芥らん）の花色の白（劣性）が CaC-334 との間でも JO-125 との間でも BF_1 植物に直接発現した。CaC-334 との間では雑種自体が1個体のみでそれが白花、JO-125 との間では3個体のうち2個体が白花で1個体は黄花であった。この現象の説明は単純ではないが何等かの形で白花劣性遺伝子に関して劣性ホモを導く機構の存在が考えられる。

4 組合わせによる戻し交雑の難易性

実験結果から CaC-334 および JO-125 を遺伝子導入の橋渡し植物として利用する場合の最初の交雑の難易が明らかになった。すなわち CaC-334 および JO-125, 三基六倍体 (AA BB CC) に B, C, A, ゲノム種およびそれらの複合種 BC, AB, AC, ゲノム種総てを組合わせた6組合せの稔性について比較すれば難易のあることがわかる。CaC-334 を母本にした場合の難易の程度を一サヤ当りの平均種方数で示すと図2, のようになる。複合ゲノム種との交雑が

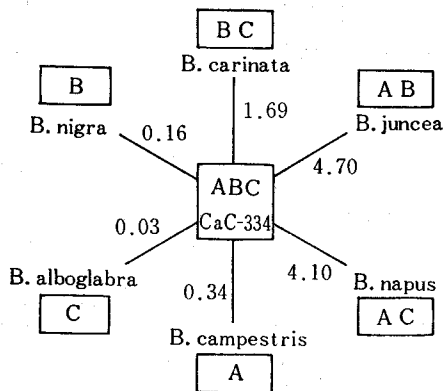


図2 一サヤ当り平均種子数からみた CaC-334 に対する交雑難易性

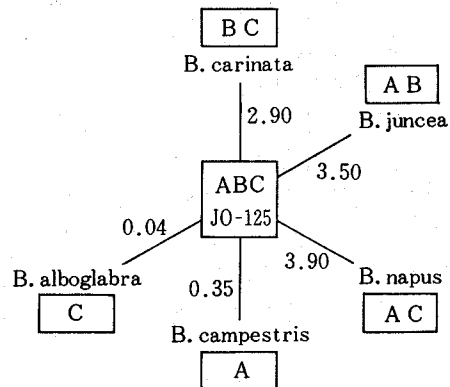


図3 一サヤ当り平均種子数からみた JO-125 に対する交雑難易性

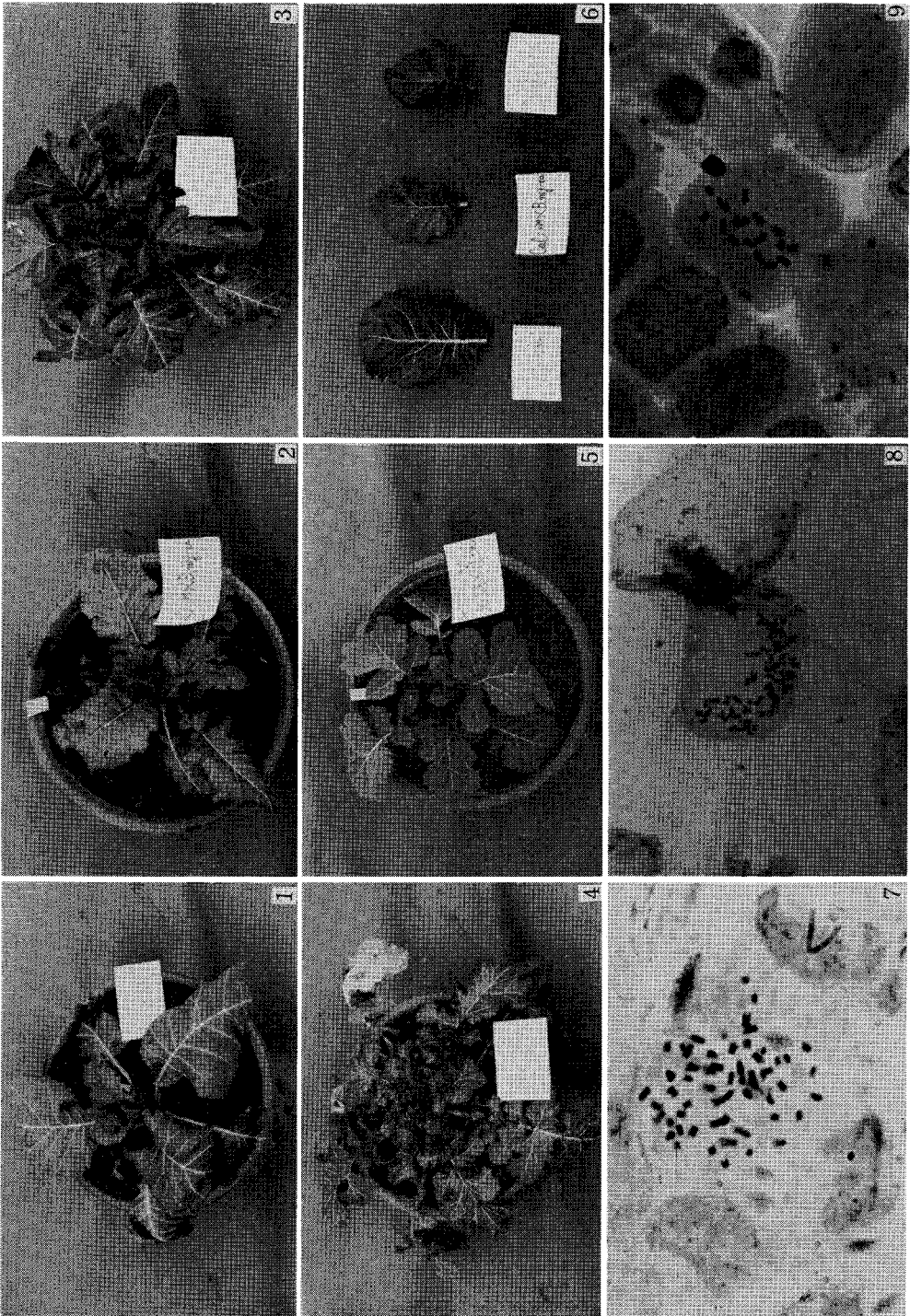
容易でその順位は $AB > AC > BC$ で単一ゲノム種の間では $A > B > C$ である。同様に JO-125 を母本にした場合を図3に示すと CaC-334 の場合同様複合種との交雑が容易で、ただしその順位は $AC > AB > BC$ で一基種の間には B ゲノム種の例を欠くが $A > C$ である。また還元型交雑で必ずしも高稔性を示さず、置換型交雑では CaC-334 では高稔性であるが JO-125 では低い。

三基六倍体に対する複合ゲノム種と単一ゲノム種の交雑稔性の差は一義的には相手になる三基六倍体の中に含まれる相同染色体対の差によるものと考えられる。このように組み合わせ方向による差はあるが、予想通り総ての種に対して交雑稔性をもつことが明らかになった。このことは今後連続戻し交雑により還元型または置換型植物が得られる可能性があると考えられ、したがって関連する種間での遺伝子導入が可能と考えられ、三基六倍体植物の橋渡し植物としての利用が可能である。

本研究の遂行に当り岩手大学教育学部高畑義人博士の有益な御助言と御協力をいただいたことに対し深甚なる謝意を表します。

文 献

- 加藤正弘・金田泉・徳増智 (1985) *Raphanus sativus* による *Brassica oxyrrhina* の核置換. 育, 雑. 35巻, 別刷, 1.
- 松澤康男 (1983) アブラナ属の種間交雑に関する研究. II. *Brassica oleracea* L. と *B. campestris* L. との交雑親和性. 育, 雑. 33巻3号.
- 松澤康男 (1984) アブラナ属の種間交雑に関する研究. III. *Brassica nigra* (n=8群) と *B. campestris* (n=10群) 及び *B. oleracea* (n=9群) との交雑親和性. 育, 雑. 34巻1号.
- 血嶋正雄 (1983) カンランによるハクサイの核置換. 育, 雑. 33巻別刷2.
- 血嶋正雄 (1984) ♀ *Brassica oleracea* × ♂ *Raphanus sativus* の後代植物について. 育, 雑. 34巻別刷1.
- 武田豊蔵 (1983) アブラナ類合成三基六倍体植物に関する研究 ——その安定性と育種の意義—— 岩大, 教育, 研究年報. 42巻2号.
- 山岸博・高柳謙治 (1982) ハクランを橋渡し種とする *Brassica* 属野菜の種間交雑 (第1報) ハクランとハクサイ, キャベツ及びカラシナ類の交雑和合性, 園芸学会, 昭57秋, 講演要旨.



写真図版説明

1. CaC-334 (*Brassica carinata* × *B. campestris*) 合成三基六倍体栄養生長期の植物.
2. CaC-334 × *B. nigra* BF₁ 植物.
3. *B. nigra* (一基種) 栄養生長期の植物.
4. JO-125 (*B. juncea* × *B. oleracea*) 合成三基六倍体植物.
5. JO-125 × *B. oleracea* var. *alboglabra* BF₁ 植物.
6. CaC-334 × *B. nigra* の BF₁ 植物と両親の葉形比較.
7. CaC-334 合成三基六倍体根端細胞の染色体.
8. CaC-334 × *B. oleracea* BF₁ 植物根端細胞の染色体.
9. *B. oleracea* 根端細胞の染色体.