

ギニアグラス有性生殖系統の選抜(1)

幸喜香織 蝦名真澄

I 要 約

一年生四倍体有性生殖，中間母本「農1号」と四倍体アポミクシス品種「ナツユタカ」の交配によって得られた集団から、稔実率の高いギニアグラス有性生殖個体を選抜し、特性調査を行ったところ、その結果は以下のとおりであった。

1. ID 番号 418-32-2 は稈長が短く，小型であり，生草収量，乾物収量は低いが，乾物消化率の高い有性生殖個体であった。
2. ID418-77-3 は稈長が長く，大型であり，生草収量，乾物収量が高い有性生殖個体であった。
3. ID418-83-4 は乾物収量がパイカジ並であったが，乾物消化率が選抜した有性生殖個体では低い有性生殖個体であった。

II 緒 言

1972年，1973年にアフリカから収集された¹⁾ギニアグラスの中に有性生殖個体が発見され²⁾，アポミクシスで交雑育種が困難であったギニアグラス育種の交雑育種に大きく貢献した。1981年にタンザニアを中心にギニアグラスの有性生殖系統の探索が行われ³⁾，新たに15の有性生殖系統が発見されている⁴⁾。中島⁵⁾は有性生殖系統 S76 とアポミクシス品種「マクエニ」を交雑し，S76 より優れた形質をもつ F1 有性生殖個体を得て，交雑育種の可能性について示唆した。中川ら⁶⁾は異なる有性生殖系統を母本とした交雑 F1 の特性を比較している。中川⁷⁾は一年生二倍体有性生殖「GR297」種子に対してコルヒチン倍化处理を行い，初期生育が旺盛で種子稔性の高い一年生四倍体有性生殖，中間母本「農1号」を育成した。

本試験は「農1号」は一年生であるため，ナツユタカとの交雑により永続性の強い有性生殖系統を得ることを目的とした。

III 材料および方法

1. 供試材料および調査項目

供試材料は四倍体有性生殖「農1号」と四倍体アポミクシス品種「ナツユタカ」の交雑 F1，419 系統の 99 個体である。また，有性生殖「農1号」とアポミクシス品種「ナツユタカ」F1 の放任受粉による交雑 F2，418 系統を圃場に約 500 個体を展開した中から，形態的変異が観察された 14 系統 42 個体である。特性調査の対照品種としては，パイカジ，ナツユタカ，ガットン，琉球 2 号および琉球 3 号を用いた。

交雑 F1，419 系統のアポミクシス率，有性生殖率を胚のう分析法⁶⁾によって調査した。交雑 F2，418 系統は有性生殖率とアポミクシス率を胚のう分析によって調査し，有性生殖個体を選抜した。また，選抜した有性生殖系統の特性調査を実施した。調査項目は草型，稈長，穂長，茎の太さ，葉身長，葉身幅，生草収量，乾物収量，乾物消化率⁸⁾である。

IV 結 果

1. 胚のう分析による農1号×ナツユタカの交雑 F1 の生殖様式

交雑 F1，419 系統の生殖様式を表 1 に示した。有性生殖率が 100%で，生殖様式が有性生殖個体である個体が 49，有性生殖率が 1~99%で，生殖様式がアポミクシスである個体が 46 個体観察され，約 1:1 に

遺伝分離していると考えられた ($\chi^2=0.095$, $P=0.05$)。有性生殖 50 個体には稔性率が 100%である ID 番号 419-60, 419-68, 419-82, 419-93, 419-94, 419-108, 419-109, 419-110 および 419-112 の 9 個体が観察され、それ以外の個体に雌性不稔胚(ab)が多数観察された。アポミクシス 46 個体は複数のアポミクシス胚(nA), アポミクシス胚と有性生殖胚が混在(AS), 複数の有性生殖胚(nS), 空砲胚または細胞塊(V+C)と複雑な形態を示す胚が観察された。有性生殖率の分離は 0~89%と連続的であった。アポミクシス率は 0~88.9%で、稔性率は 68.6~100%であった。

2. 胚のう分析による農1号×ナツユタカの交雑 F2 の生殖様式

交雑 F2, 418 系統の生殖様式を表 1 に示した。生殖様式が有性生殖, アポミクシスである個体に ab および V, C が観察された。稔実率は 100%である個体も認められたが、全体的に低かった。有性生殖率が 100%で、生殖様式が有性生殖を示した個体は 418-17-3, 418-32-2, 418-32-4, 418-32-5, 418-45-1, 418-69-3, 418-77-3 および 418-83-4 の 8 個体であった。その中で、418-17-3 は ab が多く、418-69-3 は V や C が多いため、稔実率が 10.0%, 15.7%と低かった。418-32-4, 418-32-5 および 418-45-1 は一年生であり、枯死した。

稔実率が 70%以上で、多年生の形質を示した 3 系統, 418-32-2, 418-77-3 および 418-83-4 を選抜した。

表1 胚のう分析による農1号×ナツユタカのF1の生殖様式

ID	調査数	アボミクシス胚 有性生殖胚					不稔		稔実率			アボミクシス中 有性生殖中	生殖様式
		1A	nA	AS	IS	nS	V+C	ab	%	%	%		
419-1	20	1	1		11		7		65	15	85	アボミクシス	
419-2	20				19			1	95	0	100	有性生殖	
419-3	20				17			3	85	0	100	有性生殖	
419-4	20				2				85	88	12	アボミクシス	
419-5	20	8	3	1	7		1		95	63	37	アボミクシス	
419-6	15	6		2	7				100	53	47	アボミクシス	
419-8	20				13			7	65	0	100	有性生殖	
419-9	28				13			15	46	0	100	有性生殖	
419-10	20				15			5	75	0	100	有性生殖	
419-12	20	3	1	1	14		1		95	26	74	アボミクシス	
419-13	12	1			8		1	2	75	11	89	アボミクシス	
419-15	20				14			6	70	0	100	有性生殖	
419-17	11	5	3		3				100	73	27	アボミクシス	
419-18	9				9				100	0	100	有性生殖	
419-19	29				28		1		97	0	100	有性生殖	
419-20	9		1		8				100	11	89	アボミクシス	
419-21	5	1	2		2				100	60	40	アボミクシス	
419-22	10	5	2		2	1			100	70	30	アボミクシス	
419-23	11				4			7	36	0	100	有性生殖	
419-24	4	2			2				100	50	50	アボミクシス	
419-25	12	3	1	2	1		5		58	86	14	アボミクシス	
419-27	14	6	4	2	2				100	86	14	アボミクシス	
419-28	7	3	1	1	2				100	71	29	アボミクシス	
419-29	10		2	1	7				100	30	70	アボミクシス	
419-31	18				15			3	83	0	100	有性生殖	
419-32	20				16			4	80	0	100	有性生殖	
419-33	9	5	2				1	1	78	100	0	アボミクシス	
419-34	12	3	3	3	1		2		83	90	10	アボミクシス	
419-36	10	4	2		4				100	60	40	アボミクシス	
419-37	22				21			1	95	0	100	有性生殖	
419-38	6	1	1	1	3				100	50	50	アボミクシス	
419-39	22				14			8	64	0	100	有性生殖	
419-40	9	3	2			2	2	2	78	71	29	アボミクシス	
419-41	16			5	9			2	88	36	64	アボミクシス	
419-42	5	1		1	3				100	40	60	アボミクシス	
419-43	18				13			5	72	0	100	有性生殖	
419-44	7	1			1	1	4		43	33	67	アボミクシス	
419-45	10	5	3	1	1	1			100	90	10	アボミクシス	
419-47	10	9			1				100	90	10	アボミクシス	
419-48	10	4	5			1			100	90	10	アボミクシス	
419-49	5	1	2		1		1	1	80	75	25	アボミクシス	
419-50	6	3	1			1	1		83	80	20	アボミクシス	
419-52	10				9			1	90	0	100	有性生殖	
419-53	10	3	1	1	5				100	50	50	アボミクシス	
419-54	8	1	3		4			3	63	80	20	アボミクシス	
419-57	10	3			1			3	70	43	57	アボミクシス	
419-58	10				5			5	50	0	100	有性生殖	
419-59	10	3	1				5	1	40	100	0	アボミクシス	
419-60	10				10				100	0	100	有性生殖	
419-61	7	4						3	57	100	0	アボミクシス	
419-62	10				9			1	90	0	100	有性生殖	
419-64	10				4			6	40	0	100	有性生殖	
419-67	8				6			2	75	0	100	有性生殖	
419-68	10				10				100	0	100	有性生殖	
419-69	10				5			5	50	0	100	有性生殖	
419-71	10				3			7	30	0	100	有性生殖	
419-75	10	3					7		30	100	0	アボミクシス	
419-76	15	5	1	1			3	5	47	100	0	アボミクシス	
419-77	11	3			5			3	73	38	63	アボミクシス	
419-78	7	3	1		2		1		86	67	33	アボミクシス	
419-80	10	1					9		10	100	0	アボミクシス	
419-81	10	3		1	1		5		50	80	20	アボミクシス	
419-82	8				8				100	0	100	有性生殖	
419-83	8				6			2	75	0	100	有性生殖	
419-84	10				8			2	80	0	100	有性生殖	
419-85	10	6	1	1	1		1		90	89	11	アボミクシス	
419-86	10	6	2			1	1		90	89	11	アボミクシス	
419-87	24	8	2	4	5			5	79	74	26	アボミクシス	
419-88	20				14			6	70	0	100	有性生殖	
419-90	10				8			2	80	0	100	有性生殖	
419-91	10				3			7	30	0	100	有性生殖	
419-92	10				8			2	80	0	100	有性生殖	
419-93	14				14				100	0	100	有性生殖	
419-94	10				10				100	0	100	有性生殖	
419-95	10				8			2	80	0	100	有性生殖	
419-96	10				4			6	40	0	100	有性生殖	
419-99	10				9			1	90	0	100	有性生殖	
419-100	10				9			1	90	0	100	有性生殖	
419-101	23				21			2	91	0	100	有性生殖	
419-102	6	2	1				3		50	100	0	アボミクシス	
419-103	10				5			5	50	0	100	有性生殖	
419-104	16				11			5	69	0	100	有性生殖	
419-107	12				8			4	67	0	100	有性生殖	
419-108	15				15				100	0	100	有性生殖	
419-109	13				13				100	0	100	有性生殖	
419-110	17				17				100	0	100	有性生殖	
419-111	10	6	4						100	100	0	アボミクシス	
419-112	15				15				100	0	100	有性生殖	
419-113	10				4			6	40	0	100	有性生殖	
419-116		11	2	2		5			2	75	25	アボミクシス	
419-117	21				17			4	81	0	100	有性生殖	
419-119	14				8			6	57	0	100	有性生殖	
419-120		15	5	3		2	3	2		92	8	アボミクシス	
419-121	19				14			5	74	0	100	有性生殖	
419-125		0	7			1	3		9	88	13	アボミクシス	
419-126	10				1			9	10	0	100	有性生殖	

注) 1A: アボミクシス胚が1つ存在 nA: アボミクシスが複数存在 SA: 有性生殖胚とアボミクシス
 IS: 有性生殖胚が1つ存在 nS: 有性生殖胚が複数存在 V+C: 空胞胚と細胞胚が存在
 ab: 胚のうが存在しない雌性不稔胚

表2 胚のう分析による島1号×ナツユタカのF2の生殖様式

ID	調査数	アポミクシス胚			有性生殖胚		不稔		稔実率 %	アポミクシス胚 %	有性生殖率 %	生殖様式	備考	選抜
		1A	nA	SA	1S	nS	V+C	ab						
418-1-1	23	15		2	5		1		95.7	73.9	26.1	アポミクシス		
418-1-2	4	2		1			1		75.0	75.0	25.0	アポミクシス		
418-1-5	9	4	3	1	1				100.0	88.9	11.1	アポミクシス		
418-7-1	8	0	4	3	1				100.0	87.5	12.5	アポミクシス		
418-7-2	10	7	1	2					100.0	100.0	0.0	アポミクシス		
418-7-3	21	2		2	16	1			100.0	19.0	81.0	アポミクシス		
418-16-2	9	1	1		2		5		44.4	22.2	77.8	アポミクシス		
418-16-3	4	2			2				100.0	50.0	50.0	アポミクシス		
418-16-4	10	1			2		7		30.0	10.0	90.0	アポミクシス		
418-16-5	16	1			10		5		68.8	6.3	93.8	アポミクシス		
418-17-3	10				1			9	10.0	0.0	100.0	有性生殖	稔実率低	
418-17-4	11	2			5			4	63.6	18.2	81.8	アポミクシス		
418-17-5	9	2		1	4		2		77.8	33.3	66.7	アポミクシス		
418-22-1	6	2			4				100.0	33.3	66.7	アポミクシス		
418-22-2	6	0	1		1			4	33.3	16.7	83.3	アポミクシス		
418-26-1	9	3	1	1	1			3	66.7	55.6	44.4	アポミクシス		
418-26-2	10	1			1			8	20.0	10.0	90.0	アポミクシス		
418-26-3	6	0					6		0.0	0.0	0.0	アポミクシス		
418-26-4	6	0					6		0.0	0.0	0.0	アポミクシス		
418-26-5	8	2			1		5		37.5	25.0	75.0	アポミクシス		
418-29	55	16	3		5		30	1	43.6	34.5	65.5	アポミクシス		
418-30	78	19	1		6		27	25	33.3	25.6	74.4	アポミクシス		
418-32-2	41	0			30	2	2	7	78.0	0.0	100.0	有性生殖	多年生	○
418-32-3	10	6			1		3		70.0	60.0	40.0	アポミクシス		
418-32-4	9	0			9				100.0	0.0	100.0	有性生殖	一年生	
418-32-5	20	0			14		1	5	70.0	0.0	100.0	有性生殖	一年生	
418-45-1	6				3		3		50.0	0.0	100.0	有性生殖	稔実率低	
418-45-2	8	3			3		2		75.0	37.5	62.5	アポミクシス		
418-45-3	6	2			1		3		50.0	33.3	66.7	アポミクシス		
418-45-4	5	3	2						100.0	100.0	0.0	アポミクシス		
418-69-1	11	0		1	3		7		36.4	9.1	90.9	アポミクシス		
418-69-2	4	2	2						100.0	100.0	0.0	アポミクシス		
418-69-3	6	0			1		5		16.7	0.0	100.0	アポミクシス		
418-69-4	10	2			3		5		50.0	20.0	80.0	アポミクシス		
418-69-5	11	1			1		8	1	18.2	9.1	90.9	アポミクシス		
418-77-1	5	2					2	1	40.0	40.0	60.0	アポミクシス		
418-77-2	7	3					4		42.9	42.9	57.1	アポミクシス		
418-77-3	29	0			22		7		75.9	0.0	100.0	有性生殖	多年生	○
418-83-2	13	6	1		1		1	4	61.5	53.8	46.2	アポミクシス		
418-83-4	15	0			11		3	1	73.3	0.0	100.0	有性生殖	多年生	○
418-93	39	11			4	1	19	4	41.0	28.2	71.8	アポミクシス		

注) 1A:アポミクシス胚が1つ存在 nA:アポミクシスが複数存在 SA:有性生殖胚とアポミクシス胚が混在
 1S:有性生殖胚が1つ存在 nS:有性生殖胚が複数存在 V+C:空胞胚と細胞塊が存在 ab:胚のうが存在しない雌性不稔胚

3. 選抜した有性生殖系統の特性

選抜した有性生殖個体の形態特性の結果を表3に示す。418-32-2は稈長が85.0cmと最も短く、乾物収量が0.9kg/株および乾物消化率が54.6%であった。418-77-3は稈長が177.0cmと最も長く、乾物収量が1.9kg/株、乾物消化率が50.8%とパイカジ並であった。418-83-4は乾物収量が1.9kg/株、乾物消化率は47.9%と最も低かった。

表3 選抜した有性生殖系統の特性

品種・系統名	草型	稈長 cm	穂長 cm	茎の太さ mm	葉身長 cm	葉身幅 cm	生草収量 kg/株	乾物収量 kg/株	乾物率 %	乾物消化率 %
418-32-2	3	85.0	25.0	1.1	30.5	1.6	3.1	0.9	29.7	54.6
418-77-3	5	177.0	32.0	2.0	38.0	1.7	7.0	1.9	27.9	50.8
418-83-4	4	124.0	28.0	1.2	35.0	2.0	6.3	1.9	29.7	47.8
パイカジ	7	167.3	28.3	1.2	23.5	1.4	6.3	1.6	24.1	50.2
ガットン	6	140.7	19.0	0.9	34.2	1.7	5.1	1.4	28.6	49.3
ナツユタカ	7	176.7	28.3	1.2	39.7	1.5	4.3	1.4	33.4	48.3
琉球2号	6	131.3	21.7	1.1	25.7	1.6	3.0	0.8	26.8	53.2
琉球3号	3	152.3	68.0	2.3	65.8	2.2	10.8	2.8	26.3	52.9

注) 草型: 1 (直立) ~9 (ほふく) とする9段階評点法。

V 考 察

生殖様式がアポミクシスを示す個体はアポミクシス胚が出現し、有性生殖率が0~99%の個体であり、有性生殖を示す個体はアポミクシス胚が全く出現せずに有性生殖率100%の個体であると定義されている。中島ら⁹⁾は有性生殖²⁾を母本にしてアポミクシス個体と交雑した結果、有性生殖はアポミクシスに

対して劣性で、1 遺伝子によって支配されており、有性生殖とアポミクシスの遺伝分離比は 1:1 で、アポミクシス個体の有性生殖率は連続変異を示したことから、質的遺伝子の関与を示唆している。本試験でも有性生殖「農 1 号」とアポミクシス品種「ナツユタカ」の F1, 419 系統についての胚のう分析を行ったところ、有性生殖とアポミクシスが約 1:1 に遺伝分離し、中島らと同様の結果を得た。また、有性生殖個体には雌性不稔胚、アポミクシス個体には空胞胚や細胞塊が観察され、不稔の原因となっていることが示唆された。また、生殖様式が有性生殖で稔実率が 100%である個体が多数確認されたため、育種・交配への材料として適当であると考えられるので、今後特性調査を実施する。

蝦名ら¹⁰⁾は「農 1 号」と「ナツカゼ」を交配した集団から、ナツカゼの連鎖地図を作製し、アポミクシス遺伝子座近傍に複数 AFLP マーカーを得た。高原らは近傍マーカーの詳細な位置を特定し¹¹⁾、さらにマーカー周辺の塩基配列を既知の塩基配列と BLAST 検索することによって、アポミクシス遺伝子の単離を試みている¹²⁾。F1, 419 系統の胚のう分析の結果を用いて、ナツユタカのアポミクシス近傍マーカーが得られれば、胚のう分析だけではなく、マーカーによる生殖様式の判別が可能になるであろうと考えられる。

有性生殖「農 1 号」とアポミクシス品種「ナツユタカ」F1 の放任受粉による交雑 F2, 418 系統を圃場に展開して、形態的変異が観察された 10 系統 42 個体を胚のう分析した。形態変異が観察された 10 系統は F1, 418 系統が有性生殖であると推察されるが、本試験では個体数が少なかったため、有性生殖個体は 8 個体のみであった。その中から、多年生で、稔実率が 70%以上の個体で、交配用母本として適当な 3 個体を選抜した。

選抜した 418-32-2 は稈長が短く、小型であり、生草収量、乾物収量および乾物消化率が高い有性生殖個体であった。418-77-3 は稈長が長く、大型であり、生草収量、乾物収量がパイカジ並の有性生殖個体であった。418-83-4 は乾物収量がパイカジ並であったが、乾物消化率は最も低い有性生殖個体であった。

VI 引用文献

- 1) 宝示戸貞夫・堀端俊造(1982)アフリカからの新作物探索導入調査報告書, 熱研資料, 58, 120
- 2) Nakajima K, Komatu T, Motizuki N, Suzuki S, (1979) Isolation of diploid and tetraploid sexual plants in guineagrass (*Panicum maximum* Jacq.), Japan J. Breed, 29, 228-238
- 3) 中嶋紘一・中川仁(1989)タンザニアにおける暖地型牧草(主としてギニアグラス)の探索・収集, 植物遺伝資源探索調査報告書, 6, 247-268
- 4) 清水矩宏・佐藤博保・中川仁・中島卓介(1985)アフリカからの新導入ギニアグラスの特性と遺伝子源としての有望性, 九州農業研究, 47, 171
- 5) 中島卓介(1982)ギニアグラスの交雑育種の可能性について, 九州農業研究, 44, 151
- 6) Nakagawa H(1995) Cytogenetical study and breeding of some tropical grass, bull Hiroshima Agri Res Cent, 58, 99-124
- 7) 中川仁(1992) コルヒチン倍化処理法によるギニアグラス四倍体有性生殖系統の育成, 日草誌, 38(2), 152-158
- 8) Goto, I. and Minson D. J. (1977) Prediction of the dry matter digestibility of tropical grass using a pepsin-cellulase assay, *Animal Feed Science and technology*, 2, 247-253
- 9) 中島卓介・望月昇(1982)ギニアグラスにおけるアポミクシスの遺伝, 育種, 35(別 2), 282-283
- 10) Ebina M., Nakagawa H., Yamamoto T., Araya H., Turuta S., Takahara M., and Nakajima K (2005) Co-segregation of AFLP and RAPD makers to apospory in Guineagrass (*panicum maximum* Jacq.), Jap. Soci. Grassland Sci, 51(1), 71-78
- 11) 高原学, 蝦名真澄, 霍田真一, 高溝正, 小林真, 中川仁(2004)ギニアグラスのアポミクシス遺伝子単離に向けた連鎖解析, 日草誌, 50(別), 264-265
- 12) 高原学, 蝦名真澄, 徐美淑, 秋山征夫, 秋山仁美, 稲福政史, 高溝正, 中川仁(2006)ギニアグラスの STS マーカーを用いたアポミクシス遺伝子領域のゲノム断片の推定, 日草誌, 52(別 2), 132-133