

# ギニアグラス新品種「パイカジ」の特性

幸喜香織 蝦名真澄 早坂純\* 稲福政史\*\*  
奥村健治\*\*\*

## I 要 約

ギニアグラス新品種「パイカジ」の特性を「ガットン」、「ナツユタカ」および「ナツコマキ」と比較検討したところ、結果は以下のとおりであった。

1. パイカジの合計乾物収量は今帰仁試験では279~472kg/aとナツユタカ並かガットンより多収、八重山試験では255~278kg/aとナツユタカより劣るがガットンより高い収量であった。
2. パイカジの乾物消化率は年平均で56.0~58.2%と最も高く、ガットンより高い。
3. パイカジの再生程度は各利用年を通じて、供試品種の中で最も良好であり、永続性はガットン並で、多年利用に適している。
4. パイカジはナツユタカより2日遅く出穂し、中生に属する。
5. 2006年の収穫1回当たりの精選種子量は最も高く、採種性に優れている。

以上の結果から、パイカジは現在利用されているナツユタカおよびガットンより、収量性、乾物消化率および採種性が優れている。

## II 緒 言

ギニアグラスは沖縄県の永年草地面積がローズグラスの41.9% (2402ha) に次ぐ22.4% (1284ha) を占める暖地型牧草であり<sup>1)</sup>、サイレージ用として栽培されている。ギニアグラスはローズグラスに比べて早ばつに強く、高温条件で高い収量を示す傾向がある<sup>2, 3)</sup>。1988年、多収性と永続性が改善されたナツユタカが育成された<sup>4)</sup>。しかし出穂後急激に茎が粗剛化し、家畜の嗜好性や消化率が劣る点が指摘され<sup>5, 6)</sup>、消化率を改良した新品種の育成が求められていた。

1990年から1991年に農林水産省熱帯農業研究センター(現:国際農林水産業研究センター)八重山支所にて、有性生殖 N68/96-8-o-8<sup>7)</sup> の放任受粉による交雑後代<sup>8)</sup> から採種し、後代245系統を育成した。1998年から1999年に、このうち209系統を沖縄県畜産試験場(現:沖縄県畜産研究センター)にて特性を評価し、採種性、秋(11月から12月期)の緑度維持、収量性に優れる系統453を選抜した。2002年から2004年に生産力予備試験を実施し<sup>9)</sup>、「琉球1号」の地方系統名を付与した。2006年には「琉球1号」は新品種候補として申請し、ギニアグラス農林4号「パイカジ」として命名登録され<sup>10)</sup>、現在品種登録手続きを行っている。

本報では新品種「パイカジ」の収量性、採種性および形態特性について報告する。

## III 材料および方法

収量性試験は、飼料作物系統適応性検定試験実施要領<sup>11)</sup>に基づいて実施し、採種性試験は熊本牧場の採種性試験の慣行法に基づいて実施した。また、形態特性調査は種苗法(<http://hinsyu.maff.go.jp>)に基づいた調査法で行った。

### 1. 試験地および試験圃場の土壌条件試験方法

1) 収量性試験(今帰仁試験)および形態特性調査: 沖縄県本島北部の沖縄県畜産研究センター内の圃場(N26° 40' 55.8", E127° 56' 27.8")で、土壌は国頭マージの細粒赤色土で、礫が多い酸性土壌である。

2) 収量性試験(八重山試験): 沖縄県石垣市字宮良ジャー原の沖縄県八重山家畜保健衛生所種苗圃内の圃

\* (独) 家畜改良センター熊本牧場 \*\* (独) 畜産草地研究所 \*\*\* (独) 北海道農業研究センター

場 (N24° 20' 42" , E124° 14' 60" ) で、土壌は国頭マージの黄色土で弱酸性土壌である。

3) 採種性試験：熊本県玉名市家畜改良センター熊本牧場 (N32° 50' 56" , E130° 32' 46" ) で、土壌は潟土に黒ボク土を 70cm 客土した圃場である。

## 2. 供試材料および試験方法

### 1) 収量性試験

供試材料はパイカジ、対照品種としてガットン、ナツユタカおよびナツコマキを用いた。供試 4 品種を 2004 年 3 月にジフィーポットに播種し、苗を養成後、今帰仁試験は 4 月 28 日、八重山試験は 5 月 19 日に株を列に並べて移植した。

試験は 2004 年 (利用 1 年目) から 2006 年 (利用 3 年目) にかけて行った。刈取日を表 1 に示す。刈取りは利用 1 年目に 3 回、利用 2, 3 年目に 5 回実施し、琉球 1 号の出穂期を目安に特性調査を行った。生育特性調査では倒伏程度および再生程度を判定した。収量調査は生草収量および乾物収量について行った。乾物消化率はパイカジ、ナツユタカおよびガットンをを用いてそれぞれペプシンセルラーゼ法<sup>1, 2)</sup>により測定した。

表 1 各番草の刈取日

試験地	利用年	刈取日				
		1番草	2番草	3番草	4番草	5番草
今帰仁	1年目	8/ 2	9/30	12/15		
	2年目	5/23	7/28	9/20	11/ 7	12/26
	3年目	5/ 9	7/ 4	8/31	10/18	1/ 5
石垣	1年目	10/ 5	1/12			
	2年目	4/20	6/17	9/8	10/26	12/19
	3年目	5/10	7/12	9/1	11/16	1/23

### 2) 採種性試験

供試材料は 2005 年にパイカジ、ガットン、ナツユタカおよび琉球 2 号、2006 年にパイカジ、ナツカゼ、ナツコマキおよび琉球 2 号である。供試品種系統を 2005 年 5 月 20 日、2006 年 6 月 2 日に株間 0.4m × 畝間 1.0m、1 列 20 株の 4 反復の株植えとした。調査は全ての穂を出穂期の約 10 日後を目安に手刈りで行い (表 2)、出穂数および精選前、精選後種子重量を測定し、精選率を算出した。

表 2 採種性試験の刈取日

採種年	刈取日			
	1回目	2回目	3回目	4回目
2005	8/12~14	9/2~3	11/4	-
2006	8/14~16	9/1~9	9/16	10/17

### 3) 形態特性調査

供試材料はパイカジ、対照品種としてガットン、ナツユタカおよびナツコマキを用いた。2004 年 4 月に 1.5×1.5m の個体植えとし、2005 年 8 月 10 日に夏期 3 番草を用いて調査した。調査項目は出穂始期、茎数、葉身長、葉身幅、稈長、茎の太さ (地際部長径、地際部短径) 穂長、着粒密度、枝梗数、千粒重およびアポミクシス率である。

## IV 結 果

### 1. 収量性調査

#### 1) 生草収量

生草収量を表 3 に示した。

#### (1) 今帰仁試験

パイカジの合計生草収量は利用 1 年目では 1 番草、2 番草で高くなり、合計収量が 748kg/a と最も高く、ナツユタカは 751kg/a であった。利用 2 年目では 2 番草で有意に高く、合計収量が 1244kg/a、ガットン比 125% で、最も多収であった。利用 3 年目はナツユタカが最も高く、2093kg/a、ガットン比 117% であった。パイカジは 2045kg/a、ガットン比 115% で、ナツユタカ並であった。パイカジはどの利用年もガットン及びナツコマキより多収であった。

(2) 八重山試験

パイカジの合計生草収量は利用1年目に1番草で有意に高くなり、335kg/aと最も多収であった。利用2年目のパイカジは2, 3番草でナツユタカ並、4番草でガットン、ナツコマキより高くなり、合計収量が1125kg/a、ガットン比183%であった。利用3年目は合計収量が998kg/a、ガットン比121%で、ガットン、ナツコマキより多収であった。利用2, 3年ともにナツユタカが最も高い合計収量を示した。

表3 生草収量

利用年	品種名	今帰仁					合計	ガットン 比%	八重山					合計	ガットン 比%	
		1番草	2番草	3番草	4番草	5番草			1番草	2番草	3番草	4番草	5番草			
1年目	パイカジ	442	197ab	109	-	-	748	145	196b	139	-	-	-	-	335b	-
	ガットン	239	168ab	109	-	-	517	100	-	-	-	-	-	-	-	-
	ナツユタカ	389	254b	108	-	-	751	145	118a	156	-	-	-	-	274ab	-
	ナツコマキ	282	158a	86	-	-	526	102	106a	91	-	-	-	-	198a	-
	LSD (0.05)	ns	65	ns	-	-	ns	-	58	ns	-	-	-	-	77	-
2年目	パイカジ	316	398b	274	174	83	1244	125	284	271c	260c	190b	121a	1125c	183	
	ガットン	250	301ab	228	148	70	998	100	173	75a	115a	126a	127a	615a	100	
	ナツユタカ	275	314ab	279	196	75	1138	114	348	265c	255c	227c	170b	1264c	205	
	ナツコマキ	200	227a	205	147	65	844	85	286	194b	153b	149a	132a	914b	149	
	LSD (0.05)	ns	104	ns	ns	ns	ns	-	68	38	36	14	151	-	-	
3年目	パイカジ	496b	406	534	361	248	2045c	115	257b	197	288b	139b	117	998	121	
	ガットン	393a	300	504	370	211	1779b	100	205a	172	222a	109a	115	823	100	
	ナツユタカ	492b	375	584	345	296	2093c	117	306c	222	361c	147b	137	1172	142	
	ナツコマキ	359a	271	415	248	206	1499a	84	238a	179	291b	112a	126	946	115	
	LSD (0.05)	99	ns	ns	ns	ns	140	-	38	ns	56	20	ns	ns	-	

注) 異符号間で5%の有意差あり。

2) 乾物収量

乾物収量を表4に示した。

(1) 今帰仁試験

パイカジの合計乾物収量は利用1年目で有意差はみられなかったが、162kg/a、ガットン比123%で、ナツユタカより劣ったが、ガットン、ナツコマキより多収であった。利用2年目のパイカジは279kg/a、ガットン比113%、ナツユタカは280kg/a、ガットン比113%と同等の収量であった。利用3年目ではナツユタカが571kg/a、ガットン比120%と最も多収となり、パイカジは472kg/a、ガットン比100%とガットンと同等であった。どの利用年もパイカジはガットン、ナツコマキより多収であった。

(2) 八重山試験

パイカジの合計乾物収量は利用1年目に1番草で有意に高くなり、85kg/aと最も多収であった。利用2年目にパイカジは2, 3および4番草でガットン、ナツコマキより有意に高く、合計収量が278kg/a、ガットン比155%で、ナツユタカより劣ったがガットンより高い収量であった。また、利用3年目は5番草以外の番草でナツユタカが有意に高く、合計収量もナツユタカが350kg/a、ガットン比146%と最も高い値を示した。パイカジは235kg/a、ガットン比108%であった。

表4 乾物収量

利用年	品種名	今帰仁					合計	ガットン 比%	八重山					合計	ガットン 比%	
		1番草	2番草	3番草	4番草	5番草			1番草	2番草	3番草	4番草	5番草			
1年目	パイカジ	86	45	31	-	-	162	123	52b	34	-	-	-	-	85b	-
	ガットン	57	44	30	-	-	131	100	-	-	-	-	-	-	-	-
	ナツユタカ	94	66	32	-	-	192	146	34a	45	-	-	-	-	79b	-
	ナツコマキ	69	42	25	-	-	137	104	30a	27	-	-	-	-	57a	-
	LSD (0.05)	ns	ns	ns	-	-	ns	-	12	ns	-	-	-	-	17	-
2年目	パイカジ	55	106	66ab	37	16	279	113	65	57bc	81c	49b	25a	278b	155	
	ガットン	50	89	62a	34	13	247	100	58	17a	42a	33a	29b	179a	100	
	ナツユタカ	52	97	74ab	44	14	280	113	108	67c	97d	58b	38d	368c	205	
	ナツコマキ	54	76	55a	36	11	232	94	87	49b	57b	39a	33c	264b	147	
	LSD (0.05)	ns	ns	12	ns	ns	ns	-	16	13	10	3	48	-	-	
3年目	パイカジ	145b	91	114	78	45	472b	100	71a	53a	58a	53b	20	255	106	
	ガットン	129a	75	131	97	42	474b	100	71a	55a	50a	42a	22	240	100	
	ナツユタカ	170c	97	152	90	62	571c	120	106b	76b	83b	60c	25	350	146	
	ナツコマキ	126a	77	103	66	45	417a	88	83a	62a	63a	44a	23	275	115	
	LSD (0.05)	29	ns	ns	ns	ns	44.2	-	19	12	15	6	ns	ns	-	

注) 異符号間で5%の有意差あり。

3) 乾物率

乾物率の年平均値を表5に示した。今帰仁試験および八重山試験との両試験ともに各利用年において有意差は認められなかったが、パイカジが最も低い値を示した。

	品種系統名	%	
		今帰仁	八重山
1年目	パイカジ	24.9	25.7
	ガットン	26.8	-
	ナツユタカ	27.3	29.2
	ナツコマキ	28.3	29.1
	LSD (0.05)	ns	ns
2年目	パイカジ	21.7	24.3
	ガットン	23.6	28.6
	ナツユタカ	23.7	28.4
	ナツコマキ	25.6	28.6
	LSD (0.05)	ns	ns
3年目	パイカジ	23.9	24.7
	ガットン	27.5	27.1
	ナツユタカ	28.3	27.5
	ナツコマキ	28.7	26.8
	LSD (0.05)	ns	ns

## 4) 乾物消化率

乾物消化率の結果を表6に示した。パイカジの乾物消化率は各年平均で有意差は認められなかったが、最も高い値を示した。また各利用年の各番草でもパイカジは最も高い乾物消化率であった。利用1年目では1, 2番草で有意差はないものの、61.9%, 54.5%と高い乾物消化率であった。利用2年目では1, 3番草では有意差は認められなかったが、60.7%, 54.5%と最も高い消化率であった。2番草ではパイカジは52.5%とナツユタカの47.6%より有意に高く、ガットンの49.6%より高かった。4番草でもパイカジは56.2%とナツユタカの52.8%より有意に高く、ガットンの55.5%より高かった。利用3年目では1番草で58.8%, 2番草で58.1%, 3番草で47.2%および4番草で60.5%と各番草において有意に高い値を示した。

利用年	品種名	乾物消化率				年平均
		1番草	2番草	3番草	4番草	
1年目	パイカジ	61.9	54.5	-	-	58.2
	ガットン	55.0	53.3	-	-	54.2
	ナツユタカ	55.2	49.2	-	-	52.2
	LSD (0.05)	ns	ns			ns
2年目	パイカジ	60.7	52.5b	54.4	56.2b	56.0
	ガットン	58.6	49.6b	53.6	55.5ab	54.3
	ナツユタカ	58.6	47.6a	51.4	52.8a	52.6
	LSD (0.05)	ns	2.4	ns	2.9	ns
3年目	パイカジ	58.8b	58.1b	47.2ab	60.5b	56.2
	ガットン	55.7ab	53.8a	46.8a	58.7ab	53.8
	ナツユタカ	52.8a	54.4a	48.9b	57.2a	53.3
	LSD (0.05)	3.2	2.5	1.8	2.4	ns

注) 異符号間で5%の有意差あり。

## 5) 再生程度

台風による被害があった利用1年目2番草および長雨による影響が認められた利用3年目3番草で、良好な再生を示した。パイカジの再生程度はどの利用年も最も高くなった(表7)。

品種名	今帰仁					年平均	
	1番草	2番草	3番草	4番草	5番草		
1年目	パイカジ	-	6.3	8.3	-	-	7.3
	ガットン	-	7.5	6.0	-	-	6.8
	ナツユタカ	-	6.0	2.5	-	-	4.3
	ナツコマキ	-	6.3	3.0	-	-	4.7
	LSD (0.05)		ns	1.7			ns
2年目	パイカジ	8.0	7.0	7.3bc	7.5c	7.0	7.4
	ガットン	7.3	7.0	7.8c	5.5b	6.8	6.9
	ナツユタカ	7.0	7.0	6.5b	4.8ab	6.3	6.3
	ナツコマキ	7.0	7.0	5.5a	4.0a	6.5	6.0
	LSD (0.05)	ns	ns	0.9	1.1	ns	ns
3年目	パイカジ	4.8a	7.0	6.5	6.8	8.3	6.7
	ガットン	5.3b	7.5	6.0	6.0	6.0	6.2
	ナツユタカ	5.0b	7.3	6.3	6.3	6.5	6.3
	ナツコマキ	4.3a	7.0	5.3	6.5	6.3	5.9
	LSD (0.05)	0.6	ns	ns	ns	ns	ns

注1) 再生程度は1:極不良-9:極良とする9段階評点法。

注2) 異符号間で5%の有意差あり。

## 2. 採種性試験

2005年ではナツユタカは採種時にすでに脱粒していたために2回の刈取回数となったが、それ以外の品種・系統は3回の調査であった。パイカジは出穂が遅いため、強風の影響で脱粒し、熟した種子が得られなかった。2006年は台風の接近の影響で、刈取りの回数が出穂の遅いパイカジは2回、琉球2号は3回およびナツカゼ、ナツコマキは4回となった。出穂が早いナツカゼ、ナツコマキは9月頃に、出穂の遅いパイカジ、琉球2号は10月の採種によって、最も採種量が多かった。

採種性試験の結果を表8に示した。2005年、パイカジは出穂数は141.8本/m<sup>2</sup>とガットン、琉球2号より少なかった。精選後種子数はパイカジが246.3g/aと最も低くなったが、精選率は21.4%とガットンの次に高かった。収穫1回あたりの出穂数は47.3本/m<sup>2</sup>、精選後種子量は82.1g/aとガットンより低くなった。2006年ではパイカジは2回の採種にもかかわらず、精選後種子量が52.2g/aとナツカゼ、ナツコマキの次に高かった。精選率は14.1%と最も高くなった。収穫1回あたりの出穂数は28.0本/m<sup>2</sup>と琉球2号の次に高く、精選種子量は26.1g/aと最も高くなった。

表8 採種性

採種年	品種系統名	合計 (2~4回)				収穫1回当たり		
		出穂数 本/m <sup>2</sup>	精選前種子量 g/a	精選後種子量 g/a	精選率 %	出穂数 本/m <sup>2</sup>	精選前種子量 g/a	精選後種子量 g/a
2005	パイカジ	141.8a	1150.9a	246.3a	21.4	47.3	383.6	82.1
	ガットン	306.4b	1293.1a	359.5ab	27.8	102.1	431.0	119.8
	ナツユタカ	88.7a	1902.0a	326.3ab	17.2	29.6	634.0	108.8
	琉球2号	349.7b	2843.4b	518.8b	18.2	116.6	947.8	172.9
	LSD (0.05)	84.7	866.3	233.8				
2006	パイカジ	56.0	369.9a	52.2	14.1	28.0	185.0	26.1
	ナツカゼ	63.4	2008.1c	69.0	3.4	15.9	502.0	17.3
	ナツコマキ	102.3	693.9ab	46.7	6.7	25.6	173.5	11.7
	琉球2号	99.4	923.8ab	55.6	6.0	33.1	307.9	18.5
	LSD (0.05)	ns	496.3	ns				

注) 異符号間で5%の有意差あり。

## 3. 形態特性調査

形態特性調査の結果を表9に示した。出穂始期はナツコマキが最も早かった。パイカジはガットンより8日、ナツユタカより2日遅く中生であった。茎数は233.0と最も多く、次いでナツコマキ、ガットン、ナツユタカの順であった。稈長はナツユタカより短く、ガットンおよびナツコマキより長かった。ガットンと比べて着粒密度、枝梗の数はほぼ同等で、穂長は9.7cm長かった。千粒重は1.5gでナツユタカより0.4g、ガットンより0.6g重い。アポミクシス率は81.4%とガットン、ナツユタカより低かった。アポミクシス率はパイカジが81.4%と最も低かった。

表9 形態特性

品種系統名	出穂始期 月/日	茎数 本	葉身長 cm	葉身幅 cm	稈長 cm	茎の太さ		穂長 cm	着粒密度 3粒~7密	枝梗数 本	千粒重 g	アポミクシス 率 %
						地際部長径 mm	地際部短径 mm					
パイカジ	8/8	233.0b	33.3c	1.6b	162.7c	5.2b	2.9b	33.2b	6.8b	37.6b	1.5c	81.4
ガットン	7/31	170.8ab	25.8b	1.4a	148.7b	3.5a	2.5ab	23.5a	6.6b	38.6b	0.9a	100.0
ナツユタカ	8/6	114.6a	33.5c	1.6b	172.5c	6.0b	4.8c	42.0c	3.0a	32.5a	1.1b	92.5
ナツコマキ	7/24	183.8ab	19.9a	1.4a	137.6a	3.1a	2.3a	20.8a	5.8b	29.8a	-	94.7
LSD (0.05)		95.2	5.1	0.1	11.3	1.2	0.6	4.0	2.6	4.1	0.05	

注1) 着粒密度=着粒種子数/枝梗の長さ。

2) 異符号間で5%の有意差あり。

## V 考 察

沖縄県ではギニアグラスは耐干性、永続性など環境適応性に優れ、高い収量が得られることから利用が広がっている<sup>2, 13~16)</sup>。本県の肉用牛の飼養頭数が78千頭、一戸当たりの飼養頭数は24.5頭と経営規模の拡大が進んでおり、その44%が八重山で飼養されている<sup>1)</sup>。そこで、本試験は試験地域を沖縄

本島北部今帰仁村と八重山の2地域とし、調査を行った。供試材料は多収で永続性に優れるナツユタカ<sup>13-16)</sup>、県内栽培面積の80%を占め乾物消化率の高いガットン<sup>17, 18)</sup>および2000年九州で育成されたナツコマキ<sup>19)</sup>を用いた。ナツユタカおよびガットンの乾物収量を永続性の評価基準、ガットンの乾物消化率を品質の評価基準とし、比較検討を行った。

合計乾物収量では、今帰仁試験においてパイカジは利用2年目にガットン比113%とガットンより高くナツユタカと同等、利用3年目ではガットン比100%とナツユタカより劣ったが、ガットンと同等であった。八重山試験では利用2, 3年目にナツユタカより劣ったが、ガットン比155%, 106%とガットン並より高い収量であった。また、今帰仁試験の再生程度は各利用年で最も良好な値を示した。以上のことから、パイカジの永続性はナツユタカより劣るが、ガットンより高く、多年利用に適していると考えられる。

ナツユタカは茎の粗剛化によってロールバール用ラップを破損する事例が報告されている。それは、ナツユタカが一斉に出穂し<sup>20)</sup>、出穂後の茎部割合が急激に増加し<sup>21)</sup>、刈遅れによる品質の低下が著し<sup>17, 22)</sup>ことが原因であると考えられる。パイカジはナツユタカと同じ中生であるが、若干ナツユタカより遅く出穂し、ナツユタカよりの出穂の集中(ピーク)時期が広い<sup>20)</sup>。またパイカジは茎の太さとOa(高消化性繊維)がナツユタカとガットンの中間の値を示し、乾物消化率がガットン並であることが報告されている<sup>9)</sup>。本試験においてもパイカジはどの利用年も最も高い乾物消化率を示し、各番草でも最も高い乾物消化率を示した。このことから、パイカジはガットン並かやや高い収量をもちながら品質が改善された品種であると考えられる。

ギニアグラスは脱粒性が強く、採種が困難である。眞田ら<sup>23)</sup>はギニアグラスの高採種性系統の選抜基準として穂数が有効な指標であるとした。また、奥村ら<sup>20, 24, 25)</sup>は穂数に加えて、出穂が一斉でさらに穂長が短く、小穂密度の高い系統を選抜し、さらに収量性を加味するため、稈長の長い系統を選抜することが有効であると報告した。パイカジの形態特性は茎数、着粒密度が高く、枝梗数はガットン並、穂長はナツユタカより短く、ガットンより長い。そのため採種性が改善されていると考えられる。採種性試験では2005年に精選後種子量はガットン、ナツユタカ並で、また2006年ではパイカジは精選後種子量が採種性の高いナツカゼ<sup>26)</sup>並で、収穫1回当たりの精選種子量が最も高くなり、採種性に優れていた。

出穂始期はナツコマキ、ガットン、ナツユタカ、パイカジの順となり、パイカジはナツユタカより2日遅く中生に属する。ギニアグラスは気象変動に対して出穂の年次変動に系統間差が認められ、感光性や感温性が異なる系統が存在する<sup>27, 28)</sup>。本試験の刈取り時出穂程度でも各品種・番草によって変動が認められたもののパイカジは他の供試品種に比べ安定した出穂期を示す。

パイカジは収量性、品質および採種性に優れているが、今帰仁、八重山試験の両試験地において播種後最初の番草で倒ふくがみられる。そのため、栽培利用の注意点として、播種後の刈取りは栽培基準より早めの70日前後が望ましいと考えられる。

種子供給については、沖縄県畜産研究センターにて育種家種子を保有しており、原種生産用として家畜改良センター熊本牧場に移管して、先行増殖を開始している。

## VI 引用文献

- 1) 沖縄県農林水産部畜産課(2005) おきなわの畜産, 6-21
- 2) 北村征生・阿部二郎・堀端俊造(1982) 南西諸島におけるイネ科飼料作物の栽培と利用 I, 日草誌, 28(1), 33-40
- 3) 川鍋祐夫・平川孝行(1971) 暖地型牧草の生態と栽培利用上の課題(4), 畜産の研究, 25(12), 1570-1574
- 4) 農林水産省九州農業試験場(1988) ギニアグラス「九州5号」に関する試験成績書, 1-44
- 5) 稲福政史(2003) ギニアグラスを利用した沖縄の肉用牛生産技術, 畜産技術, 579, 32-35
- 6) 新田孝子・長崎祐二・池田正治(1991) 暖地型牧草(ローズグラス, ギニアグラス)の消化率の時間的变化, 沖縄畜試研報, 29, 95-97
- 7) 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

- 8) Nakagawa H (1995) Cytogenetical study and breeding and of some tropical grass, *bull Hiroshima Agri Res Cent*, 58, 99-124
- 9) 幸喜香織・蝦名真澄・蔡義民・當眞嗣平・稲福政史・奥村健治 (2005) ギニアグラス新品種候補系統「琉球1号」の特性とサイレージ適性, *日草誌*九支, 35 (2), 21-27
- 10) 沖縄県畜産試験場牧草育種研究室 (2006) ギニアグラス「琉球1号」に関する試験成績, 農林水産省牧草育種指定試験地沖縄県畜産試験場牧草育種研究室
- 11) 農林水産技術会議事務局 (2001) 飼料作物系統適応性検定試験実施要領 (改訂5版), 6-7
- 12) 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
- 13) 前川勇・清水矩宏・庄子一成・伊佐真太郎・大城真栄・仲宗根一哉・福地稔 (1985) パニカム属草種の品種・系統比較第1報, *沖縄畜試研報*, 23, 41-61
- 14) 玉代勢秀正・前川勇・伊佐真太郎・仲宗根一哉・庄子一成・森山高広・大城真栄 (1988) パニカム属草種の品種・系統比較第2報, *沖縄畜試研報*, 26, 13-29
- 15) 長崎祐二・庄子一成 (1995) パニカム属の草種及び・系統比較第3報「多年利用13年から14年目の植生と生産量」, *沖縄畜試研報*, 33, 133-136
- 16) 玉代勢秀正・前川勇・伊佐真太郎・仲宗根一哉・庄子一成・森山高広・大城真栄 (1988) 牧草育種及び飼料作物の適応性試験, *沖縄畜試研報*, 26, 31-39
- 17) 森山高広・仲宗根一哉・長崎祐二・庄子一成・安谷屋兼二・池田正治 (1990) ギニアグラスの刈取適期, *沖縄畜試研報*, 28, 85-98
- 18) 松岡秀道・眞田康治 (2000) ギニアグラス新品種「ナツコマキ」第2報ロールペール利用, *九州農業研究*, 62, 133
- 19) 松岡秀道・眞田康治・佐藤博保 (2001) ロールペール用のギニアグラス新品種「ナツコマキ」の育成, *九州農業試験場報告*, 38, 1-26
- 20) 奥村健治・稲福政史・幸喜香織・知念司 (2002) ギニアグラスの採種性の向上, *九農研*, 64, 123
- 21) 幸喜香織・伊藤康子・稲福政史・奥村健治・蝦名真澄・守川信夫 (2003) 高消化性ギニアグラス育成のための選抜法の開発, *沖縄畜試研報*, 41, 123-130
- 22) 松崎正敏・小川増弘・片岡政之・片岡健治 (1990) ギニアグラス「ナツユタカ」の栄養価, *日草誌*, 35 (別), 147-148
- 23) 眞田康治・松岡秀道 (1998) ギニアグラス (*panicum maximum* Jacq.) 及び *Panicum* 属の脱粒性と採種性の変異, *日草誌* 44, 272-277
- 24) 奥村健治・稲福政史 (1999) ギニアグラスの採種性に及ぼす要因の解明 1. 開花盛期以降の種子収量とその関連形質, *日草誌*, 44 (別), 134-135
- 25) 奥村健治・稲福政史・知念司・中川仁 (2001) ギニアグラスの採種性に及ぼす要因の解明 2. 採種性向上のための穂長を中心とした形質間の関係, *日草誌*, 47 (別), 330-331
- 26) 清水矩宏・佐藤博保・中川仁 (1986) ギニアグラス新品種「ナツカゼ」について第2報収量等の生育特性, *九農研* 48, 200
- 27) 眞田康治・松岡秀道・佐藤博保 (1995) ギニアグラス諸形質の年次変動, *九州農業研究*, 57, 141
- 28) 小橋健・松岡秀道 (2001) ギニアグラス形態的特性の気象による変動, *九州農業研究*, 63, 126

研究補助：伊藝博志，宮城広明，比嘉正徳，大濱孫真

# SSR マーカーによるギニアグラス遺伝資源の遺伝的多様性

蝦名真澄 幸喜香織 奥村健治\* 稲福政史\*\*

## I 要約

開発した単純反復配列 (SSR) マーカーにより、ギニアグラス品種および遺伝資源の系統関係について検討したところ結果は以下のとおりであった。

1. アポミクシスであるギニアグラスに SSR マーカーによって確認できる幅広い遺伝的変異が認められた。
2. ケニアの系統は系統樹内のすべてのグループに散在し、最も幅広い遺伝的変異が認められた。
3. ウガンダの系統は系統樹内の一部に局在しており、原産地での地理的な隔離条件を反映していると考えられた。
4. 品種や育種選抜系統の多くは SSR マーカーの第一主成分値、第二主成分値がグループ内で極値となる領域に認められた。

## II 緒言

わが国では 1970 年代より探索されてきた約 2400 点以上の豊富な遺伝資源が農業生物資源研究所ジーンバンクに保存されている。これらの遺伝資源は、自生地であるケニアを中心にタンザニア、モザンビーク、南アフリカ等に及び、ギニアグラスの育種を行う上で貴重な材料となっている。そこで、著者らが開発した SSR マーカーが系統識別能に優れていたことから、SSR マーカーを利用したギニアグラスの品種および遺伝資源の系統関係について情報を得ることを目的とした。

## III 材料および方法

系統解析の材料はギニアグラス遺伝資源および品種の 77 系統を用いた (表 1)。ゲノム DNA の抽出は CTAB 法<sup>1)</sup> によって行い、PCR による増幅には Maize DB (<http://www.maizegdb.org>) の提供するプロトコルを用い、SSR マーカーのバンドパターンの検出には ABI310 を用いた。

系統解析は Diversity Database (Bio-Rad Laboratories) を用いて解析した。アレルごとの SSR マーカーのバンドパターンを、アレルのある場合を 1 および無い場合を 0 で表記してデータセットを作成し解析した。類似度の計算は Jaccard' s の係数を用いた。系統樹の作成は非加重結合法 (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic mean, UPGMA) で行った。また、主成分分析は類似度より算出し、同じく Diversity Database (Bio-Rad Laboratories) を用いて、第一主成分および第二主成分をプロットした。

## IV 結果および考察

77 のギニアグラス品種および遺伝資源を 13 の SSR マーカーによって調査し、得られた 190 のアレルを用いて系統解析を行った (図 1)。系統解析の結果、自生地を反映した 6 つの大きなグループに分けることができ、これをグループ I~VI とした。ケニアの系統は最も幅広く全てのグループに分散していた。また、南アフリカの系統はグループ I および II には存在しなかったが、他のグループ III~VI には散在していた。グループ I および II に認められたケニアの系統と南アフリカの系統とは遺伝的に異なるグループに分けることができると考えられた。Conbes ら<sup>2)</sup> によると、西アフリカより東アフリカで幅広いギニアグラス遺伝資源の変異が認められている。これはギニアグラスが東アフリカ原産であることを反映していると考えられる。SSR マーカーによる系統解析では、東アフリカに位置するケニアの遺伝資源に幅広い遺伝的変異が認められ、I~VI の全てのグループにケニアの系統が分散していた。主成分分析のプロット図 (図 2) でもケニアの系統は幅広くプロットされた。



表1 SSR マーカーによる系統解析に用いたギニアグラス遺伝資源系統

系統名 (別名)	収集地点	備考	系統名 (別名)	収集地点	備考
1	72-62	ナイジェリア	40	GR334	南アフリカ
2	72-192	ケニア	41	GR336	南アフリカ
3	73-473	ケニア	42	GR365	南アフリカ
4	73-790	ケニア	43	GR367	南アフリカ
5	73-804	ケニア	44	GR371	南アフリカ
6	73-919B	ケニア	45	GR373	エチオピア
7	73-1006	ケニア	46	GR374	モロッコ
8	GR37 (Zambezi Rivar)	品種	47	GR376	不明
9	GR45	不明	48	GR377	南アフリカ
10	GR50 (Makueni)	ケニア 品種	49	GR422-1 (PM-4)	米国
11	GR88 (Gatton)	ジンバブエ 品種	50	GR432-1	南アフリカ
12	GR101A	ナイジェリア	51	GR434	南アフリカ
13	GR120	エチオピア	52	GR440	ジンバブエ
14	GR123	ケニア	53	GR441	オーストラリア
15	GR124	ケニア	54	GR452	不明
16	GR131	ウガンダ	55	GR453	不明
17	GR133B	ウガンダ	56	GR456	不明
18	GR134B	ウガンダ	57	GR458	南アフリカ
19	GR138	ウガンダ	58	GR464	ガーナ
20	GR144	ケニア	59	GR467	オーストラリア
21	GR161	不明	60	GR470A	南アフリカ
22	GR173	エチオピア	61	GR470B	南アフリカ
23	GR186	ケニア	62	CP1210-o-8	不明
24	GR190	ケニア 有性生殖	63	K59104	ケニア
25	GR193	ケニア	64	K6343	ケニア
26	GR206	タンザニア	65	K6348	ケニア
27	GR208	ケニア	66	M70-81	南アフリカ
28	GR214	ケニア	67	M70-82	南アフリカ
29	GR215	ケニア	68	185 (Ryukyu-3)	ケニア 育種系統
30	GR218	不明	69	211	ケニア
31	GR233A	ケニア	70	214	ケニア
32	GR238	ケニア	71	パイカジ	沖縄 品種
33	GR239A	ケニア	72	hozon 35	沖縄 育種系統
34	GR243	ケニア	73	Meidai 9	不明 育種系統
35	GR248B	ケニア	74	Gatton	ジンバブエ 品種
36	GR250	ケニア	75	Monbasa	タンザニア 品種
37	GR293	タンザニア	76	Natsukaze	交配系統 品種
38	GR299	タンザニア	77	Natsuyutaka	ケニア 品種
39	GR329	南アフリカ			

これらの結果から、形態的な変異の広さから推定されていたギニアグラスの原産は SSR マーカーによっても、ケニアを中心とした東アフリカであると考えられる。

また、供試したタンザニアの系統は限られていたが、同じく東アフリカ原産のケニアの系統と同様に系統樹では幅広く分布しており、グループ I, IV, V にそれぞれ分布していた。これに対して、ウガンダの系統はサブグループ II-v に局在していた (図 1)。ウガンダは赤道付近に位置し、熱帯でありながら、標高 1200m を越える高地に位置し、年平均気温は 22℃ となっており、熱帯高標高地帯特有の特殊な地理的環境にあると考えられる。SSR のアレルから得られた系統関係から、ウガンダの系統は他の遺伝資源とは異なる特徴的な遺伝的背景を持っていることが示唆される。系統樹のグループごとの特徴では、グループ I は 3 種類の遺伝資源のみからなるグループで、ケニアとタンザニアの系統が含まれている。また、これらの系統は他の遺伝資源との類似度も低く、お互いの類似度も低い。これは、観察されたグループから類似度の低い遺伝資源が、特にケニアおよびタンザニアに存在する可能性を示唆していると考えられる。グループ II はケニアとウガンダの遺伝資源が主な構成要素となっている。これは、適応発散の中心に近いケニアの遺伝資源の一部が熱帯高標高の特殊な地理的環境に適応して、ウガンダに分布を広げた可能性を示唆している。また、グループ II をサブグループ i~v に分けてみると (図 1)、サブグループ II-i と II-ii はほぼケニアの遺伝資源で構成されているが、サブグループ II-iii と II-iv は原産地の様々な系統を含んでいる。サブグループ同士は類似度からお互いに遺伝的に隔たりがあると

考えられるが、サブグループ内では弱い類縁関係があることが示唆される。また、南アフリカの遺伝資源を含まないことから、グループ I と II は、他の III~VI とは遺伝的に隔たりのあるグループであると考える。Savidan と Pernes<sup>3)</sup> は、アポミクシスのギニアグラスに遺伝的な変異が存在するのは、近縁種である *P. infestum* および *P. trichocladum* との交雑によるものであることを推察している。この仮説は、調査した SSR マーカーによって得られた幅広いアレルの変異からも支持できるものであると考えられる。また、グループ II のサブグループの関係は、このような自然界での近縁種との交雑の過程を反映している可能性がある。

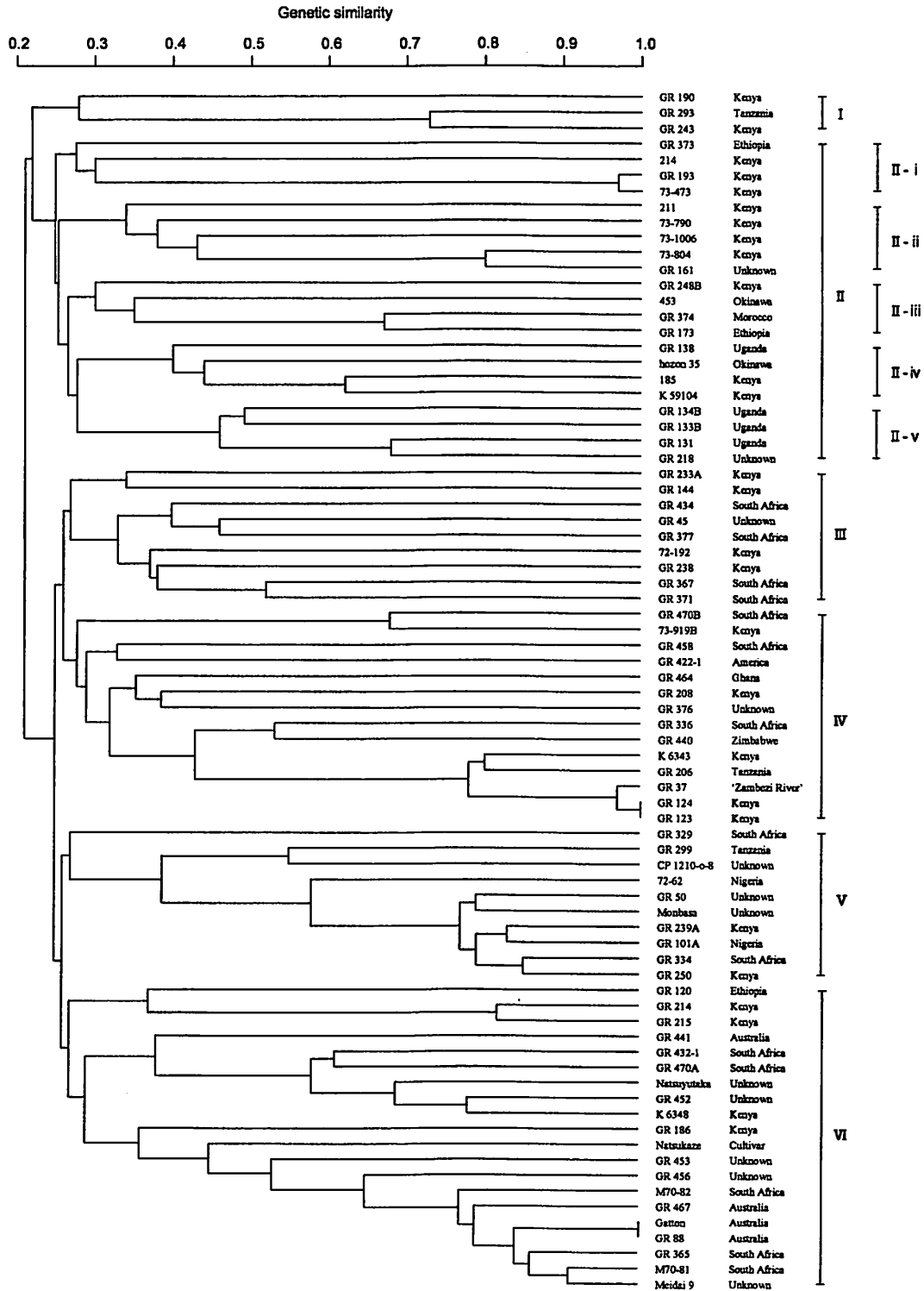


図1 ギニアグラス遺伝資源系統の系統樹

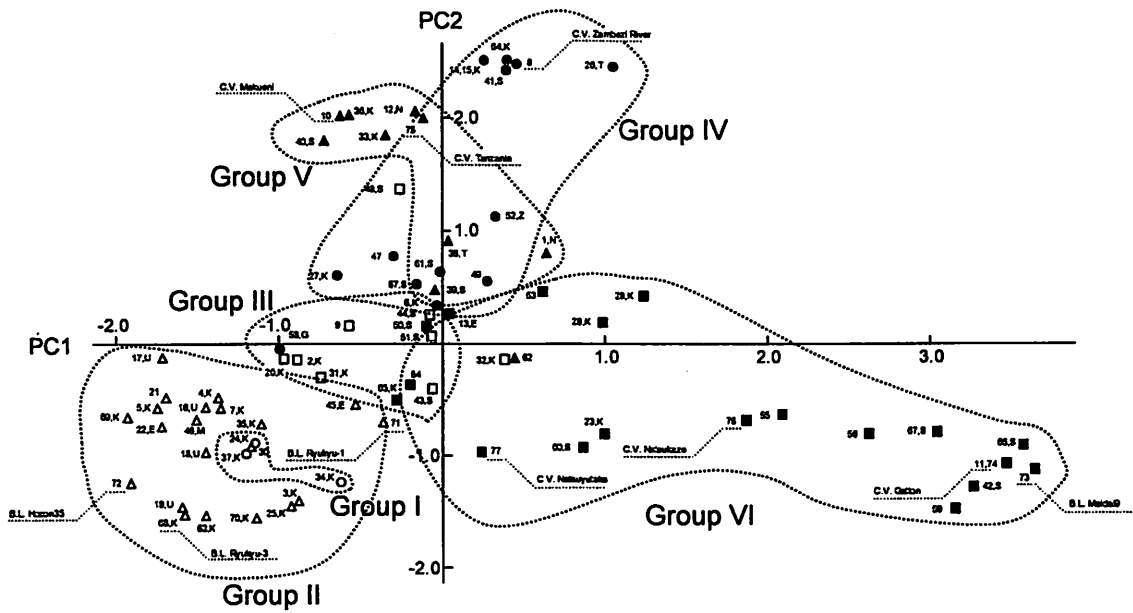


図2 グループ分けしたギニアグラス遺伝資源のSSRマーカーの主成分分析

ギニアグラス品種や育種選抜系統は系統樹の中ではグループ II, IV, V および VI に認められた。琉球3号は沖縄で選抜した遺伝資源系統であるが、系統樹ではグループ II に認められ、主成分分析では主成分1および2の値がそれぞれのグループで最大になる領域にプロットされた(図2)。また、品種であるZambezi riverやMakueniおよびGattonは同じようにそれぞれのグループ内で主成分値が最大になる領域にプロットされている。SSRマーカーの種類は13と少ないものの、形態特性など特徴的な変異を含む系統が品種として登録されてきた経緯があり、SSRマーカーによるアレルの多型もそれに応じて大きな分散を示していると考えられる。

## V 引用文献

- 1) Murray M. G. and Thompson W. F. (1980) Rapid isolation of high-molecular-weight plant DNA. *Nucl Acids Res* 8: 4321-4325.
- 2) Combes D. and Pernès J. (1970) Variations dans le nombre chromosomique du *Panicum maximum* Jacq. En relation avec le mode de reproduction. Sér. D. 270:782-785, *Comptes Rendus Academie des Sci.*, Paris.
- 3) Savidan Y. H. (1982) Nature et hérédité de l'apomixie chez *Panicum maximum* Jacq. *ORSTOM Travaux et Documents*, 153. ORSTOM, Paris.

# ギニアグラスにおける SSR マーカーの開発

蝦名真澄 幸喜香織 霍田真一\*

## I 要 約

再現性が高く、実験操作も簡便であることから牧草類にも利用が広がっている単純反復配列 (Simple sequence repeat; SSR) マーカーをギニアグラスで開発した。開発には品種‘ナツカゼ’のゲノム DNA を用いた濃縮ライブラリー法および未熟花穂由来 mRNA を利用した発現配列タグ (Expressed sequence tag; EST) 法を用いた。さらにギニアグラス遺伝資源を利用して SSR マーカーの性能を確認したところ結果は以下のとおりであった。

1. 濃縮ライブラリー法により 8 プライマーセット, および EST 法より得られた 5 プライマーセット合計 13 プライマーセットの SSR マーカーを開発した。
2. 開発した SSR マーカーを用いて, ギニアグラスが同質四倍体であることに由来する 1 本~4 本の明瞭なバンドが得られた。
3. 開発した SSR マーカーを用いて 77 の遺伝資源に対する識別能 (Power of Discrimination; PD) および多型情報含有量 (Polymorphism information content; PIC) を調査したところ, 得られたアレル数の平均は 14.9, PD 値の平均は 0.859, PIC 値の平均は 0.774 となった。

## II 結 言

ギニアグラスの豊富な遺伝資源は、遺伝資源特性調査基準に従い、出穂時期の草型や草丈などの形態的形質や出穂期などの生理的特性および牧草としての利用特性などの特性データとともに保管されており、随時育種現場での利用が可能である。さらに、DNA マーカーなどを利用した系統関係の客観的なデータが利用できれば、計画的な交配を進める上で、遺伝資源特性データの有効性はさらに高くなると考えられる。また、自生地での品種保護の観点から、遺伝資源と商業利用される品種の客観的な識別技術の開発も重要になってきている。SSR (単純反復配列; Simple Sequence Repeat) マーカーは、簡便性と再現性から識別用の DNA マーカーとして優れた性質を持っている<sup>1)</sup>ことが知られているだけでなく、牧草類にもその利用が広がってきている<sup>2,3,4)</sup>。また、形質との関連情報が得られれば、SSR マーカーの再現性や操作の簡便性のため、育種現場での選抜マーカーとしての利用の有効性も高く開発が望まれている。このような背景からギニアグラスの SSR マーカーの開発を試みた。

## III 材料及び方法

東アフリカを中心に収集され<sup>5,6)</sup>、ジーンバンクで保存されているギニアグラス 2400 系統の中から、収集地点を幅広く網羅すると考えられる 77 系統 (表 1) を選抜して、2001 年沖縄県畜産研究センターの圃場に展開し、供試材料とした。ゲノム DNA の抽出は 3~5g の成葉を用い、CTAB 法<sup>7)</sup>にて行い、500  $\mu$ l の RNase を含む TE 溶液に溶解し、利用まで 4  $^{\circ}$ C にて保存した。

SSR マーカーはゲノム DNA の濃縮ライブラリー法および未熟花穂由来 mRNA による EST 法によって行った。濃縮ライブラリー法ではギニアグラス品種‘ナツカゼ’のゲノム DNA を用いて、山本ら<sup>8)</sup>の方法に従って AG 繰り返し配列を含むクローンを選抜して行った。さらに、単離したクローンの配列情報をもとに、Oligo Primer Analysis Software Ver. 6.0 (TaKaRa) を用いて SSR プライマーを設計した。

また、EST 法では遺伝資源‘Ku5954’および有性生殖‘Noh PL 1’と品種‘ナツカゼ’の交雑後代の未熟花穂由来 mRNA から SuperScriptII Lambda cDNA construction kit (Gibco/BRL 社製) を用いて作成した cDNA ライブラリーを作成して行った。得られたライブラリーから cDNA クローンをランダムに選抜し、配列情報を得た。得られた約 2000 の EST 情報より繰り返し配列を検索し、濃縮ライブラリー法と同様に SSR プライマーを設計した。

表1 SSR マーカーの多型検出に用いたギニアグラス遺伝資源および品種

系統名 (別名)	収集地点	備考	系統名 (別名)	収集地点	備考
1	72-62	ナイジェリア	40	GR334	南アフリカ
2	72-192	ケニア	41	GR336	南アフリカ
3	73-473	ケニア	42	GR365	南アフリカ
4	73-790	ケニア	43	GR367	南アフリカ
5	73-804	ケニア	44	GR371	南アフリカ
6	73-919B	ケニア	45	GR373	エチオピア
7	73-1006	ケニア	46	GR374	モロッコ
8	GR37 (Zambezi Rivar)	品種	47	GR376	不明
9	GR45	不明	48	GR377	南アフリカ
10	GR50 (Makueni)	ケニア 品種	49	GR422-1 (PM-4)	米国
11	GR88 (Gatton)	ジンバブエ 品種	50	GR432-1	南アフリカ
12	GR101A	ナイジェリア	51	GR434	南アフリカ
13	GR120	エチオピア	52	GR440	ジンバブエ
14	GR123	ケニア	53	GR441	オーストラリア
15	GR124	ケニア	54	GR452	不明
16	GR131	ウガンダ	55	GR453	不明
17	GR133B	ウガンダ	56	GR456	不明
18	GR134B	ウガンダ	57	GR458	南アフリカ
19	GR138	ウガンダ	58	GR464	ガーナ
20	GR144	ケニア	59	GR467	オーストラリア
21	GR161	不明	60	GR470A	南アフリカ
22	GR173	エチオピア	61	GR470B	南アフリカ
23	GR186	ケニア	62	CP1210-o-8	不明
24	GR190	ケニア 有性生殖	63	K59104	ケニア
25	GR193	ケニア	64	K6343	ケニア
26	GR206	タンザニア	65	K6348	ケニア
27	GR208	ケニア	66	M70-81	南アフリカ
28	GR214	ケニア	67	M70-82	南アフリカ
29	GR215	ケニア	68	185 (Ryukyu-3)	ケニア 育種系統
30	GR218	不明	69	211	ケニア
31	GR233A	ケニア	70	214	ケニア
32	GR238	ケニア	71	パイカジ	沖縄 品種
33	GR239A	ケニア	72	hozon 35	沖縄 育種系統
34	GR243	ケニア	73	Meidai 9	不明 育種系統
35	GR248B	ケニア	74	Gatton	ジンバブエ 品種
36	GR250	ケニア	75	Monbasa	タンザニア 品種
37	GR293	タンザニア	76	Natsukaze	交配系統 品種
38	GR299	タンザニア	77	Natsuyutaka	ケニア 品種
39	GR329	南アフリカ			

設計した SSR プライマーの増幅の可否や多型の出現を確認するため、遺伝資源系統より GR123, GR124, GR190, GR174, GR245, GR250, GR373, GR376, GR456, GR458, ‘琉球3号’ および 214, また、近縁のマカリカリグラス, カブラブラグラスさらにギニアグラス品種の ‘パイカジ’, ‘ナツユタカ’, ‘ガットン’, ‘ナツカゼ’ を使用した。さらに、表1に示した77のギニアグラス遺伝資源および品種について詳細に SSR 多型を検討した。SSR 領域の増幅には Maize DB (<http://www.maizegdb.org>) の提供するプロトコルを用いた。SSR マーカーのバンドパターンを検出には ABI310 を用いた。

統計処理には調査した77のギニアグラス遺伝資源より得られた多型バンドの情報をバンドの有無によって判定し、下記の式により識別能 (PD) を算出した。

$$PD = 1 - \sum_{i=1}^k p_i^2$$

$p_i$  は77系統の遺伝資源のうち  $i$  番目の遺伝子型の頻度で、 $k$  はその遺伝子座の遺伝子型の総数である<sup>9)</sup>。また、多型情報含有量 (PIC) は下記の式から算出した。

$$PIC = 1 - \sum_{i=1}^k p_i^2$$

ここで、 $p_i$  はある遺伝子座の観察されたアレルの総数のうち  $i$  番目のアレルの頻度で、 $k$  は遺伝子座に観察される異なるアレルの総数である<sup>10)</sup>。

また、SSR マーカーの遺伝特性は、有性生殖系統 ‘Nho PL 1’ および品種 ‘ナツカゼ’ の交雑後代 24

個体を用いた。ゲノム DNA の抽出および PCR 増幅はバンドパターンの検出は上記同様に行った。

#### IV 結果および考察

濃縮ライブラリー法によって 18 種の SSR 領域を特定した。これらは全て AG 2 塩基の繰り返し配列を持っており、そのうち 10, 3, 5 種の配列がそれぞれ、完全反復配列、中断型反復配列、複合型反復配列であった。これら 18 の SSR 領域のうちプライマーが設計できたのは 16 の領域で、それぞれ 8, 3, 5 種の完全反復配列、中断型反復配列、複合型反復配列であった。これら 16 の SSR プライマーを用いて、予備的な多型出現を調査し、11 プライマーセットで多型が認められた。

また、EST 法により、28 の SSR 領域を特定した。そのうち、14 は 2 塩基の繰り返し配列であり、そのうちの 9, 4, 1 種類の配列はそれぞれ、完全反復配列、中断型反復配列、複合型反復配列であった。残りの配列のうち 13 個は 3 塩基の反復配列で、そのうちの 8, 2, 3 種類の配列はそれぞれ、完全反復配列、中断型反復配列、複合型反復配列であった。また、残りの 1 種の配列は 4 塩基 (TGCC) が 4 回反復する完全反復配列であった。

これら EST 法により特定した反復配列のうち、プライマーを設計できたのは 19 プライマーで、そのうち 9 プライマーで上記同様に多型が認められた。以上、得られた多型プライマーのうち、濃縮ライブラリー法によるものを 8 プライマーセット、および EST 法より得られた 5 プライマーセット合計 13 プライマーセットを以後の実験に供試した (表 2)。

表 2 開発した SSR マーカー

マーカー名	由来	プライマー配列		反復配列	増幅断片 size (bp)
		Forward	Reverse		
GNK01-3	genomic	CCACAAATGCCAATGATAAC	GCTAGAGAAAAAGGTGCACAC	(AC) 4AAT (AG) 6GG (AG) 2	130
GNK01-4	genomic	CCACATTAGTAGCTTTGATT	CCTACCAAAAACGTCTCAT	(AG) 2C (AG) 2	174
GNK01-5	genomic	TGAGAGTTGCATTATCCTTAG	TATCTAGGTGCCTATCTACTT	(AG) 10	233
GNK02-2	genomic	TCTGGCTGCGAGTTTC	AGCTTGCTCATTGCGTTAGGA	(AG) 11	150
GNK02-3	genomic	GGCCATCAAGGTAAGTCA	GAAATCCGGCTGCTGGTTATA	(AG) 23	206
GNK02-4	genomic	GGCAATGCTTTATGTGTATGA	TGAAGCCATTGGGTACATC	(AG) 8, (AG) 3CG (AG) 6GG (AG) 4	195
GNK04-2	genomic	GGACGAAGAGACGAGACA	CAAAACAGTGAATACGTCGG	(AG) 4TGGTAGG (AG) 4	122
GNK05-1	genomic	GCAAGCCCAAACTGGTAC	CTGGCAAAGGAGAAGACATAA	(AG) 7	130
GNK03-e2	EST	CTCTTGTGTTTGTGGTGC	TCAAGCTCGTAGTAGTGCC	(AG) 6	168
GNK03-e4	EST	CCCGAGCGGATCCGATTCGTT	TACGGCGACGACGAGGACGA	(AG) 8	102
GNK03-e19	EST	TGTATGAGCTGAGTCGC	TGGAATCTAGTTGATATTC	(AG) 8T (AG) 7	155
GNK03-e23	EST	AGCTCATCCTTACGTCA	TTTAATCAATATCCATCGTT	(AT) 8	167
GNK03-e47	EST	CATCGCATCCGGAACT	TAAACTTCAACAACGGCGAG	(AGT) 5	155

EST 法で得られた SSR 領域のうち多型が認められた GNK03-e2 は、大麦で得られている RNase S-like protein precursor (rsh1) 配列との相同性が認められた。また、GNK03-e4 はイネで得られている BI-1 mRNA for BAX inhibitor-1 との相同性が認められ、GNK03-e19 はトウモロコシで得られている cdc2 kinase mRNA の相同性配列との相同性が認められた。これ以外の 2 つの配列は既知のデータベースと有意な相同性を示す配列はなかった。

霍田ら<sup>5)</sup> は濃縮ライブラリー法を利用し、シバより 162 のポジティブクローンから 119 の SSR 配列を同定している。また、Jones ら<sup>3)</sup> は *Lolium perene* を用いて同様の高い効率で SSR 配列を同定している。ギニアグラスでの濃縮ライブラリー法は、シバで行ったのと全く同じ手法を用いたが、最終的に 11 配列の多型を示す SSR プライマーが同定できたのみで、効率は悪かった。また、EST 法からも反復配列を含む領域の配列情報を得たが、9 プライマーセットの多型を示す SSR を同定したのみとなった。モチーフの種類から見ると、霍田ら<sup>5)</sup> がシバで単離した SSR では 58.8% が完全反復配列、26.9% が中断型反復配列、14.3% が複合型反復配列となっており、ギニアグラスで得られたものもほぼ同等の比率であった。

以上のように、利用できるプライマーセットは総数でも 20 種類と少ないが、アポミクスであるギニアグラスでも SSR 領域が認められ、多型が存在していた。また、多型が存在する SSR 領域は配列が変異したことによると考えられる複雑なモチーフ構造となっていることが観察できた。このことは、ギニアグラスはアポミクスである反面、遺伝資源系統は SSR 領域のモチーフ構造の複雑さがシバと同等であることから、有性生殖のシバと同様に、比較的高い頻度で条件的アポミクシスの有性生殖胚を利用して

いるか、若しくは、自然界に7%程度存在<sup>11)</sup>しているといわれている有性生殖のギニアグラスの交雑が遺伝資源のギニアグラス変異拡大に有効であると考えられ、そのため、変異の幅広い遺伝資源が存在している可能性が示唆される。

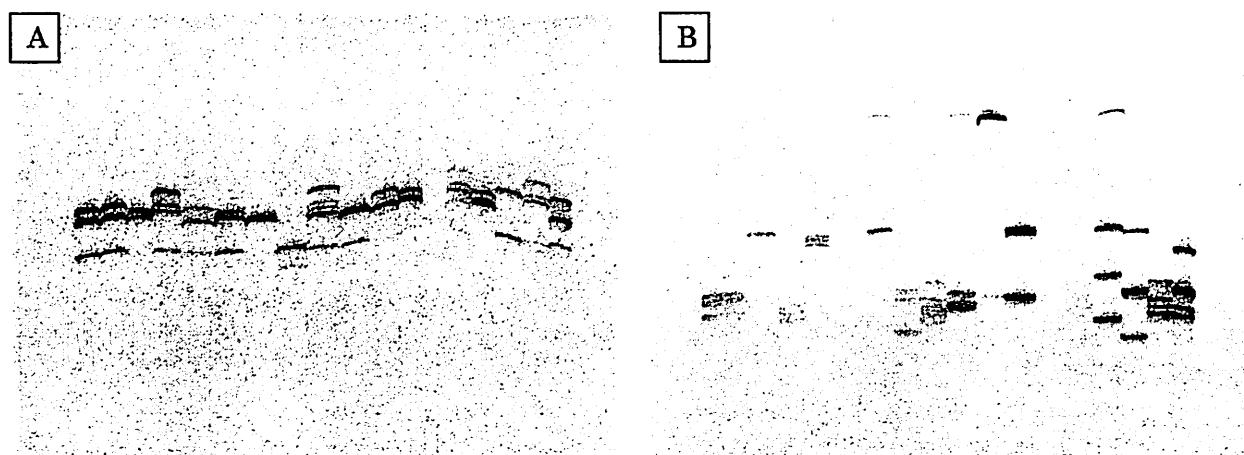


図1 開発した SSR マーカーの多型バンドのバンドパターン

A:GNK01-5 B:GNK02-2

レーンは左より, GR123, GR124, GR190, GR174, GR245, GR250, GR373, GR376, GR456, GR458, '琉球 3号', 214, マカリカリグラス, カブラブラグラス, 'パイカジ', 'ナツユタカ', 'ガットン', 'ナツカゼ'

図1に開発した SSR マーカーのうち GNK01-5 および GNK02-2 の2種類のバンドパターンを示す。異なる品種・系統ごとに1本~4本の明瞭なバンドが得られた。アレルも多型に富んでおり、品種を識別する上で有効な手段となり得ると考えられる。図1に示した GNK01-5 および GNK02-2 では、レーン右端から左へ 'ナツカゼ', 'ガットン', 'ナツユタカ', 'パイカジ' がそれぞれ異なるバンドパターンを示していた。このことから、既存品種の識別は開発した13種類の SSR マーカーで十分であり、このうちの1, 2種類を使用することで十分既存品種を識別できると考えられる。ギニアグラスと同属のカラードギニアグラス (*P. coloratum*) のうち, var kaburabura (カブラブラグラス) および var makarikariensis (マカリカリグラス) についても、開発した SSR マーカーでの検出を試みた。PCR によって増幅して得られるバンドの強度がカラードギニアグラスについては全体的に低い傾向が認められたものの、GNK01-5 のようにギニアグラスと同じアレルが観察されるものや、全くことなるアレルをもつもの、または GNK02-2 のようにバンドが出現しないものが認められた。調査した SSR マーカーの種類が13種類と少ないため、カラードギニアグラスへの SSR マーカーの適用についてはこれ以上の検討を行っていない。しかし、ギニアグラスやカラードギニアグラスを含む *Panicum* 属はイネ科のなかでも系統関係が未整理の種とされているため、近縁種の種の分類に役立つ情報が得られる可能性があり有効性が高いと考えられる。また、有性生殖である近縁の *P. trichocladum* や *P. infestum* のゲノム DNA を用いた SSR マーカーの開発も有効であることが示唆される。

表3 開発したギニアグラス SSR マーカーの性能

マーカー名	由来	アレル数	増幅断片の サイズレンジ	PD	PIC
GNK01-3	genomic	11	125-138	0.953	0.843
GNK01-4	genomic	6	144-173	0.599	0.512
GNK01-5	genomic	17	208-261	0.952	0.868
GNK02-2	genomic	39	140-228	0.968	0.951
GNK02-3	genomic	19	174-221	0.962	0.921
GNK02-4	genomic	20	166-193	0.963	0.889
GNK04-2	genomic	7	94-118	0.821	0.579
GNK05-1	genomic	15	99-140	0.933	0.824
GNK03-e2	EST	9	153-178	0.792	0.750
GNK03-e4	EST	12	88-110	0.887	0.787
GNK03-e19	EST	16	135-174	0.963	0.903
GNK03-e23	EST	13	135-171	0.931	0.831
GNK03-e47	EST	6	145-159	0.449	0.399

つづいて、13 種類の SSR マーカーについてはギニアグラス 77 系統でマーカーの識別能などの性能を確認した。バンドはギニアグラスが同質四倍体であるため、図 1 のように 1 本から 4 本の明瞭なバンドパターンを示した。また、得られた SSR マーカーのバンドパターンからそれぞれのアレル数、遺伝子型数、マーカーの識別能 (PD) および多型情報含有量 (PIC) を表 3 に示した。

これらのうち、GNK02-2 では 39 と最も多くのアレル数が観測され、PD 値は 0.968 を示した。いっぽう、GNK01-4 と GNK03-e47 ではアレル数は 6 と最も少ない観測値であった。GNK01-4 と GNK03-e47 の PD 値はそれぞれ、0.599 および 0.449 となった。調査した 13 の SSR マーカーでのアレル数の平均は 14.9、PD 値の平均は 0.859 となった。PD 値はシバや *Lolium* で観察されている値より高い値を示していたが、これは、異質四倍体のシバや二倍体の *Lolium* に比べて、ギニアグラスが同質四倍体であるため観測される遺伝子型の変異が便宜上大きくなるためであろうと考えられる。多型情報含有量 (PIC) は、GNK03-e47 で 0.399 と最も低く、GNK02-2 で 0.951 と最も高い値を示した。また、調査した 13 マーカーの PIC の平均値は 0.774 であった。PIC は SSR 領域に含まれる反復配列の反復数との相関が指摘されている<sup>3)</sup>が、ギニアグラスでも PIC 値と反復配列の反復回数に相関が認められた ( $r=0.60$ ,  $P=0.97$ )。濃縮ライブラリー法で得た SSR マーカーの PD の平均値は 0.894、PIC の平均値は 0.798 でアレルの平均値は 16.8 であった。EST 法の同じく平均値は 0.804、0.734 および 11.2 となり、濃縮ライブラリー法でどの平均値も高い数値となったが異なる作成方法間に統計的に有意な差は認められなかった。

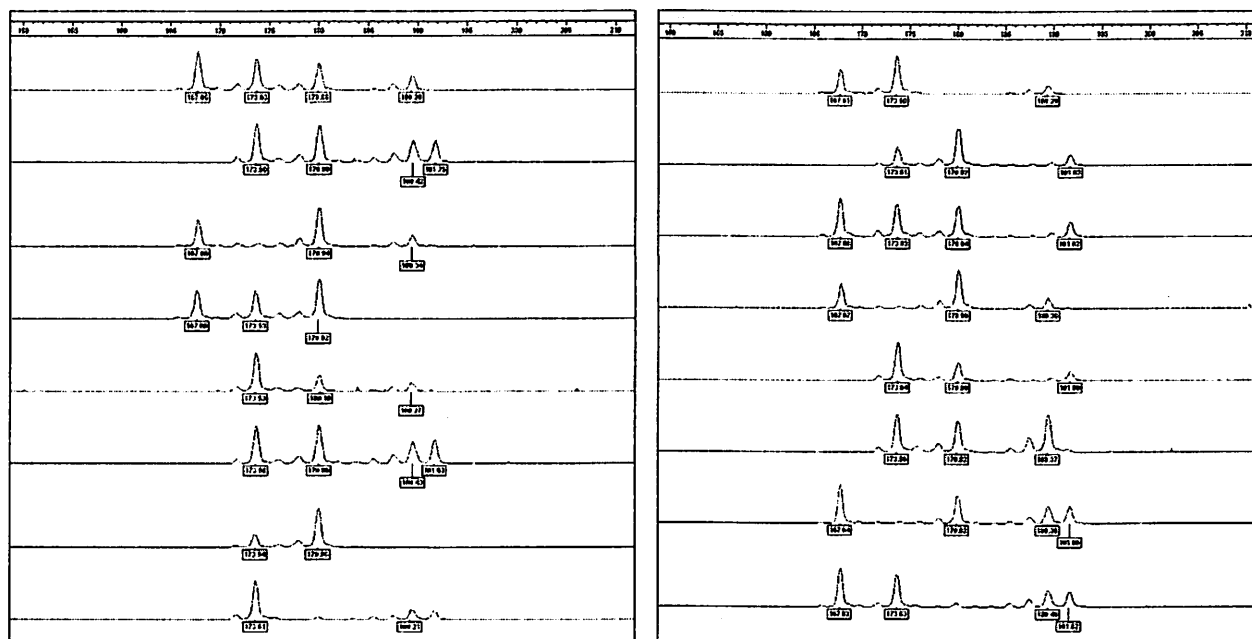


図2 開発した SSR マーカーの遺伝分離:各レーンは交雑後代のバンドパターンを示す。

交配系統を用いて実際の遺伝子型を推定する試みを行った。図 2 に GNK02-4 プライマーを用いた場合の SSR マーカーの遺伝分離を示すバンドパターンを示す。図 2 は、調査した 24 個体のうち 16 個体から得られたバンドパターンで、種子親は有性生殖系統 'Nho PL 1' および花粉親は品種 'ナツカゼ' である。遺伝分離のバンドパターンは種子親と花粉親の遺伝分離による SSR マーカーの分離パターンとして矛盾のない結果となった。このうち、GNK02-4/168bp (A) , /174bp (B) および/180bp (C) のマーカーは出現個体と欠損個体が 3:1 の出現頻度で認められるため、種子親および花粉親の双方が同じ遺伝子型を持っていると推定できる。また、GNK02-4/189bp (D) および/192bp (E) のマーカーはそれぞれ、種子親または花粉親だけに認められ、同様に 1:1 に分離した。以上から、GNK02-4 のマーカーの遺伝子型は有性生殖系統 'Nho PL 1' で ABCD および花粉親品種 'ナツカゼ' で ABCE であると推定される。



表4 開発した SSR マーカーの遺伝子型の推定

マーカー名	農1号	ナツカゼ
GNK01-3	ABBB	AAC-
GNK01-4	BC--	A---
GNK01-5	AC--	AB--
GNK02-2	DDD?	ABCD
GNK02-3	BD--	ADE-
GNK02-4	ABCD	ABCE
GNK05-1	AB--	B---
GNK03-e2	ABCD	AA--
GNK03-e4	AABC	ABCD
GNK03-e19	BBCD/BCDD	ACC-
GNK03-e23	AAB-/AB--	A---/AA--

同様に、GNK01-3, -4, -5 および GNK02-2, -3, -4, また、GNK03-e2, -e4, -e19, -e23 についてそれぞれ種子親有性生殖系統 'Nho PL 1' および 'ナツカゼ' で想定される遺伝子型について表4にまとめた。これらの遺伝子型の推定から、高い頻度でヌルアレル（バンドが出現しない）が観察された。ヌルアレルの存在頻度の高さは、ギニアグラスは同質四倍体ではあるが、部分的な異質性の混在の可能性が示唆される。

## V 引用文献

- 1) Morgan C. W. and Olivieri A. M. (1993) PCR-amplified microsatellites as markers in plant genetics. *Plant J* 3: 175-182.
- 2) Liu Z., Jarret W. R. L., Kresovich S. and Duncan R. R. (1995) Characterization and analysis of simple sequence repeat (SSR) loci in seashore paspalum (*Paspalum vaginatum* Swartz). *Theor Appl Genet* 91:47-52.
- 3) Jones E. S., Dupal M. P., Kolliker R., Drayton M. C. and Foster J. W. (2001) Development and characterization of simple sequence repeats (SSR) markers for perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Theor Appl Genet* 102: 405-415.
- 4) Tsuruta S., Hashiguchi M., Ebina M. et al. (2005) Development and characterization of simple sequence repeat markers in *Zoysia japonica* Steud. *Grassland Sci* 51: 249-257.
- 5) Hojito S. and Horibata T. (1982) Plant exploration, collection and introduction from Africa. *Nekken Shiryo* 58. Trop. Agric. Res. Ctr., Tokyo, Japan, 1-120.
- 6) Nakajima K., Komatsu N., Mochizuki N. and Suzuki S (1979) Isolation of diploid and tetraploid sexual plants in guineagrass (*Panicum maximum* Jacq.). *Jpn J Breed* 29:228-238.
- 7) Murray M. G. and Thompson W. F. (1980) Rapid isolation of high-molecular-weight plant DNA. *Nucl Acids Res* 8: 4321-4325.
- 8) Yamamoto T., Kimura T., Shoda M., Ban Y., Hayashi T. and Matsuta N. (2002) Development of microsatellite markers in the Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai). *Mol Ecol Notes* 2: 14-16.
- 9) Kloosterman A. D., Budowle B. and Daselaar P. (1993) PCR-amplification and detection of the human DIS80 VNTR locus. Amplification conditions, population genetics and application in forensic analysis. *Int J Legal Med.* 105:257-64.
- 10) Nei M. (1978) Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. *Genetics* 89: 583-590.
- 11) Pernès J. (1975) Organization Évolution D' un Groupe Agamique: La Section Des *Maximae* Du Genre *Panicum* (Graminées). *Memories ORSTOM*, 75. ORSTOM, Paris.

# ギニアグラスの遺伝資源の特性評価

蝦名真澄 幸喜香織 稲福政史\* 奥村健治\*\*

## I 要 約

ギニアグラス遺伝資源 200 点および品種 6 点について遺伝資源調査マニュアル<sup>1)</sup>に従って 1 次必須特性調査を行ったところ結果は以下のとおりであった。

1. 特性の平均は桿長で 111.6cm, 穂長で 29.2cm, 茎の太さで 1.94mm, 葉身長で 29.9cm, 葉身幅で 1.86cm および千粒重で 0.91g であった。
2. 特性のレンジは, 桿長が 54~183cm, 穂長は 12.5~56cm, 茎の太さは 0.85~4.1mm, 葉身長は 10.8~71.0cm, 葉身幅は 0.8~4.1cm および千粒重は 0.503~1.80g であった。
3. 調査した形質の主成分分析の結果, 第一主成分の寄与率は 54.9%, 第二主成分の寄与率は 14.0%, 第三主成分の寄与率は 12.6% で, 第三主成分までの累積寄与率は 81.5% となった。
4. 調査した形質の相関分析の結果, 葉身幅と茎の太さの間に最も高い相関が得られ, 相関係数  $r=0.872$  ( $p<0.01$ ) となった。千粒重の形質は調査した他の形態特性とは有意な相関関係が認められなかった。

## II 緒 言

ギニアグラス (*Panicum maximum* Jacq.) は, イネ科キビ亜科のキビ族に属するイネ科植物で, ケニア, タンザニアを中心とする東アフリカに自生している。多くは多年生, また, 一部は一年生の収穫量の暖地型牧草で, 広く世界の熱帯および亜熱帯で利用されている。交雑可能な近縁種として *P. trichocladum* と *P. infestum* が知られており<sup>2)</sup>, 染色体は  $2n=4X=32$  とギニアグラスと同様で, 東アフリカでは, これらと中間タイプを示す個体も認められている<sup>3)</sup>。

ギニアグラスの利用は広く世界の熱帯および亜熱帯で認められる<sup>4)</sup> が, 原産地のアフリカでは栽培利用が認められる地域よりさらに広域な気候条件で自生が認められている<sup>5)</sup>。原産地の適応地域は, 標高 0~2400m, 北緯 16.3 度, 南緯 25 度, 年間 700~1100mm の降水, 平均気温 19.1~22.9 度といわれている<sup>4)</sup>。ギニアグラスの原産地はマダガスカルを含むアフリカ全土であるが, 東アフリカに多くの変異個体が認められることからこの地域が適応発散の地域であろうと考えられている<sup>2)</sup>。

ギニアグラスのほとんどの遺伝資源は四倍体 ( $2n=4X=32$ ) のアポミクシスで, 自然界では約 7% の比率で有性生殖系統が存在しているといわれている<sup>6)</sup>。自然界ではこれらギニアグラスの有性生殖集団と, 交雑可能な近縁種である *P. infestum* および *P. trichocladum* がアポミクシス集団も含めて, 二倍体および四倍体を自発的な半数化および倍数化を経ながら様々な変異集団を形成しているものと考えられている<sup>7)</sup>。ギニアグラスはアポミクシスとしては条件的アポミクシスに分類され, アポミクシス個体であっても部分的に有性生殖胚を生じる<sup>8)</sup>。ギニアグラスの利用は, 原産地以外では, 奴隸船によりアメリカ大陸に運ばれカリブ海地方での利用が広まったのが始まりとされ, ブラジルでは現在でも 1700 年代に持ち込まれたものが 'Coloniao' という系統名で利用されている<sup>5)</sup>。その後, 米国やオーストラリアなどに遺伝資源が導入され, 1935 年にはオーストラリアで品種 'Hamill' が育成されている。また, 1940 年代から 80 年代にかけ, 米国, フランス, 日本を中心に精力的な遺伝資源収集と育種が行われ<sup>2)</sup>, これらの収集を経て 1976 年にはオーストラリアで放牧向けの耐霜性に富む品種として 'ガットン' が育成されている<sup>9)</sup>。

わが国におけるギニアグラス遺伝資源の導入は 1970 年代に先見的な導入が宝子戸ら<sup>10)</sup>により精力的に行われた。その後, 中島ら<sup>11)</sup>による二倍体有性生殖系統 'GR297' の発見は, 現在のギニアグラス育種に道を開く大きな発見で, その交雑後代からのアポミクシス品種 'ナツカゼ' の育成が行われた。さらに, 中川ら<sup>12)</sup>が二倍体有性生殖系統 'GR297' からコルヒチン倍化により四倍体有性生殖系統 '農 1 号' を作成した。これにより, アポミクシスを示すギニアグラス遺伝資源のほとんどと同じ倍数性での

交雑育種が可能となり、豊富な遺伝資源に見いだされる特徴的な形質を交配によって集積することが可能となっている。現在までの遺伝資源探査の結果、保存によって多少の重複はあるものの、自生地であるタンザニア、ケニアを中心に、南はモザンビーク、ジンバブエ、南アフリカ、北はウガンダ、エチオピア、スーダンにいたる地域におよぶ約2400点の豊富な遺伝資源が農業生物資源研究所ジーンバンクで保存されている。また、これらの遺伝資源から永年利用品種‘ナツユタカ’および単年利用品種‘ナツコマキ’などの優れた品種が開発されている。

### Ⅲ 材料および方法

#### 1. 材料

沖縄県畜産研究センターで遺伝資源の種子増殖事業を実施し、平成15および16年度に受け入れた200点の遺伝資源についてジーンバンクの遺伝資源特性調査マニュアルに従い1次特性を調査した。200点の遺伝資源は、自生地のアフリカより導入された遺伝資源、遺伝資源より発見された有性生殖系統との半兄弟系統、‘農1号’×‘ナツカゼ’の単交配全兄弟系統、および国際農林水産業研究センターの石垣支所で保存されていた来歴不明の遺伝資源系統を含んでいた。品種では‘ソイルクリーン’、‘ナツカゼ’、‘ナツユタカ’、‘ナツコマキ’、‘ガットン’および‘パイカジ’を用いた。

#### 2. 特性調査

特性調査は遺伝資源全体の開花盛期にあわせて行った。調査した特性は、草型、桿長、穂長、茎の太さ、葉身長、葉身幅、出穂期である。草型の調査は1立型～9ほふく型の観察評点で行い、草型の特性以外は測定値を用いた。また、出穂期は調査が2年間にわたるため、各年度の平均出穂日と系統毎の出穂日の差を出穂期として用いた。栽培は沖縄県畜産研究センター（今帰仁）にて、ジフィーポットに播種し約1カ月経過した苗を条移植して行った。施肥等の栽培管理は沖縄県の栽培指標に従って行った。統計解析はJMP (ver. 4.0, sas incorporation) を用いた。クラスター解析はWard法を用い、各クラスターに分類後、相関解析および主成分分析を行った。

### Ⅳ 結果および考察

#### 1. ギニアグラス遺伝資源および品種の特性

遺伝資源特性調査の概要を表1に示す。桿長の平均は111.6cmで、最大は‘農1号’×‘ナツカゼ’の単交配全兄弟系統の204-108の183cm、最小は遺伝資源有性生殖系統との半兄弟系統H8-4の54cmであった。穂長の平均値は29.2cmで、最大はエチオピア原産の遺伝資源系統GR313の56cmで、最小は半兄弟系統H11-3の12.5cmであった。茎の太さは平均が1.94mmで、最大は半兄弟系統H5-21の4.1mmで、最小は半兄弟系統H11-13の0.85mmであった。葉身長の平均値は29.9cmで、最大はタンザニア原産の遺伝資源系統TAI24-7-1の71.0cmで、半兄弟系統H4-19の10.8cmであった。葉身幅の平均値は1.86cmで、最大は愛知県指定試験で循環選抜されたGHR89-2の4.1cmで、最小は半兄弟系統H12-10の0.8cmであった。千粒重の平均は0.91gで、最大は有性生殖系統との半兄弟系統H8-4の1.8gで、最小は同じくH4-21の0.503gであった。出穂期では、最も晩生だったのがケニア原産の遺伝資源系統の73-514および73-705で、平均出穂日より45.2日晩生であった。また、最も早生だったのが、半兄弟系統H12-9および-10で平均出穂日より13.8日早生だった。半兄弟系統H12-10は用いた材料の中で最も早生で、葉身幅が狭い系統であった。沖縄県畜産研究センターで育成した‘パイカジ’は穂長が33.2cmで、調査した遺伝資源の穂長の分布から平均値から上位の四分位点の中間に位置していた。また、茎の太さは、1.5mmで同じく平均値から下位の四分位点の中間に位置していた。これに対して‘パイカジ’の対照品種となった‘ナツユタカ’では穂長が38.0cmと90%分位点に近く、茎の太さは2.9mmと同様に90%分位点付近であった。

表1 ギニアグラス遺伝資源および品種の特性値の概要

特性	単位	平均値	標準偏差	変動係数	レンジ		四分位点	
					最小値	最大値	上位	下位
草型	観察評点	4.41	1.13	25.6	2	7	5	4
桿長	cm	111.6	28.9	25.9	54	183	132.6	90.4
穂長	cm	29.2	8.6	29.5	12.5	56	35.5	21.5
茎の太さ	mm	1.94	0.76	39.2	0.85	4.1	2.6	1.2
葉身長	cm	29.9	11.4	38.1	10.8	71	36.4	20.8
葉幅	cm	1.86	0.68	36.6	0.8	4.1	2.5	1.3
千粒重	g	0.913	0.187	20.5	0.503	1.80	0.991	0.843
出穂期	±平均開花日	-	10.8	-	-13.8	45.2	5.2	-6.8

2. ギニアグラス遺伝資源および品種の特性値にもとづくクラスター解析

調査した特性値にもとづくクラスター解析を行い、200系統の遺伝資源系統を6系統の品種とともにグループ分けを行った。その結果、Ward法を用いて5つのクラスター数を設定した場合に、遺伝資源の来歴をある程度反映するグループ分けを行うことができた(図1)。グループ1は、‘ソイルクリーン’と‘ナツカゼ’を含むグループで、‘農1号’×‘ナツカゼ’の単交配後代のほとんどと、愛知県でナツカゼをもとに循環選抜された系統が含まれている。これらは、単年生が強く、採種性の良好な大型の系統で、多量の種子を作るために穂長が大きく、穂を支えるために茎が太いという特徴を持つ系統であると考えられる。また、グループ2は平成18年に育成された新品種‘パイカジ’を含むグループで、国際農林水産業研究センターの石垣支所で保存されていた来歴不明の系統や‘パイカジ’の半兄弟およびケニア原産のGR-250, GR-199およびエチオピア原産のGR373などが含まれている。このグループは茎の太さおよび穂長などの形態が調査した遺伝資源のなかでほぼ平均値に近い数値をとるグループとなっている。グループ3は‘ナツユタカ’を含むグループで、調査した自生の遺伝資源系統のほとんどがこのグループに属していた。このグループ3に含まれる遺伝資源はケニア原産の73-514, -705や-753さらにGR-144, -144および-199, また、タンザニア原産のTAI24および29などを含んでいた。また、グループ4はブラジルで育成された‘MOMBASA’および南アフリカ原産の遺伝資源GR428およびGR436を含む系統で、グループ2に比べ穂長がやや短く、かつ茎の太さがやや細い傾向がある。最後のグループ5は最も穂長が短く、かつ茎の太さが細い特徴があり、‘ガットン’および‘ナツコマキ’と‘パイカジ’の半兄弟が多く含まれていた。

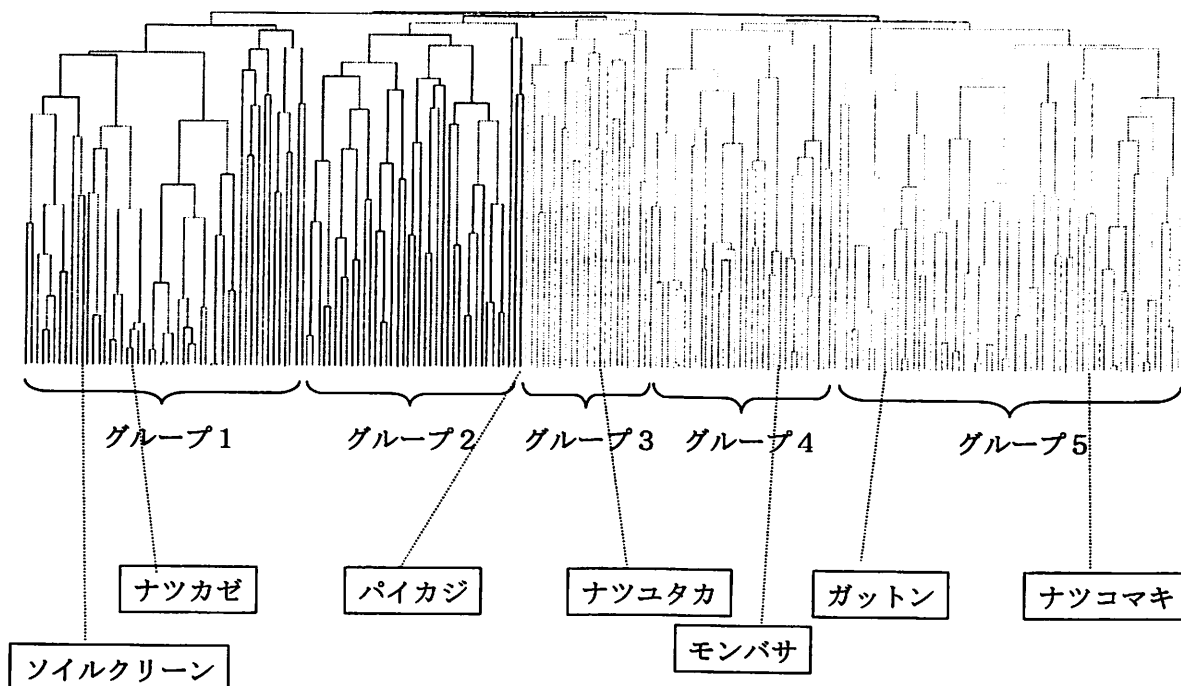


図1 形態特性によるギニアグラス遺伝資源のクラスター解析

## 3. ギニアグラス遺伝資源および品種の特性値にもとづく主成分分析

ギニアグラス遺伝資源および品種の特性値にもとづく主成分分析の結果を表2に示す。第一主成分の寄与率は54.9%となった。特性では穂長、茎の太さ、葉身幅および葉身長固有ベクトルが、それぞれ0.436, 0.442, 0.440 および 0.407 となった。第二主成分の寄与率は14.0%, 第三主成分の寄与率は12.6%で、第三主成分までの累積寄与率は81.5%となった。第二主成分固有ベクトルでは、草型および出穂期の固有ベクトルがそれぞれ0.578 および 0.557 となった。また、千粒重は第三主成分固有ベクトルが最大となった。各主成分固有ベクトルの大きさおよび寄与率から、調査した形態特性の分散を説明する特性は第一主成分では穂長、第二主成分では草型および第三主成分では千粒重であった。以上の3つ特性と第二主成分の出穂期の特性値は、ギニアグラス遺伝資源の各系統の特徴を捉えるための指標として優れていると考えられる。

表2 ギニアグラス遺伝資源および品種の特性値の主成分分析

	第一主成分	第二主成分	第三主成分	第四主成分
固有値	4.40	1.12	1.01	0.74
寄与率	54.9	14.0	12.6	9.0
累積寄与率	54.9	68.9	81.5	90.8
固有ベクトル				
草型	-0.206	0.578	-0.176	0.734
稈長	0.354	-0.420	-0.061	0.374
穂長	0.436	0.096	-0.053	0.124
茎の太さ	0.442	-0.080	0.007	0.097
葉身長	0.407	0.373	-0.010	0.034
葉身幅	0.440	-0.126	0.008	0.126
千粒重	0.011	0.100	0.981	0.150
出穂期	0.294	0.557	-0.020	-0.508

## 4. ギニアグラス遺伝資源および品種の特性の相関関係

ギニアグラス遺伝資源および品種の特性の相関関係を表3に示す。最も高い相関を示していたのは、葉身幅と茎の太さで  $r=0.872$ ,  $p<0.01$  であった。また、次に高い相関関係が認められたのは茎の太さと穂長で  $r=0.829$ ,  $p<0.01$  であった。千粒重は調査したどの特性とも相関関係が認められなかった。また、草型および出穂期はこれ以外の特性と比べ相関関係が弱かった。稈長、穂長、茎の太さ、葉身長および葉身幅には相互に強い相関が認められた。これらの相関関係から、ギニアグラスでは、大きな穂を支えるために太い茎が必要で、茎が太くなると、葉鞘部分が大きくなるため、それに伴い葉身幅も大きくなる傾向があることを示している。また、葉身幅が大きくなると葉身長も長くなる傾向があることが示唆される。

表3 ギニアグラス遺伝資源および品種の特性の相関関係

	草型	稈長	穂長	茎の太さ	葉身長	葉身幅	千粒重
草型							
稈長	-0.368 **						
穂長	-0.274 **	0.627 **					
茎の太さ	-0.388 **	0.689 **	0.829 **				
葉身長	-0.137 *	0.461 **	0.806 **	0.721 **			
葉身幅	-0.401 **	0.723 **	0.794 **	0.872 **	0.724 **		
千粒重	-0.037	-0.037	-0.005	0.027	0.05	0.025	
出穂期	-0.155 *	0.145 *	0.538 **	0.472 **	0.689 **	0.435 **	0.009

お互いの相関の強かった茎の太さと穂長およびお互いの相関の弱かった出穂期と穂長の相関関係を図2および3に示す。調査した遺伝資源系統には、交配による半兄弟および全兄弟の集団が含まれているが、特に相関の強い茎の太さと穂長の相関図では、遺伝資源集団全体の中で特性の分散が小さいため高い密度で分布しており、図2の等高線による分布密度表示で集中していることが示されている。これに

対して、相関が弱かった出穂期と穂長の相関図（図 3）では、交配による集団の分布が比較的分散している。これは、ギニアグラス育種を進めていく上で、ギニアグラス遺伝資源を用いて相関関係が強く認められた特性について、逆方向の育種改良目標を設定した場合、選抜集団を非常に大規模にする必要があることを示唆している。また、相関関係の弱い特性について相関関係とは逆方向の育種を行うことは比較的容易であることを示唆している。

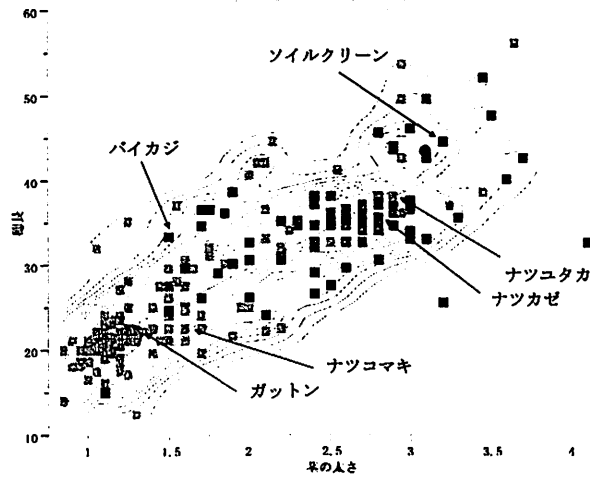


図 2 茎の太さと穂長の相関関係

幸喜ら<sup>13)</sup>はギニアグラス遺伝資源系統の消化率と茎の太さには相関関係が認められ、茎が太いほど消化率が低い傾向があると報告している。また、花穂そのものの消化率の低下は、刈り遅れによる全体の消化率の低下に最も影響すると考察している。消化率を向上させるためには、育種の1次選抜では茎が細く、穂の小さな系統を選抜することが消化率を向上させるために有効である。消化性を向上させるために茎の細い系統を選抜する方向に育種された品種にはブラジルで育成された‘マサイ’があげられる。‘マサイ’はフランスの遺伝資源を用いてブラジル EMBRAPA にて選抜・育成された系統であるが、葉身幅が細く、茎が細く、穂が小さいという特徴があり、穂の形態特性から *P. infestum* との自然交雑種であると予想されている。また、‘ガットン’は南アフリカの遺伝資源からオーストラリアで選抜された品種であるが、形態特性は茎が細く、穂が小さく、消化性には優れているものの、収量性の高い品種とはいえない。

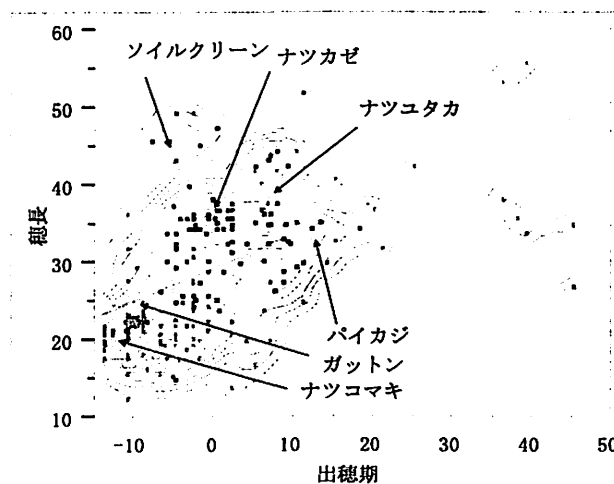


図 3 出穂期と穂長の相関関係

いっぽう、茎が太く、稈長が長い大型のギニアグラスは収量性が高い傾向<sup>14)</sup>が認められる。つまり、消化性を高くするには茎を細くし、穂を小型にする方向が有効であるが、収量性は下がる。そのため、ギニアグラスの重要な育種目標である収量性と消化性をあわせもつ品種を育成するためには育種方向としては、茎を細くし、葉伸長の長い系統を選抜するなど相関の高い形質を逆方向に育種選抜する必要がある、困難な育種方向であることが示唆される。そのため、例えば収量性と出穂期のように相関関係の小さな形質に注目し、収量性の高い晩生品種を育成することで、利用時期にはほぼ出穂しないような特性を持たせることが重要であると考えられる。

## V 引用文献

- 1) Nagamine T. and Takeda H. (1999) Forage crops: warm season grasses. *The Descriptors for Characterization and Evaluation in Plant Genetic Resources*. 1, 202-207, National Institute of Agrobiological Resources
- 2) Combes D. and Pernès J. (1970) Variations dans le nombre chromosomique du *Panicum maximum* Jacq. En relation avec le mode de reproduction. Sér. D. 270, 782-785, *Comptes Rendus Academie des Sci.*, Paris.
- 3) Savidan Y. H. (1982) Nature et hérédité de l'apomixie chez *Panicum maximum* Jacq. *ORSTOM Travaux et Documents*, 153. ORSTOM, Paris.
- 4) Duke J. A. (1983) *Panicum maximum* Jacq. (Poaceae: Guinea grass, Hamilgrass) *Handbook of Energy Crops*. Center for new crops and plant products. Purdue University, West Lafayette, 1-6.
- 5) Muir J. P. and Jank L. (2004) Guinea grass. *Warm-Season (C4) Grasses, Agronomy Monograph no. 45*. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, USA, 589-621.
- 6) Pernès J. (1975) Organization Évolution D' un Groupe Agamique: La Section Des *Maximae* Du Genre *Panicum* (Graminées). *Mémoires ORSTOM*, 75. ORSTOM, Paris.
- 7) Savidan Y. and Pernès J. (1982) Diploid-tetraploid-dihaploid cycles and the evolution of *Panicum maximum* Jacq. *Evolution* 36, 596-600.
- 8) Warmke H. E. (1951) Cytotaxonomic investigations of some varieties of *Panicum maximum*. *Am J Bot* 41, 5-11.
- 9) Edey L. A. and Miles J. F. (1976) A comparison of 60 *Panicum* introductions in SE Queensland. *Trop Grassl* 10, 79-88.
- 10) Hojito S. and Horibata T. (1982) Plant exploration, collection and introduction from Africa. *Nekken Shiryo* 58. Trop. Agric. Res. Ctr., Tokyo, Japan, 1-120.
- 11) Nakajima K., Komatsu N., Mochizuki N. and Suzuki S (1979) Isolation of diploid and tetraploid sexual plants in guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.). *Jpn J Breed* 29, 228-238.
- 12) Nakagawa H. and Hanna W. W. (1992) Induced sexual tetraploids for breeding guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.). *J Japan Grassl Sci* 38, 152-159.
- 13) 幸喜香織・伊藤康子・稲福政史・奥村健治・蝦名真澄・守川信夫 (2003) 高消化性ギニアグラス育成のための選抜法の開発, 沖縄畜試研報, 41, 123-130
- 14) 幸喜香織・蝦名真澄・稲福政史・奥村健治・伊藤康子 (2004) ギニアグラス新品種育成, 沖縄畜試研報, 42, 47-51

# ブラキアリア属の草地造成法の確立

## (1) 種子繁殖の可能性の検討

幸喜香織      蝦名真澄      中西雄二\*  
守川信夫      花ヶ崎敬資

### I 要 約

*Brachiaria brizantha* ‘MG5’ および ‘MARANDO’, *B. decumbens* ‘BASILISUK’, *B. humidicola*, *B. ruziziensis* および *B. hybrid* ‘MURATO’ の合計 6 草種・品種について、種子繁殖の可能性を検討するため採種性関連形質について調査したところ、その結果は以下のとおりであった。

1. 1 穂粒数はどの草種・品種も年次間で変動が認められず、安定した形質を示した。
2. ブラキアリア属の種子収量/株には、草種品種間で  $1.8 \sim 7.7 \times 10^4$  粒と大きな差が認められたが、稔実率は 40% 以下とすべての草種・品種で低い値となった。

### II 緒 言

アフリカ原産のブラキアリア属は多年性で、やせた酸性土壌でもよく育ち、過放牧に強い暖地型牧草である。また収量が高く、強い干ばつ耐性をもつことから、熱帯、亜熱帯の南アメリカの国々で約 9 千万 ha の草地に導入されており<sup>1, 2)</sup>、放牧地だけでなく、緑地としても利用されている。草地の 78% がブラキアリア属で構成されているブラジル<sup>2)</sup> では種子生産と販売が行われているが、種子が土を含むため、植物検疫の関係で日本への輸入は困難である。

ブラキアリア属は九州以北での開花結実が認められないが、亜熱帯気候の沖縄では開花結実するため、沖縄での採種、交配および育種が可能であると考えられる。

そこで、本報では、新導入暖地型牧草としての可能性が高いブラキアリア属の草地造成法を確立させるため、開花特性や種子繁殖特性などの採種性関連形質について調査したので報告する。

### III 材料および方法

#### 1. 試験地および試験圃場の土壌条件試験方法

沖縄県本島北部の沖縄県畜産研究センター内の圃場 (N26° 41' 03.9", E127° 56' 19.6") で、土壌は国頭マージの細粒赤色土で、礫が多い酸性土壌である。

#### 2. 供試材料および調査項目

供試材料は *Brachiaria brizantha* ‘MG5’ および ‘MARANDO’, *B. decumbens* ‘BASILISUK’, *B. humidicola*, *B. ruziziensis* および *B. hybrid* ‘MURATO’ の合計 6 草種・品種である。試験区は 1.5 × 1.5 m の 11 個体の個体植えとし、調査は 2005 年、2006 年の 2 年間実施した。

##### 1) 2005 年次の調査項目

開花特性調査は開花日、着粒種子数/花軸、花軸数/穂、1 穂粒数および稔実率 { (登熟種子 + 未登熟種子) / 全種子 } とした。

種子繁殖特性調査はアボミクス率、有性生殖率および生殖様式とした。

##### 2) 2006 年次の調査項目

開花特性調査は春期開花日、秋期開花日、着粒種子数/花軸、花軸数/穂、1 穂粒数、穂数、1 株あたりの種子量、稔実率 { (登熟種子 + 未登熟種子) / 全種子 } および稔実率 { 登熟種子 / 全種子 } とした。

#### 3. 調査方法

\* (独) 九州沖縄農業研究センター



開花が認められた順に開花日を調査した。開花後株ごとに支柱へ固定し、全花穂を網袋で被い、脱粒種子を含む種子全量を回収した。種子は室温、湿度30%で保存した。保存種子を用いて稔実率などの特性を調査した。また開花に伴い未熟花穂をサンプリングして透明化法による胚のう分析を行い、アポミクシス率、有性生殖率、稔実率および生殖様式を調査した。

#### IV 結 果

##### 1. 開花特性

2005 および 2006 年次のブラキアリア属の開花特性を表1, 2に示す。2005年次, 2006年次春から夏期および秋から冬期の開花日は‘MG5’が晩生, ‘BASILISUK’が早生と年次, 季節で安定した出穂を示した。‘MARANDO’, *B. humidicola*, *B. ruziziensis* および ‘MURATO’ は年次変動および季節変動が認められた。

1穂粒数を構成する要素である着粒種子数/花軸および花軸数/穂は, すべての供試材料において2005年次, 2006年次で年次変動が認められず, 安定した形質であった。

株あたりの種子収量は1穂粒数, 穂数ともに多い‘MG5’, *B. ruziziensis*, ‘MURATO’が高く, ‘MURATO’は $7.7 \times 10^4$ 粒と最も高かった。1穂粒数, 穂数ともに少ない‘BASILISUK’は種子収量が $1.8 \times 10^4$ 粒と最も低かった。‘MARANDO’は1穂粒数が多いが, 穂数が少なかったため, 種子収量が少なくなった。

子房に若干のふくらみがあると認められた種子も稔実種子とした場合の稔実率では‘MG5’が23.1%と最も低く, *B. ruziziensis*が89.2%と最も高かった。完全に登熟した種子のみを稔実種子とした場合の稔実率では, *B. ruziziensis*が39.8%と最も高く, ‘MARANDO’が7.7%と最も低くなった。

表1 *Brachiaria*属の開花特性 (2005年次)

形質/草種・品種	<i>B. brizantha</i>		<i>B. decumbens</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>B. ruziziensis</i>	<i>B. hybrid</i>	LSD0.05
	‘MG5’	‘MARANDO’	‘BASILISUK’			‘MURATO’	
2005年度開花日	10月31日	8月17日	8月24日	8月24日	10月25日	9月27日	
着粒種子数/花軸(粒)	30.4b	38.1b	23.6a	14.4a	17.3a	39.5b	10.60
花軸数/穂(粒)	6.3cd	3.3a	3.0a	2.3a	4.4b	7.0d	1.13
1穂粒数(粒)	191.5d	125.7c	70.8b	33.1a	76.1b	276.5e	11.98
稔実率(%)	91.2bc	83.7b	95.8d	81.7a	95.2c	82.0b	9.21

注1) 稔実率=(登熟種子+未登熟種子)/全種子。

注2) 異符号間で5%有意差あり。

表2 *Brachiaria*属の開花特性(2006年次)

形質/草種・品種	<i>B. brizantha</i>		<i>B. decumbens</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>B. ruziziensis</i>	<i>B. hybrid</i>	LSD0.05
	‘MG5’	‘MARANDO’	‘BASILISUK’			‘MURATO’	
春～夏期開花日	8月9日	6月20日	4月25日	5月5日	8月11日	8月9日	
秋～冬期開花日	12月5日	10月26日	10月12日	1月5日	10月20日	10月17日	
着粒種子数/花軸(粒)	34.2d	39.1e	27.5b	15.8a	26.7b	31.2c	1.77
花軸数/穂(粒)	5.1de	3.7c	3.2b	2.1a	4.8d	4.5d	0.27
1穂粒数(粒)	171.7d	146.3cd	89.8b	32.4a	126.0c	151.5cd	297.19
穂数(本/株)	306.3b	144.0a	202.8ab	-	475.5c	505.8c	101.02
種子収量/株( $\times 10^4$ 粒)	5.0b	2.1a	1.8a	-	6.0b	7.7c	1.79
稔実率(%) <sup>注1)</sup>	23.1a	72.3bc	84.0bcd	-	89.2d	69.8b	16.90
稔実率(%) <sup>注2)</sup>	8.9a	7.7ab	25.3b	-	39.8c	11.7ab	19.70

注1) 稔実率=(登熟種子+未登熟種子)/全種子。

注2) 稔実率=登熟種子/全種子。

注3) 異符号間で5%有意差あり。

##### 2. 種子繁殖特性

胚のう分析による種子繁殖特性の結果を表3に示した。*B. ruziziensis*は1S(有性生殖単胚)ab(雌性不稔胚)が観察され, 有性生殖率100%, 稔性率が91.8%となり, 種子繁殖による生殖様式は有性生殖であった。それ以外の草種・品種ではnA(アポミクシス多胚), SA(有性生殖+アポミクシス)およびnS(有性生殖多胚)など複雑な形態を示す胚のうが観察され, アポミクシス率は‘MG5’が84.7%と最も

高く，‘MURATO’が58.4%と最も低かった。種子繁殖による生殖様式は *B. ruziziensis* が有性生殖で、それ以外の草種・品種がアポミクシスであった。

表3 *Brachiaria*属の胚のう分析

草種	品種名	調査数		胚珠数					有性生殖率	アポミクシス率	生殖様式	
		個体数	小穂数	1A	nA	SA	1S	nS	ab	(%)		(%)
<i>B. brizantha</i>	‘MG5’	11	150	37	49	41	18	5		15.3	84.7	アポミクシス
<i>B. brizantha</i>	‘MARANDO’	10	109	28	21	28	31	1		29.4	70.6	アポミクシス
<i>B. decumbens</i>	‘BASILISUK’	10	111	40	18	13	38	2		36.0	64.0	アポミクシス
<i>B. humidicola</i>		10	82	44	2	7	28	1		35.4	64.6	アポミクシス
<i>B. hybrid</i>	‘MURATO’	11	137	31	23	26	44	13		41.6	58.4	アポミクシス
<i>B. ruziziensis</i>		9	158				145		13	100.0	0.0	有性生殖

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 ab:胚のうが存在しない雌性不稔胚

## V 考 察

本試験では沖縄県への新導入暖地型牧草としての可能性の高いブラキアリア属の草地造成法を確立させるため、本県でのブラキアリア属の採種性について調査した。

‘MG5’の開花日は2005、2006年次ともに晩生で年次間で変動が認められなかった。このことから、‘MG5’は開花結実に伴う品質低下が生じにくく安定して品質が高いことが示唆された。2006年次の開花特性の結果から、種子収量/株は‘MURATO’が $7.7 \times 10^4$ 粒と最も高く、‘BASILISUK’が $1.8 \times 10^4$ 粒と最も低かった。稔実率は8.9~39.8%と低く、Milesらの報告<sup>2)</sup>と一致した。南アメリカでは、ブラキアリア属の草地造成は栄養体によって行われていたが、現在では休眠打破した良質種子を用いて行われている<sup>1)</sup>。ブラキアリア種子は採種直後の発芽率は20%程度であるが、12カ月の保存で40%に上昇し、休眠打破には硫酸処理や機械処理などが可能であるとの報告がある<sup>1)</sup>。種子休眠性は現場での利用上発芽率に影響が大きいことが考えられる。今後は得られた新鮮な種子を用いて種子休眠性について、調査を行う予定である。

## VI 引用文献

- 1) 国際農林業協会(1998) 熱帯の飼料作物, 35-41
- 2) J. W. Miles, B. L. Maass, and C. B. do Valle(1996) *Brachiaria: Biology, Agronomy, and Improvement*, CIAT/Embrapa, CIAT Publication No259, Cali, Colombia, 1-288

研究補助：伊藝博志，宮城広明，比嘉正徳

# 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<sup>1)</sup>ギニアグラスの中に有性生殖個体が発見され<sup>2)</sup>，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<sup>3)</sup>，新たに15の有性生殖系統が発見されている<sup>4)</sup>。中島<sup>5)</sup>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<sup>6)</sup>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<sup>7)</sup>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<sup>6)</sup>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<sup>8)</sup>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		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		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<sup>9)</sup>は有性生殖<sup>2)</sup>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<sup>10)</sup>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<sup>11)</sup>、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<sup>12)</sup>。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, Sizuki 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

職員一覧表 (2007年3月31日現在)

参事兼所長 : 仲嶺マチ子

企画管理班 班 長 : 宮城正男  
主 幹 : 下地良則  
主 査 : 宮里豊子  
主 任 : 前原智恵子  
主 事 : 久保田 吏  
課 員 : 松田孝弘

農業技術補佐員 : 伊藝博志・小濱健徳・小波津明彦・又吉康成・仲程正巳  
宮城広明・石垣 新・宮里貴志・下地貴士・赤嶺圭作  
竹内千夏

研究主幹 : 守川信夫

〃 特別研究グループ 主任研究員 : 稲嶺 修

研究員 : 安里直和

飼養・環境班 班 長 : 与古田 稔

主任研究員 : 荷川取秀樹・金城 靖

研究員 : 鈴木直人・長利真幸・花ヶ崎敬資

育種改良班 班 長 : 蝦名真澄

主任研究員 : 仲村 敏・山城 存・比嘉直志

研究員 : 運天和彦・砂川隆治・大城まどか・幸喜香織・(欠)



2006年度 編集委員会

編集委員長：宮城正男

事務局長：守川信夫

委員：蝦名真澄

委員：山城存

委員：仲村敏

委員：鈴木直人

委員：長利真幸

事務局：稲嶺修・安里直和

---

## 沖縄県畜産研究センター試験研究報告（第44号）

平成19年8月23日 印刷  
平成19年8月23日 発行

発行所 **沖縄県畜産研究センター**

〒905-0426

沖縄県国頭郡今帰仁村諸志 2009-5

電話 0980(56)5142

FAX 0980(56)4803

印刷 **沖縄高速印刷株式会社**

〒901-1111

沖縄県南風原町字兼城577番地

電話 098(889)5513

FAX 098(889)5527

---