フキ栽培種における2倍体の検索と花穂収穫用交雑実生の作出

小泉丈晴^{1*}・池田 洋²・工藤暢宏²¹群馬県農業技術センター中山間地園芸研究センター 378-0035 沼田市井土上町²群馬県農業技術センター 379-2224 群馬県佐波郡東村Survey of Diploid in Butterbur (*Petasites japonicus* Maxim.) and Production of Hybrid Plants for Harvesting Spikes by CrossingTakeharu Koizumi^{1*}, Hiroshi Ikeda² and Nobuhiro Kudo²¹Horticultural Research Center for Chusankan region, Gunma Agricultural Research Center, Idonoue, Numata 378-0035²Gunma Agricultural Research Center, Azuma, Sawa, Gunma 379-2224

Summary

Butterbur is an important vegetable in Japan. In this paper, we present the results of surveying for diploids among cultivated butterbur and production of hybrid plants for harvesting spikes by crossing. It was possible to estimate ploidy level by flow cytometry in butterbur cultivars. 'Mizubuki' (Gunma), 'Yatsugashira' and 'Line 4' were diploid, and 'Mizubuki' (Tokushima) and 'Kibiji' were triploid. Pollen fertility of male plants of 'Mizubuki' (Gunma), 'Yatsugashira' and 'Line 4' were more than 90% and female plants of 'Mizubuki' (Gunma) were fertile. As a results hybrid plants from 'Mizubuki' (Gunma) × 'Yatsugashira' and 'Mizubuki' (Gunma) × 'Line 4' were obtained. Average spike yield of hybrid plants from 'Mizubuki' (Gunma) × 'Yatsugashira' were heavier than that of 'Mizubuki' (Gunma). There were several hybrid plants that produced many spikes of these hybrid plants, and developed less anthocyanin pigments at the bracts. Therefore, there is a possibility of selecting a new cultivar for harvesting spikes from hybrid plants of 'Mizubuki' (Gunma) × 'Yatsugashira'.

キーワード： 倍数性, フローサイトメトリー, フキ, 花穂, 交雑

緒 言

国内における主なフキの栽培種は「水ブキ」および「愛知早生ブキ」である。フキは雌雄異株であり、「水ブキ」は雄株と雌株があるが、「愛知早生ブキ」は雌株のみで雄株はない(今津・藤下, 1961)。これらの品種はすべて3倍体の不稔であるため、交雑育種は困難である(今津・藤下, 1962a; 1962b)。育成品種には、組織培養中に起こる突然変異を利用した「愛知早生ブキ」由来の「のびすぎでんねん」(岩本, 2000)および「岡山農試 B1 号」(飛川ら, 1998)と野生種のフキから選抜した「吉備路」(大森・池上, 1989)がある。その他の栽培種としては、加工用にわずかに栽培される「秋田大ブキ」, 「秋田青ブキ」および花穂(フキのトウ)がかたまって着生する「ハツ頭」がある(増井, 1967)。

群馬県内では、「水ブキ」の栽培が1956年頃から始まった。主に雌株が用いられ、4月出荷の促成栽培および5月出荷の露地栽培が中山間地域に導入されている。それ

ぞれの作型ともに、葉柄を主に収穫するが、副産物として1~3月に花穂を収穫する。最近では、山菜ブームにより、花穂の需要が増しており、花穂の収穫量が多い品種の育成が望まれている。しかし、花穂の品質が優れ、収穫量が多い品種は無い。さらに、フキにおいて、交配により品種育成を試みた例は無い。稔性のある2倍体のフキとしては、「秋田大ブキ」および「秋田青ブキ」のそれぞれ雄株・雌株が知られているのみであり(今津・藤下, 1962a; 1962b)、栽培種の中で交配親となる稔性のある2倍体フキの有無について十分に検討されていない。また、群馬県在来「水ブキ」は、来歴が明らかではなく(群馬県そ菜技術研究会, 1992)、今津・藤下(1962b)が倍数性を明らかにした「水ブキ」と同一のものは明らかでない。

本研究では、栽培種における倍数性の推定と花粉および種子稔性を明らかにした。さらに、2倍体と推定された雄株と雌株とを交配し、花穂収穫用品種を育成するための知見を得ることを目的とした。

材料および方法

実験 1. フローサイトメトリーによるフキ栽培種の倍数性推定

今津・藤下 (1962b) により倍数性が明らかになっている‘愛知早生ブキ’ (雌株, 3倍体, $2n=87$) を基準として, 群馬県園芸試験場中山間支場 (現群馬県農業技術センター中山間地園芸研究センター) で保有する群馬県在来‘水ブキ’ (雌株), 徳島県在来‘水ブキ’ (雌株), ‘吉備路’ (雌株), ‘ハツ頭’ (雄株), ‘系統 4’ (雄株, 中山間支場選抜系統) を供試した. 各品種から地下茎を 10 本ずつ採取し, 2001 年 4 月 26 日にほ場に植え付けた.

相対核 DNA 量は, 2001 年 9 月 20 日に採取した未展開葉を, Kudo・Kimura (2002) の方法に準じて調整し, フローサイトメーター (PAS 型, Partec 社) を用いて測定した.

実験 2. 2 倍体と推定された栽培種の花粉および種子稔性

実験 1 で 2 倍体と推定された品種のそれぞれ 5 株を 2002 年 2 月 8 日にプラスチックポット (容積 8 liter) に移植し, 花粉稔性および種子稔性を調査した.

花粉稔性調査には, 群馬県在来‘水ブキ’, ‘ハツ頭’お

よび‘系統 4’の雄株を用いた. 2002 年 4 月 2 日にそれぞれの品種とも 5 小花を採取した. 花粉を 1% コットンブルー液で染色し, 1 小花ごとに 100 粒の花粉を観察した. 花粉が青く染まり, 内容の充実した丸い花粉を稔性花粉とした.

種子稔性調査には, 群馬県在来‘水ブキ’の雌株を用いた. ガラス室内で開花最盛期にある雌株の柱頭に, ‘ハツ頭’および‘系統 4’の雄株から採取した開花当日の花粉を, 2002 年 2 月 25 日から 1 週間連日受粉した. 熟した種子を無作為に採種し, 3 月 25 日に‘ハツ頭’, ‘系統 4’を花粉親とした種子それぞれ 1,000 粒, 256 粒を培養土を詰めたセルトレイに播種した. その後, セルトレイを最低温度を 18°C に設定したガラス室内の小トンネル内で管理し, 5 月 8 日に発芽率を調査した.

実験 3. 交配により得られた実生の特性および花穂発生

実験 2 で得られた群馬県在来‘水ブキ’×‘ハツ頭’の実生 599 株, 群馬県在来‘水ブキ’×‘系統 4’の実生 194 株およびそれぞれの交配親 40 株を, 2002 年 5 月 8 日に培養土を詰めた直径 10.5 cm のポリポットに移植し, 6 月 4 日に中山間支場内のほ場に定植した株を用いた.

第 1 図 フローサイトメトリーによる栽培フキの相対的な核 DNA 量の推定

実験2で得られた実生の交雑検定は、交配親および交配により得られた実生の葉身色および葉柄のアントシアニンの発生を比較することによって行った。交配親および実生ともに図2、図3に示したとおり、品種登録の特性審査基準(農林水産省)を参考とし、葉身色では1~4の4段階、葉柄のアントシアニン発生では0~5の6段階に指数を与えた。交配親の葉身色および葉柄のアントシアニン発生については、10月21日にそれぞれ群馬県在来‘水ブキ’(4, 1), ‘ハツ頭’(1, 4), ‘系統4’(3, 1)と判断し基準値とした。群馬県在来‘水ブキ’×‘ハツ頭’および群馬県在来‘水ブキ’×‘系統4’の実生については、それぞれ100株ずつを調査した。また、群馬県在来‘水ブキ’×‘ハツ頭’, 群馬県在来‘水ブキ’×‘系統4’の実生およびその交配親のそれぞれ40株について、花穂の発生数および重量を2003年2月28日に調査した。

結 果

実験1. フローサイトメトリーによるフキ栽培種の倍数性推定

‘愛知早生ブキ’と各供試品種のX軸のピークの位置(channel number)を比較すると、徳島県在来‘水ブキ’, ‘吉備路’のピークの位置は‘愛知早生ブキ’とほぼ同じで、この2品種は3倍体であると考えられた。一方、群馬県在来‘水ブキ’(雌株), ‘ハツ頭’および‘系統4’の3品種のピークは‘愛知早生ブキ’のピークより低い位置に現れ、‘愛知早生ブキ’のピーク位置との比が2:3になるため、2倍体であると判断された(第1図)。

実験2. 2倍体と推定された栽培種の花粉および種子稔性

検鏡の結果、群馬県在来‘水ブキ’, ‘ハツ頭’および‘系統4’の花粉稔性は、96%以上と高かった(第1表)。群馬県在来‘水ブキ’(雌株)の種子発芽率は、花粉親が‘ハツ頭’の場合では59.9%, ‘系統4’の場合では75.8%であった(第2表)。これらの結果から、群馬県在来‘水ブキ’×‘ハツ頭’および群馬県在来‘水ブキ’×‘系統4’の交配は可能であると判断された。

実験3. 交配により得られた実生の特性および花穂発生

交配親の指数に大きな差がある群馬県在来‘水ブキ’×‘ハツ頭’の実生の葉身色および葉柄のアントシアニン発生は、交配親の中間的な発生指数を示す個体が多かった(第2図)。群馬県在来‘水ブキ’×‘ハツ頭’で得られた実生の花穂発生数および1穂当たり花穂重の平均値は、それぞれ22.7本, 8.2gであった。これは群馬県在来‘水ブキ’よりも花穂発生数で優り、1穂当たり花穂重でやや劣るが、収穫量は約1.8倍となった(第3表)。これらの実生株の中には、‘ハツ頭’のように花穂発生数が多く、群馬県在来‘水ブキ’のように1穂当たり花穂重が重く、苞のアントシアニンの発生が少ない優れた個体が出現した

第1表 群馬県在来‘水ブキ’, ‘ハツ頭’および‘系統4’の花粉稔性

品 種	稔性花粉 (%)
群馬県在来水ブキ(雄株)	96.0±1.1 [*]
ハツ頭(雄株)	96.6±0.6
系統4(雄株)	99.6±0.2

^{*} 平均値±標準誤差 (n=5)

第2表 群馬県在来‘水ブキ’×‘ハツ頭’および群馬県在来‘水ブキ’×‘系統4’の種子発芽率

花粉親	播種(粒)	発芽(粒)	発芽率 (%)
ハツ頭(雄株)	1,000	599	59.9
系統4(雄株)	256	194	75.8

第3表 群馬県在来‘水ブキ’×‘ハツ頭’, 群馬県在来‘水ブキ’×‘系統4’の実生および交配親の花穂(トウ)発生

交配実生および交配親	花穂発生数(株 ⁻¹)	花穂1個重(g)
群馬県在来水ブキ×ハツ頭	22.7±2.6 [*]	8.2±0.4 [*]
群馬県在来水ブキ×系統4	14.5±1.7	8.7±0.4
群馬県在来水ブキ(雌株)	10.6±0.7	9.7±0.3
ハツ頭(雄株)	28.5±1.3	5.9±0.2
系統4(雄株)	15.4±1.0	5.8±0.3

^{*} 平均値±標準誤差 (n=40)

(第4図, 第6図)。

一方、群馬県在来‘水ブキ’×‘系統4’で得られた実生の花穂発生数および1穂当たり花穂重の平均値は、それぞれ14.5本, 8.7gであった。群馬県在来‘水ブキ’よりも花穂発生数では上回ったものの、収穫量に有意な差は認められなかった(第3表)。交配親の指数に大きな差が無い群馬県在来‘水ブキ’×‘系統4’の実生では、指数の変動幅が小さく、交配親に近い指数を示す個体が多かった(第3図)。

考 察

現在、国内において主に栽培されている‘水ブキ’および‘愛知早生ブキ’は、野生種フキの中から選抜され、今日までその地下茎の分割増殖が繰り返されてきたと考えられている(今津・藤下, 1962a)。北海道から屋久島に至る201か所から収集した野生種フキには、2倍体および3倍体が存在し、それぞれの染色体数は、58本および87本である(今津・藤下, 1962b)。供試した栽培フキのフローサイトメトリーによる相対核DNA量の測定結果から、徳島県在来‘水ブキ’, ‘吉備路’は3倍体であり、群馬県在来‘水ブキ’(雌株), ‘ハツ頭’, および‘系統4’は2倍体であると考えられる。群馬県在来‘水ブキ’(雌株)と‘愛

第2図 群馬県在来『水ブキ』×『ハツ頭』により得られた実生と交配親との葉身色および葉柄のアントシアニン発生指数比較

² 葉柄のアントシアニン発生指数 0:発生なし, 1:僅かに発生, 2:少発生, 3:中発生, 4:多発生, 5:全面に発生

^y 葉身色指数 1:淡い緑, 2:やや淡い緑, 3:中程度の緑, 4:濃い緑

^x ●:1~5個体, ●:6~10個体, ●:11個体以上, 実生調査数(n=100)

^w ◎:群馬県在来『水ブキ』(4, 1), 『ハツ頭』(1, 4)を基準値

第3図 群馬県在来『水ブキ』×『系統4』により得られた実生と交配親との葉身色および葉柄のアントシアニン発生指数比較

² 葉柄のアントシアニン発生指数 0:発生なし, 1:僅かに発生, 2:少発生, 3:中発生, 4:多発生, 5:全面に発生

^y 葉身色指数 1:淡い緑, 2:やや淡い緑, 3:中程度の緑, 4:濃い緑

^x ●:1~5個体, ●:6~10個体, ●:11個体以上, 実生調査数(n=100)

^w ◎:群馬県在来『水ブキ』(4, 1), 『系統4』(3, 1)を基準値

第4図 群馬県在来『水ブキ』×『ハツ頭』の実生および交配親の花穂数および花穂重

^z ●:群馬県在来『水ブキ』および『ハツ頭』の花穂数および花穂重の平均値, n=40

^y ○:群馬県在来『水ブキ』×『ハツ頭』実生それぞれの株の花穂数および花穂重, n=40

第5図 群馬県在来『水ブキ』×『系統4』の実生および交配親の花穂数および花穂重

^z ●:群馬県在来『水ブキ』および『系統4』の花穂数および花穂重の平均値, n=40

^y ○:群馬県在来『水ブキ』×『系統4』実生それぞれの株の花穂数および花穂重, n=40

群馬県在来『水ブキ』(雌株)

群馬県在来『水ブキ』×『ハツ頭』

『ハツ頭』

第6図 群馬県在来『水ブキ』×『ハツ頭』により得られた実生の花穂発生状況

知早生ブキ'を同時にフローサイトメトリーにかけると、明瞭な2つのピークが得られるため(第1図)、他の栽培種の倍数性もフローサイトメトリーで容易に推定可能であると考えられた。

今津・藤下(1962b)によると、'水ブキ'は雄株および雌株ともに3倍体であるとされるが、群馬県在来'水ブキ'については2倍体であり、それとは異なる系統であると考えられた。今津・藤下(1962a; 1962b)によると、3倍体のフキは不稔性で、雄株は正常花粉を形成せず、雌株は稔実種子を生産しない。しかし、2倍体のフキは稔性が高く、雌株には多数の発芽力がある種子が稔実し、雄株は90%前後の高い割合で正常花粉を生産する。栽培種としては、'秋田大ブキ'(2倍体)および'秋田青ブキ'(2倍体)に稔性がある。群馬県在来'水ブキ'および実験1で2倍体と推定された'ハツ頭'、'系統4'の花粉稔性は高く、群馬県在来'水ブキ'の種子発芽率についても比較的高かった。フキには2倍体と3倍体しか存在しないとされることから(今津・藤下, 1962b)、これらの品種が2倍体であることが裏付けられ、'秋田大ブキ'および'秋田青ブキ'とともに交雑育種の素材としての利用の可能が示唆された。

'ハツ頭'は花穂がかたまて多く着生する品種である(増井, 1967)。群馬県在来'水ブキ'(雌株)に'ハツ頭'を交配して得られた実生には、'ハツ頭'のように花穂発生数が多く、さらに群馬県在来'水ブキ'のように1穂当たり花穂重が重く、苞のアントシアニンの発生が少ない優れた個体が出現した。したがって、この組み合わせ交配から得られた実生個体の選抜によって、新たな花穂収獲用品種が育成できる可能性は高いと考えられた。

摘 要

1. フローサイトメトリーによる相対的核DNA量の測定から栽培フキの倍数性を推定すると、群馬県在来'水ブキ'(雌株)、'ハツ頭'、'系統4'は2倍体、徳島県在来'水ブキ'、'吉備路'は3倍体であると考えられた。

2. 群馬県在来'水ブキ'、'ハツ頭'および'系統4'の花粉稔性は高く、群馬県在来'水ブキ'の種子発芽率につ

いても比較的高かった。

3. 群馬県在来'水ブキ'×'ハツ頭'および群馬県在来'水ブキ'×'系統4'の交雑は可能であった。

4. 群馬県在来'水ブキ'×'ハツ頭'で得られた実生から、花穂収獲量の多い、品質の優れた個体が出現した。したがって、この組み合わせ交配から得られた実生個体の選抜によって花穂収獲用品種が育成できる可能性は高いと考えられた。

謝 辞 本試験の実施に際し、ご協力頂いた群馬県農業技術センター中山間地園芸研究センター松波達也センター長および町田安雄課長(現在群馬県フラワー協会)ならびに群馬県農業技術センター木村康夫グループリーダーに深く感謝します。

引用文献

- 群馬県そ菜技術研究会. 1992. 群馬の野菜産地. p. 178-179.
群馬県そ菜技術研究会. 群馬.
今津 正・藤下典之. 1961. 栽培および野生フキの形態, 生態ならびに細胞学的研究(第2報). 園学雑. 30: 291-298.
今津 正・藤下典之. 1962a. 栽培および野生フキの形態, 生態ならびに細胞学的研究(第3報). 園学雑. 31: 23-29.
今津 正・藤下典之. 1962b. 栽培および野生フキの形態, 生態ならびに細胞学的研究(第4報). 園学雑. 31: 293-302.
岩本 嗣. 2000. ソマクローナル変異選抜法によるフキの育種. 農及園. 75: 241-247.
Kudo, N. and Y. Kimura. 2002. Nuclear DNA endoreduplication during petal development in cabbage: relationship between ploidy levels and cell size J. Ex. Bot. 53: 1017-1023.
増井貞雄. 1967. 特産シリーズフキ. p. 15-20. 農文協. 東京.
大森豊徳・池上博人. 1989. フキ新品種「吉備路」育成経過と特性. 園学中四国支部要旨. 28: 37.
飛川光治・信森達也・内藤恭典・岡武三郎・川合貴雄・石田喜久男・木本英照・新井新太郎. 1998. フキの新品種「岡山農試B1号」の育成. 岡山農試研報. 16: 21-23.