

# 細胞質雄性不稔系統を利用した青刈ソルガムの育種に関する研究

## 第1報 雑種の生草収量に及ぼす花粉親および種子親品種の効果\*

最上邦章・土居嘉明・古土井悠・荒田 久\*\*

要 1974 約

最上邦章・土居嘉明・古土井悠・荒田 久 ~~1974~~；細胞質雄性不稔系統を利用した青刈ソルガムの育種に関する研究 第1報 雑種の生草収量に及ぼす花粉親および種子親品種の効果 広島農試報 33:47~56

細胞質雄性不稔系統を種子親とする雑種 ( $F_1$ ) 273 組合せを用いて、雑種の生草収量に及ぼす親品種の効果について検討した。雑種は花粉親品種の群により、ソルゴー群雑種、ヘガリー群雑種、在来種群雑種およびスーダングラス群雑種に群別された。各雑種群は相互に形態的、生態的特性を異にし、収量性も異なっていた。雑種の生草収量に及ぼす親品種の寄与の様相を各雑種群別に分析した結果、ソルゴー群雑種、ヘガリー群雑種では花粉親品種の一般組合せ能力が、在来種群雑種では花粉親品種の一般組合せ能力と特定組合せ能力とが、またスーダングラス群雑種では種子親品種の一般組合せ能力と特定組合せ能力とがそれぞれ大きく寄与していることが明らかとなった。これらの結果に基づき、細胞質雄性不稔系統を利用した青刈ソルガム育種の可能性と問題点、本法に基づく育種の実用的な展開方法などについて、若干の考察を加えた。

### I 結 言

ソルガムは熱帯から温帯まで広く分布し、子実は食糧や濃厚飼料に、茎葉は青刈飼料に利用されている。

F. A. O. の調査によると、ソルガムの栽培面積はアメリカ、アフリカ、東南アジアを中心に約 5,200 万 ha (1966 年) で、コムギ、トウモロコシ、イネに次いでおり、その大部分は子実を得るための栽培で占められている<sup>6, 9, 11, 13, 15</sup>。

ソルガムの育種事業は馴化段階での自然淘汰や、農民による選抜を除けば、19 世紀末、アメリカで、グレイソルガムを主対象として展開されたものを端緒としているに過ぎず、その歴史は極めて浅い。<sup>9)</sup> アメリカでは事業開始当初から、導入品種の早生性、多収性、耐病性の付与を目標とした育種が展開され、1920 年以降にはコンバインを利用した栽培体系に対応するために、短稈化することが加えられた。こうした問題は基礎的な研究と育種事業場面の簡易検定法の開発とが相まって、多方面から追求され、着実に解決がはかられている。<sup>6, 9, 13, 15)</sup>

さらに、アメリカのグレイソルガム育種は、育種方法としての雑種強勢の利用、その手段としての細胞質雄性不稔系統の利用が採用されるに及んで飛躍的な進展をみせ、他に類をみない高いレベルでの多収性と安定性を獲得するに至っている<sup>6, 8, 9, 11, 13, 15, 18)</sup>。今日ではアメリカのみならず、世界各地で、細胞質雄性不稔系統を種子親とする 1 代雑種品種が育成され、広く栽培に供されている。

細胞質雄性不稔系統を青刈ソルガム育種に適用する試みは、アメリカにおけるソルガム栽培がグレイソルガムに集中していた事情から、グレイソルガムの場合よりやや遅く、1958 年 Craigmiles らによって初めて行われた<sup>4)</sup>。Craigmiles らはグレイソルガムの細胞質雄性不稔系統とスーダングラスとの雑種 ( $F_1$ ) が高い収量を示すことを指摘し、この雑種は放牧草として利用可能であると述べている。その後、本法については、異なる素材を用いて、Blum<sup>3)</sup>、樽本ら<sup>19~23)</sup>、荒田ら<sup>1)</sup>、最上ら<sup>10)</sup> によっても試みられ、本法が青刈ソルガム育種上、有効な育種方法であることが確認されている。さらに今日では、アメリカの種苗会社を中心に、細胞質雄性不稔系統とスーダングラスとの雑種品種が育成され、Sorghum-Sudangrass hybrid の名でスー

\* 本報の一部は日本草地学会第 22 回講演会で発表したものである。

\*\* 現広島県立畜産試験場企画調査部

ダングラスに替る放牧草として利用され、また我国では上記の雑種品種が青刈またはサイレージ用夏作飼料作物として、広く栽培されている。<sup>2, 10)</sup>

本報は1963年以来、広島農試で実施してきた青刈ソルガム育種事業で得られた結果の一部をとりまとめたものである。本報では我国における青刈ソルガム育種の実情とも関連して、検討対象を主として生草収量にしばり、育種事業推進のための資料を得ようとしている。

## II 材料および方法

本報に供試した材料はグレイソルガム細胞質雄性不稔系統を種子親(♀, 母方)とする雑種( $F_1$ ) 273組合せで、1967~71年に生産力を検定したものである。供試材料は交配に用いられた花粉親品種の群により、ソルゴ一群雑種、ヘガリー群雑種、在来種群雑種およびスーダングラス群雑種の4群に、また各群は種子親品種の稈長により、2 dwarf 群雑種、3 dwarf 群雑種、4 dwarf 群雑種の3群に細分し、計12群に群別されている。

Table 1. Characteristics of hybrids as classified with the group of pollen parents.

Pollen parents	Hight	Stem diameter	Tiller	Early vigor	Lodging	Leaf blights	Heading	Regrowth
Sorgo	high	thick	a few	poor	slightly	resistant	medium	somewhat poor
Hegari	high	very thick	a few	somewhat poor	none	resistant	late	somewhat vigorous
Japanese native	very high	somewhat thick	abundant	vigorous	slightly	somewhat susceptible	medium	vigorous
Sudan grass	somewhat high	somewhat thin	very abundant	very vigorous	none	somewhat susceptible	early	very vigorous

ートソルガムまたはソルゴの品種を花粉親として、これをグレイソルガム型の細胞質雄性不稔系統に交配して得られた雑種である。本群雑種は長稈、太茎で、分げつは少なく、形態的特性は花粉親品種に類似している。低温下での伸長性はやゝ劣り、倒伏も若干みられ、再生長もやゝ劣っている。しかし、すす紋病に対してはほぼ完全な耐病性を有している。熟期は中生に属するものが多いが、花粉親品種によっては後述のスーダングラス群雑種をしのぐ早生のものもみられる。

ヘガリー群雑種は短稈(2 dwarf, 稈長約120 cm)、太茎で、感光性を有するグレイソルガム品種ヘガリーとその派生品種・系統を花粉親として育成された雑種である。本群雑種は両親とも短稈であるにもかかわらず、熟性遺伝子の働き合いにより、 $F_1$ は著しく晩生となり<sup>12)</sup>長稈、太茎となる。1番草の分げつは比較的少ないが、再生時の茎数は決して少なくない。低温下での伸長はスーダングラス群雑種、在来種群雑種に比べるとやゝ劣っているが、既存のソルゴ品種よりは明らかに優れている。耐倒伏性、耐病性、再生長性はいずれも優れ、熟期は晩生に属するものが多い。

在来種群雑種は長稈、やゝ太茎の、本邦産在来ソルガムを花粉親とした雑種である。本群雑種は極長稈、やゝ太茎で、分げつもやゝ多く、形態的にはヘガリー群雑種

検討は3項に分けて行ない、まず、雑種各群の主要特性を花粉親品種の群別に整理し、特性の群間差異を明らかにした。ついで各群雑種の生草収量の分布様相を、雑種群別に標準品種との比較において検討し、生草収量分布の群間差異を指摘した。さらに供試雑種中より①同一年次、同一試験に供試され、②3組合せ以上の雑種に用いられている親品種に由来する雑種を、③親品種別に抽出し、④花粉親品種の群別に集計し、⑤花粉親品種および種子親品種のそれぞれについて要因分析を行ない、雑種の生草収量に及ぼす親品種の寄与の様相を明らかにしようとした。

## III 結果および考察

### 1 花粉親品種の群を異にする雑種群間の主要特性の差異

雑種群の主要特性の概要を、花粉親品種群別に第1表に示した。

ソルゴ群雑種は長稈、太茎で、汁性の茎をもつスィ

とスーダングラス群雑種との中間に位置している。低温伸長性、再生長性は極めて優れているが、花粉親品種によってはやゝ倒伏のみられるもの、若干ながらすす紋病に罹病しやすいものなどがある。熟期はおおむね中生に属している。

スーダングラス群雑種はやゝ長稈、細茎、極多けつ性のスーダングラス品種を花粉親として育成された雑種である。本群雑種は既述3群より、稈長は若干短かく、茎もやゝ細いが、分げつは極めて多い。低温伸長性、耐倒伏性、再生長性はともに優れているが、すす紋病に対しては、若干罹病性を有するものが多い。熟期は大部分が早生に属している。

以上のように、こゝに示した4雑種群は、形態的特性からみると長稈、太茎、少けつ型のソルゴ群雑種、ヘガリー群雑種から、やゝ長稈、細茎、多けつ型のスーダングラス群雑種まで、また生態的特性の上からは早生のスーダングラス群雑種から、晩生のヘガリー群雑種まで、低温伸長型のスーダングラス群雑種から、低温下での伸長が緩慢なソルゴ群雑種まで、群間に多様な変異が認められ、既に最上ら<sup>10)</sup>が指摘したように広域な栽培地に対応する上では、これらの雑種の特性の使いわけが育種事業上重要な意味をもつものといえる。

Table 2. Distribution of green forage yield of hybrids as classified with the group of pollen- and seed-parents.

Pollen parents	Seed parents (Cytoplasmic malesterile lines)																			
	2 dwarf					3 dwarf					4 dwarf					Total				
	I	II	III	IV	Total	I	II	III	IV	Total	I	II	III	IV	Total	I	II	III	IV	Total
Sorgo			4	5	9	7	19	27	53					2	2	7	23	34	64	
					(13)				(11)											
Hegari	2	11	6	1	20	3	9	8	20	3				3	5	23	14	1	43	
	(65)				(60)				(100)						(65)					(16)
Japanese native	4	6	4	1	15	15	15	12	9	51	1				1	20	21	16	10	67
	(67)				(59)				(100)						(61)					(25)
Sudan grass	4	2	2		8	5	15	30	32	80	1	1	7	2	11	10	18	39	32	99
	(75)				(25)				(18)						(28)					(36)
Total	10	19	16	7	52	23	46	69	68	204	2	4	7	4	17	35	69	92	77	273
	(56)				(19)				(34)	(75)					(35)					(6)
																				(38)
																				(100)

Notes: Green forage yield classes of I, II, III, and IV indicated very high, high, somewhat low and low respectively. Check varieties used here were confirmed their high productivity and ranked in class II. Numericals in parenthesis showed the relative frequencies (%) in each group.

2 親品種の群を異にする雑種群間の生草収量の分布様相にみられる差異  
 雑種の生草収量の分布を、親品種群別に、第2表、第1図に示した。

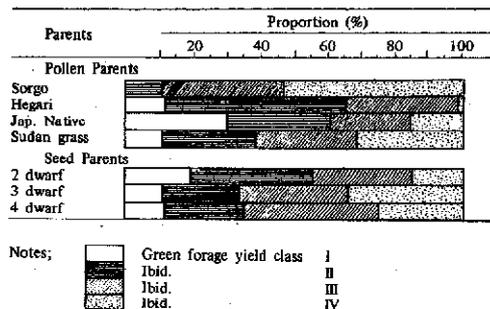


Fig. 1 Comparison of the proportions of hybrids with each class of green forage yield among the groups of hybrids.

生草収量の分布は収量段階 I → IV の頻度 (雑種数) で表示し、I を極多収、IV を低収とし、その中間を II, III とした。当場における多収標準品種は II に段階づけ、I と II とを一応多収雑種と考えた。なお、標準品種としてはスーダングラス群雑種にはスイートソルゴを、その他の雑種にはハイブリッドソルゴを用いた。

供試全雑種の収量段階別出現頻度は、I に属するもの約 13%、II は 25%、III は約 34%、IV が約 28% で、I + II の合計頻度は約 38% であった。

I + II の頻度を花粉親品種群別にみると第 1 図に示すように、ヘガリー群雑種で最も高く 65% で、在来種群雑種 61%、スーダングラス群雑種 28%、ソルゴ群雑種

11% で、全体的にはヘガリー群雑種、在来種群雑種はやや多収であり、ソルゴ群雑種は低収であり、スーダングラス群雑種はその中間に位置していることが伺われる。

育種事業上最も重要な I の出現頻度については在来種群雑種が最も高く約 30%、ついでヘガリー群雑種約 12%、スーダングラス群雑種約 10% で、ソルゴ群雑種では全く認められていない。このことはソルゴ群雑種を除き、他の 3 群雑種では現在市販されている品種をしのご多収な雑種を育成する可能性があることを示している。

一方、I + II の頻度を種子親品種群別にみると、全体としては 2 dwarf 群でやや高く、3 dwarf 群、4 dwarf 群ではこれよりやや低くなっている。しかし、この傾向は花粉親品種の群によって出現様相を異にし、スーダングラス群雑種ではやや明瞭であるが、他の 3 群では全く認められていない。このことは I の出現頻度についても同様で、スーダングラス群雑種についてのみ種子親品種の稈長の寄与が認められる。

以上の結果と既述の主要特性の群間の差異とを合せて考察すると、ソルゴ群雑種については長稈、太茎で耐病性を有していることなど優れた点も少なくないが、低温伸長性、再生長性、耐倒伏性に難点をもつのみならず、第 2 表、第 1 図に示すように、全般的に収量性も低く、とくに多収な雑種を得る可能性は極めて低い。従って、長稈、太茎型の品種としては、再生長性、耐病性、耐倒伏性でソルゴ群雑種を上まわり、多収性雑種が得られる可能性の高いヘガリー群雑種に依存することが有利であろうと考えられる。

つぎに在来雑種雑種は、多収雑種を得る可能性は供試 4 群中最も高く、その意味では極めて有望であると判断される。しかし、若干倒伏がみられ、すす紋病に対しても耐病性が完全でないなどの問題もあるので今後収量性と同時にこうした特性についての検討が不可欠であろう。

ユーダングラス群雑種はやや細葉、多けつ性で、既述 3 群とは形態を異にし、その生態的特性からは多回刈を想定することができる。群全体としての収量性は必ずしも高いとはみなし難いが、市販品種をしのぐ品種育成の可能性は既に示唆した通りである。しかし、耐病性に若干の問題を残しており、本群に属する雑種品種の栽培が拡大された場合には、すす紋病を中心とする病害の発生が懸念される。従って本群雑種については耐病性の検討を不可欠の要素として加えてゆくことが肝要であるといえる。

### 3 雑種の生草収量に及ぼす親品種の効果

前項では主として、花粉親品種の群を基準にして分類された雑種群間の比較を取り扱った。本項では、この分類された雑種群のそれぞれについて、同一雑種群内における雑種の生草収量に対する親品種の寄与の仕方について検討を加える。この種の検討は本来、その分析手法と対応した設計がなされなければならないが、ここでは既述の条件を設定した上で、検討素材を抽出し、予備的に検討を試みた。

#### 1) ソルゴー群雑種

ソルゴー群雑種における花粉親および種子親品種が雑種の生草収量に及ぼす効果についての分析結果を第 3、4 表に示した。本群についての分析は 1 元配置の分散分析によった。

ここに示す親品種間分散は、同一の親品種に由来する雑種群の平均値の変異の大きさを示すもので、この値が有意性を示すことは、同一花粉親品種に由来する雑種群の平均値の差が、花粉親品種によって大きく寄与されている、すなわち、花粉親品種の平均的な能力が雑種の生草収量に大きく寄与していることを示している。また、ここでは 1 元配置で分析したため残渣分散の有意性は検定できないが、この中には種子親品種の平均的效果の分散と両親間の交互作用効果に基づく分散および誤差の分散とが包含されている。

Table 3. Effect of the pollen parents on the green forage yield of hybrids in Sorgo group hybrids.

Year	Sources of variation	d. f.	Mean square	F value
1967	Among the parental lines	5	55773	5.68**
	Residuals	22	9822	
1968	Among teh parental lines	5	134891	3.90*
	Residuals	22	34591	
1969	Among the parental lines	6	14852	4.98**
	Residuals	36	2977	

第 3 表に明らかなように、本群雑種では、花粉親品種間の分散は各年次とも有意に大きく、雑種の生草収量は花粉親品種のもつ平均的效果が寄与していることが明

かである。

Table 4. Effect of the seed parents on the green forage yield of hybrids in Sorgo group hybrids.

Year	Sources of variation	d. f.	Mean square	F value
1967	Among the parental lines	5	1952	-
	Residuals	16	228119	
1968	Among the parental lines	4	16632	-
	Residuals	15	56373	
1969	Among the parental lines	6	7656	1.57
	Residuals	29	4899	

一方、種子親品種の効果については第 4 表に示した。これによると、種子親品種間の分散は、残渣分散に対しては有意性を示さず、花粉親品種に比べて平均的效果の寄与は著しく少ないことが明らかである。

第 5 表には本群雑種の 1968 年の成績の概要を示したが、ここでは同一花粉親品種に由来する雑種群の平均値間の差異と同一種子親品種に由来するそれとを比較すると同時に、同一花粉親品種または種子親品種に由来する雑種群の群内変異を変異係数で比較している。前者については花粉親品種を異にする場合に変異が大きい。後者については同一花粉親品種に由来する雑種群の群内変異は変異係数で 1.6 ~ 27.3% であるのに対し、同一種子親品種に由来するそれは 14.6 ~ 43.2% で著しく大きい。このことは既述の分析結果を具体的に裏付けるもので、本群では花粉親品種の平均的效果の寄与が著しく大きいことを示唆している。

Table 5. Variation of the green forage yield within the hybrids derived from the same parental lines in Sorgo group hybrids.

Common parents	Number of hybrids	Mean yield Kg/a	Coefficient of variation %
<b>Seed parents</b>			
Combine Kafir 60	3	557	43.2
Combine Kafir 606	4	432	40.9
398	4	562	27.8
3197	4	550	30.2
Combine Kafir 605	5	531	14.6
<b>Pollen parents</b>			
Sugar Drip	3	645	1.6
Amber Black	5	419	18.9
Rancher	5	461	17.1
Kafir, Sweet colored	5	614	27.3
Axtell	5	450	13.8
Tracy	5	663	14.5

#### 2) ヘガリー群雑種

ヘガリー群雑種における花粉親および種子親品種が雑種の生草収量に及ぼす効果についての分析結果は第 6、7 表に示す通りである。なお、本群についての分析は 2 元配置の分散分析によっている。

第 6 表に明らかなように、本群雑種では雑種間分散の大部分が花粉親品種間の分散によって占められており、

Table 6. Effect of the pollen parents on the green forage yield of hybrids in Hegari group hybrids.

Sources of variation	d. f.	Mean square	F value
Among the hybrids	29	1317	2.58**
Among the parental lines	5	5326	10.43**
Within the same parental lines	24	482	—
Error	58	511	

Table 7. Effect of the seed parents on the green forage yield of hybrids in Hegari group hybrids.

Sources of variation	d. f.	Mean square	F value
Among the hybrids	30	1352	2.63**
Among the parental lines	4	674	—
Within the same parental lines	26	1475	2.83**
Error	60	515	

極めて高い有意性を示している。これに対して、同一花粉親品種内雑種間分散には、全く有意性が認められていない。このことは本群雑種では同一花粉親品種を異なる種子親品種に交配しても、得られた雑種の生草収量の差は僅少である。すなわち、種子親品種の平均的效果や両親間の交互作用に基づく効果の寄与は極めて小さいことを示している。

第7表は上記の結果をそのまま反映したもので、種子親品種間の分散は誤差分散に対しても有意性を示していない。

以上のことから本群雑種では雑種の生草収量は主として花粉親品種の平均的效果によって決定され、種子親品種の平均的效果、両親間の交互作用に由来する効果はほとんど寄与していないとみなせる。

### 3) 在来種群雑種

在来種群雑種における花粉親および種子親品種が雑種の生草収量に及ぼす効果についての分析結果は第8、9表に示した。分析はヘガリー群の場合に準じて行なった。

Table 8. Effect of the pollen parents on the green forage yield of hybrids in Japanese native group hybrids.

Sources of variation	d. f.	Mean square	F value
Among the hybrids	35	2985	6.05**
Among the parental lines	4	146890	99.6**
Within the same parental lines	31	1474	2.99**
Error	70	493	

花粉親品種の効果についての分析結果は第8表に示す通りである。花粉親品種間の分散は極めて高い有意性を示し、同時に同一花粉親品種内雑種間分散も有意性を示している。従って第8表からは本群雑種では花粉親品種の平均的效果と、これに加えて、種子親品種の平均的效果または両親間の交互作用に基づく効果、あるいはその

両者が関与していることが伺われる。しかし、そのいずれであるかについては、第9表の結果と併せて考察しなければ明らかにできない。

Table 9. Effect of the seed parents on the green forage yield of hybrids in Japanese native group hybrids.

Sources of variation	d. f.	Mean square	F value
Among the hybrids	18	2473	3.81
Among the parental lines	3	3332	1.45
Within the same parental lines	15	2302	3.55**
Error	36	649	

第9表では、同一種子親品種内雑種間分散が高い有意性を示すのみで、種子親品種間の分散は、検定分散に誤差分散を用いても有意性を示していない。この結果は、本群雑種の生草収量には種子親品種の平均的效果の寄与は大きくないことを示唆し、同時に第8表にみられた同一花粉親品種内雑種間分散の有意性は、主として両親間の交互作用に基づく効果に由来することが明らかである。

以上のことから本群雑種では、雑種の生草収量は、花粉親品種の平均的效果と両親間の交互作用に基づく効果とによって寄与されており、その相対的な寄与の大きさでは、前者が著しく大きいことが明らかとなった。

### 4) スーダングラス群雑種

本群雑種についての結果は第11～12表に示した。第10、11表の分析はヘガリー群雑種の場合に準じて、第12表は2面交配による要因分析<sup>22, 23)</sup>によっている。

Table 10. Effect of the pollen parents on the green forage yield of hybrids in Sudan grass group of hybrids.

Sources of variation	d. f.	Mean square	F value
Among the hybrids	21	1772	5.35**
Among the parental lines	5	2615	1.73
Within the same parental lines	16	1509	4.55**
Error	42	331	

Table 11. Effect of the seed parents on the green forage yield of hybrids in Sudan grass group hybrids.

Sources of variation	d. f.	Mean square	F value
Among the hybrids	20	1765	6.88**
Among the parental lines	4	5873	7.95**
Within the same parental lines	16	738	2.88**
Error	40	257	

第10表では、同一花粉親品種内雑種間分散が、第11表では種子親品種間分散と、同一種子親品種内雑種間分散が、また第12表では両親間の交互作用がそれぞれ有意性を示している。このことは本群雑種の生草収量は、種子親品種の平均的效果と両親間の交互作用に基づく効果とによって寄与されていることを示しており、両効果の寄与の相対的な大きさでは後者が大きいことを伺い知ることができる。

Table 12. Diallel analysis on the green forage yield of hybrids in Sudan grass group hybrids.

Sources of variation	d. f.	Mean square	F value
Among the hybrids	29	12639	2.35**
Among the pollen parents	4	18669	1.76
Among the seed parents	5	15978	1.51
Interaction	20	10598	1.97*
Error	58	5382	

## IV 論 議

### 1 細胞質雄性不稔系統を利用した青刈ソルガム育種の可能性と問題点

1944年 Jones & Davis は細胞質雄性不稔系統が作物育種に利用できることを初めて指摘し、栄養体を主対象とする作物での本法の体系を確立した<sup>7)</sup>。その後、本法は子実を主対象とする作物の育種事業にも、適当な稔性回復系統が得られれば、その効果が十分期待できることが確認され、近年は作物本来の生殖方法の如何を問わず、広く検討が進められている。

本法は①雑種強勢を十分に利用できる、②均一な集団を得ることができる、③F<sub>1</sub>集団が容易に大量に得られる、など従来の育種方法に比べて、育種効果、育種操作、素材の取り扱いの各面で、優れた点が多い。

ソルガムの細胞質雄性不稔系統は Stephens & Holland によって初めて見出され、利用体系が確立された。この方法はただちにグレイソルガム育種に採用され、既述の輝かしい成果をもたらしている。

本法の青刈ソルガム育種への適用は Craigmiles<sup>4)</sup>、Blum<sup>3)</sup>、樽本ら<sup>19~23)</sup>、荒田ら<sup>1, 2)</sup>、によって試みられ、本法が有効な育種方法であることを認めている。これらの試みはいずれもグレイソルガム型の細胞質雄性不稔系統を用いたものであるが、グレイソルガム型以外の細胞質雄性不稔系統については、検討された例が極めて少ない。最上ら(未発表)はグレイソルガム型細胞質雄性不稔系統に、ソルゴーを戻し交配して育成したソルゴー型細胞質雄性不稔系統の利用の可能性を検討したが、当該系統は組合せ能力が低く、雑種の収量性が低いのみならず、長稈で倒伏もやや多く、採種上にも問題点が多いことを指摘し、現段階では利用し難いと結論している。また Craigmiles らによって育成された<sup>5)</sup>スーダングラス型の細胞質雄性不稔系統については最上ら(未発表)が若干検討を加えたが、当該系統は完全な不稔性を示すが、種子親として用いるには長稈にすぎ、採種効率も若干劣り、またこれを用いて育成されたF<sub>1</sub>は初期生育が緩慢に過ぎるなど、なお改良が必要であり、当面は利用し難いことを認めている。

一方、雑種品種育成に用いる花粉親品種については、樽本ら<sup>20)</sup>、荒田ら<sup>1)</sup>、最上ら<sup>10)</sup>が検討を加え、樽本はヘガリー系品種、スーダングラスを花粉親とすれば多収な雑種が得られることを認め<sup>21, 22, 23)</sup>、また荒田らは本邦在来種も高い組合せ能力をもつとしている<sup>1)</sup>。さらに、これらの1代雑種品種の採種については荒田らは「セン

ダチ」を対象として検討し、グレイソルガム型の細胞質雄性不稔系統を用いる場合、種子は十分国内で生産できるとし、その具体的な方法を提示している<sup>2)</sup>。

他方、我国における青刈ソルガム育種事業については最上ら<sup>10)</sup>は、これが育種事業の初期段階にあるとして、当面は収量性と若干の特性、たとえば再生長性、低温伸長性、耐倒伏性などの改良に重点がおかれなければならないと述べている。

以上の経緯をふまえた上で、育種事業の立場から、細胞質雄性不稔系統を利用した青刈ソルガムの育種の可能性と問題点について、若干の考察を加えてみたい。

我国における青刈ソルガム栽培は若干の例外的な事例を除き、西南暖地における畜産業振興が重点施策として採りあげられるに至って本格的に開始され、近年では従来の青刈トウモロコシに替り広く栽培され、青刈飼料またはサイレージ源として利用されている。ソルガムの栽培上の利点は既に荒田ら<sup>2)</sup>、最上ら<sup>10)</sup>が指摘したように多岐にわたっているが、現情からは①多収であること、②倒伏・病害虫の被害が少なく、作業上も飼料確保の上からも安定していること、③種子の入手が容易なこと、などに基いている。こうした事情を反映して品種に対する要望も①収量性、②耐倒伏性、③再生長性、④低温伸長性等に集中している。これを可及的に結合した形で実現するためには収量性の確保が不可欠であり、その手段としては雑種強勢を積極的に利用することが有効であろう。さらにその他の重要形質の附与については、両親品種・系統、とくに花粉親品種を十分に吟味し、得られた雑種については十分な特性調査を実施することで、当面の品種育成は可能であると考えられる。こうした見地から、現行青刈ソルガム育種を展開してゆくとすれば、当面は細胞質雄性不稔系統を利用した1代雑種品種の育成に重点がおかれるべきであろう。このことは我国での栽培品種の推移、すなわち純系の在来種→純系の導入品種→F<sub>2</sub>またはF<sub>3</sub>を利用した交雑品種→1代雑種品種、からも十分裏付けされていると考えてよいであろう。

つぎに育種素材については、種子親となる細胞質雄性不稔系統は、既に述べたようにソルゴー型、スーダングラス型は未だ問題があり、当面はグレイソルガム型に依存すべきであろう。しかし、既に導入されているグレイソルガム型の雌性不稔系統は、アメリカにおけるグレイソルガムの育種事情から、いずれも早生、短稈、少けつ性となっており、栄養体を利用する青刈ソルガム育種では、十分な変異を包含する素材とはみなし難い。たとえば熟期については、一部の極早生系統を除き、雌性不稔系統間の出穂期の変異は7~10日程度であるため、花粉親として利用できる品種・系統はこれと対応して著しく制限されることになる。また、形態的特性の上からは変異を種子親に求め難いため、変異源を専ら花粉親に求めなければならないことなど、育種素材としては不十分な点を残しており、今後、その変異幅の拡大を計ることが不可欠の要素となるであろう。

一方、花粉親品種については既述のように、当面はヘガリー系品種、本邦在来種、スーダングラスなどが有望

視される。これらの雑種は相互に特性を異にしていることから、その特性の使いわけによってある程度まで多様な地域、利用形態に対応してゆくことが可能であろうと考えられる。この点については最上ら<sup>10)</sup>が若干の可能性を示唆しているが、今後の検討に待つところが大きい。現在の育種素材については、既述のように種子親品種では変異が期待できないため、雑種品種の多様化を計る上では、その変異を専ら花粉親に依存しなければならない。このことは、花粉親品種の選定が、我国における青刈ソルガム育種上最も急を要する課題であると言える。そのためには広く世界各地に素材を求めるとともに、これを可及的速かに検定する方法の確立が併行されねばならないであろう。

最後に細胞質雄性不稔系統を利用した育種方法に関する重要な問題点を指摘する。近年、トウモロコシでは細胞質雄性不稔系統を用いた1代雑種で耐病性が特異的に低下することが報告されている。トウモロコシでは細胞質雄性不稔をもたらず細胞質には約30の型があり、これらの細胞質はそれぞれ稔性回復遺伝子を異にしている。現在利用されている系統は、稔性回復遺伝子が広く発見されているTexas型の細胞質雄性不稔系統であるが、この型の雄性不稔系統を用いた1代雑種ではSouthern corn leaf blights(ゴマハガレ病)に対する耐病性が極度に低下し、各地のトウモロコシ生産に打撃を与えている<sup>24)</sup>。こうした現象は育種事業当初からみられたものではなく、細胞質雄性不稔系統の利用が十分確立された時点で、突発的に発生したものである。ソルガムでは現在までのところ、トウモロコシにみられたような徴候は認められていないが、植物分類上の類縁関係がトウモロコシに近く、対象病害の病原もトウモロコシと共通のものが多きことなどから、細胞質雄性不稔系統を利用した1代雑種で耐病性低下現象が発現する可能性は十分内包されていると考えてよいであろう。従って青刈ソルガム育種においても、細胞質雄性不稔系統を利用する限り、可及的多数の病害を対象に、耐病性についての配慮をおこたぬよう十分留意することが重要であろう。栽培現地における病害発生事情に十分留意しておくことが、こうした突発的な障害に対処する上では極めて重要であろう。

## 2 生草収量にみられる雑種強勢の発現様相とその育種事業上の意義

Sprague & Tatumは雑種強勢の発現の解析に当り、これを一般組合せ能力と特定組合せ能力とに分けて検討することを提唱し、前者を「1つの品種、系統の雑種組合せにおける平均的生産力」、後者を「特定雑種の生産力と一般組合せ能力から推定された値との偏差」と定義している<sup>16)</sup>。

本報Ⅲ-3で取り扱った材料は供試雑種の数、質とも、この種の分析を行なうための十分な条件を満たしているとは考えられないが、予報的な意味で、全般の雑種を扱う上では、一応群全体を代表し得るものであると考えられる。結果の項で既に述べた様に、本報では雑種強勢効果の発現に関わる要因について「親品種間」、すなわち親品種のもつ平均的效果と「同一親品種内雑種間」、すな

わち分析対象となった親品種の平均的效果以外の効果とにおいて、花粉親、種子親の両面から検討を加えている。従ってこの検討から導かれる要因は、①花粉親品種の平均的效果、②種子親品種の平均的效果および③両親間の交互作用に基づく効果の3者で、その有意性の検定から各要因の寄与の大きさを推定しようとしている。しかるに、これらの要因は、組合せ能力に関するSprague & Tatumの定義と内容を等しくし、①と②とは一般組合せ能力、③は特定組合せ能力に対応している。本項では以下この概念に従うこととする。

青刈ソルガムを対象とした雑種強勢の発現様相に関する研究はBlumら<sup>3)</sup>、樽本ら<sup>20, 21, 22, 23)</sup>にその例を見るのみで、グレイソルガムを対象としたこの種の検討に比べて極めて少ない。Blumらは本報で取り扱ったソルゴー群雑種と同様なソルゴー品種を花粉親とする雑種を検討し、生草収量への寄与は花粉親品種の一般組合せ能力の寄与が極めて大きかったと述べている<sup>3)</sup>。また樽本・大泉はグレイソルガム、ソルゴー、スーダングラス各2品種を相互交配したF<sub>1</sub>について、雑種の生草収量には特定組合せ能力の寄与が大であることを指摘している。さらに同氏らはグレイソルガム型細胞質雄性不稔系統6系統にHegari, Tennessee Red Top, Sweet sudanを交配した雑種では生草収量は花粉親品種の一般組合せ能力に依存していたことを明らかにしている<sup>21)</sup>。

本報では既述したように雑種の生草収量には花粉親品種の寄与が極めて大きいことが指摘され、同時に群別の検討から、用いた花粉親品種の群によりその寄与の様相が異なっていることを明らかにした。

すなわち、ソルゴー群雑種およびヘガリー群雑種では花粉親品種の一般組合せ能力の寄与が顕著に認められ、これと著しく形態を異にするスーダングラス群雑種では特定組合せ能力の寄与の有意性が確認され、両者の中間的形態を示す在来種群雑種では花粉親品種の一般組合せ能力と特定組合せ能力が寄与していることを明らかにしている。このような雑種強勢の発現様相の差異は、形態的特性と関連していることが暗示されており、収量構成要素の群間の差異と各収量構成要素における雑種強勢の発現様相とについての検討が必要であろう。最上ら<sup>10)</sup>はヘガリー、在来種およびスーダングラス群雑種における各形質別の雑種強勢の発現様相を検討し、草丈、稈径には一般組合せ能力効果が、茎数については特定組合せ能力効果の発現が顕著であることを認めている。また土居ら(未発表)は同様の材料を用いた相関分析から、太茎型の雑種では生草収量は草丈、稈径との間に、また多けつ型の雑種では茎数との間に高い相関関係が介在していることを認めている。

雑種強勢の発現様相の把握は、雑種に用いる親品種・系統の選定方式についての情報を与えるものであるが、本報で得られた結果から一応次の手順に従うことが育種事業の展開の上から望ましいと考えられる。すなわち、花粉親品種の一般組合せ能力の寄与が大きいソルゴー群雑種、ヘガリー群雑種では、単一系統または数系統を混

合または相互に交配して育成された雄性不稔系統のトップ交配によって第1段階の選定を行ない、ついで第1段階で選定された少数の花粉親品種・系統を複数の雄性不稔系統と交配し、第2段階の選定を行ない最も望ましい組合せを決定すべきであろう。つぎに在来種群雑種については花粉親品種の一般組合せ能力と特定組合せ能力とが関与しているが、前者の寄与が極めて大きいので、上記の場合に準じて扱ってよいであろう。しかし、特定組合せ能力の寄与も無視できないので、第2段階における選定には、若干一般組合せ能力の低い花粉親品種・系統を含め、より多くの雄性不稔系統を供試して選定することが望ましいと言える。さらに、特定組合せ能力の寄与が大きいスーダングラス群雑種では、これを第1段階から把握しなければならないので、トップ交配による選定は省略し、可及的多数の雄性不稔系統を用いて2面交配等により選定してゆくことがよいであろう。また、この際、本群では種子親の効果も認められるので、雄性不稔系統としてはやゝ長稈のものから短稈のものまで、少なくともやゝ長稈のものは必ず含めておくことが必要である。

以上、生草収量を対象とした場合の雑種強勢の発現様相について述べたが、実用品種の育成に当っては多収性と同時に安定性、良質性なども不可欠の要素として当然採り上げられなければならない。既に指摘したように種子親品種・系統間の変異幅がかなり狭い材料を用いることを余儀なくされている現状では、花粉親品種の諸特性は、何らかの形でF<sub>1</sub>の特性と強く結びつかざるを得ない。こうした意味から、雑種の選定に当っては既述の方式に準じつつ、これと併行して、花粉親品種の特性、雑種にみられる諸特性における雑種強勢の発現様相をも同時に把握してゆくことが、不可欠の要素として加えられなければならない。

## V 摘 要

1967～1971年に調査した、細胞質雄性不稔系統を種子親とする雑種の生草収量を対象に、親品種が雑種の生草収量に及ぼす効果について検討した。

1 供試雑種は花粉親の品種群により4群に、また各群は種子親品種の稈長により各3群に分類された。雑種の特性は花粉親品種の群により大きく異っていた。

2 雑種の生草収量分布は花粉親の群により異なり、多収雑種の出現頻度は在来種群雑種、ヘガリー群雑種は高く、ソルゴー群雑種では低く、スーダングラス群雑種はその中間であった。

3 ソルゴー群雑種およびヘガリー群雑種では、雑種の生草収量は主として花粉親品種の一般組合せ能力に寄与されていた。

4 在来種群雑種では雑種の生草収量は、花粉親品種の一般組合せ能力と特定組合せ能力とによって決定されていた。

5 スーダングラス群雑種の生草収量は、種子親品種の一般組合せ能力と特定組合せ能力とで決定されていた。

6 以上の結果に基づき、細胞質雄性不稔系統を利用

した青刈ソルガム育種の可能性と問題点を提起し、同時に雑種強勢の発現様相を把握することの意義を、育種事業の見地から論じた。

## 引用文献

- 1) 荒田 久ら：1971 雄性不稔を利用した青刈用ソルガムの育種に関する研究。第1報 雑種の生草収量に及ぼす花粉親および種子親品種の効果(予報) 日草誌 17(別2):5
- 2) 荒田 久ら：1972 青刈ソルガム新品種「センダチ」の育成について。広島農試報 32:51-68
- 3) Blum, A.: 1968 Estimates of general and specific combining ability for forage yield of Sorghum Crop Science 8:392-393
- 4) Craigmiles, J.P., et al: 1958 Heterosis in F<sub>1</sub> hybrids of Sorghum vulgare x S. sudanense and S. vulgare x S. arundinaceum. Agr. Jour 50:714-715
- 5) \_\_\_\_\_: 1962 Genetic inheritance of cytoplasmic male sterility in sudangrass Crop Sci, 2:203-205
- 6) Doggett, H.: 1968 Sorghum. Lougmaus.
- 7) Jones, H. A. and G. N. Davis: 1944; Inbreeding and heterosis and their relation to the development of new varieties of onions. U. S. D. A. Tech. Bull. 874
- 8) Karper, R. E. and J. R. Quinby: 1937 Hybrid vigor in Sorghum. Jour. Hered. 28:82-91
- 9) Martin, J. H.: 1970 History and classification of Sorghum bicolor (L.) Moench. Sorghum production and utilization; 1-27, AVI Pub. co. West port Connecticut, U. S. A.
- 10) 最上邦章ほか：1972 青刈ソルガム育種の現状と問題点 多収性育種の研究 15:13-25
- 11) 西部幸男：1972 アメリカにおけるグレイソルガムの育種方法 農業技術 27:246-251
- 12) Quinby, J. R. and R. E. Karper: 1946 Heterosis in Sorghum resulting from the heterozygous condition of a single gene that affects duration of growth. Amer. Jour. Bot. 33:716-721
- 13) \_\_\_\_\_ and J. H. Martin: 1954 Sorghum improvement. Advances in Agronomy 6:305-359
- 14) Sears, E. R.: 1947 Genetics and forming. U. S. D. A. Yearbook 1943-47; 245-266.
- 15) 四方俊一：1972 アメリカにおけるグレイソルガムの育種目標 農業技術 27:204-209
- 16) Sprague, G. F. and L. A. Tatum: 1942 General vs specific combining ability in Single cross of corn Jour. Amer. Soc. Agr. 34:923-932
- 17) Stephens, J. C. and R. F. Holland: 1954 Cytoplasmic male sterility for hybrid sorghum seed production. Agr. Jour 48:20-23
- 18) \_\_\_\_\_ and J. K. Quinby: 1952 Yield of hand-produced hybrid sorghum. Agr. Jour. 44:231-233
- 19) 樽本 勲・大泉久一：1967 青刈ソルガムの雑種強勢利用に関する育種学的研究 (第2報) 雄性不稔系

統の特性検定について， 育雑誌 17：276-282

20) \_\_\_\_\_：1968

(第3報) 雄性不稔系統利用の可能性と有望父本型について， 育雑誌 18：41-45

21) \_\_\_\_\_；1969 a \_\_\_\_\_， (第5報) 雄性不稔系統利用による形態型間  $F_1$  の雑種強勢と組合せ能力， 育雑誌 19：94-99

22) \_\_\_\_\_；1969 b \_\_\_\_\_， (第6報)

MS-HE型  $F_1$  の組合せ能力， 育雑誌 19：378-384

23) \_\_\_\_\_；1970 \_\_\_\_\_， (第7報)

MS-SU型  $F_1$  の組合せ能力， 育雑誌 20：35-39

24) 山田 実：1975 トウモロコシの細胞質雄性不稔の材料探索に関する最近の動向， 育雑誌 23：48-52

## Summary

### Studies on the Forage Sorghum Breeding Utilizing the Cytoplasmic Malesterile Lines

#### I. Effect of the parental lines on the green forage yield of hybrids

Kuniaki MOGAMI, Yoshiaki DOI, Yutaka FURUDOI  
and  
Hisashi ARATA

This paper contains the results obtained in the survey of forage Sorghum breeding utilizing the cytoplasmic male sterile lines. Heterotic effects of the parental lines observed in the green forage yield of hybrids were discussed through the examination of the frequency distribution of green forage yield of hybrids and factorial analysis of hybrid groups classified with the parental lines.

Results obtained were summarized as follows;

1. The hybrids used were classified into 4 hybrid groups according to the types of pollen parents and each of them was regrouped into 3 groups according to the culm length of seed parents. (Table 1)
2. Four hybrid groups classified with the pollen parents were different significantly in the morphological and ecological characteristics one another. (Table 1)
3. Through the examinations of the frequency distribution of green forage yield of hybrids, it was revealed that the frequency of hybrids with high yield was differed among the groups, namely high in Hegari and Japanese native group hybrids, middle in sudangrass group hybrids and low in sorgho group hybrids. (Table 2, Fig 1)
4. Green forage yield of the sorgho group hybrids and Hegari ones were contributed mainly by the general combining ability of pollen parents. (Table 3~7)
5. Green forage yield of the Japanese native group hybrids was contributed by the general combining ability of pollen parent and the specific combining ability. The contribution of the general combining ability of pollen parent was obviously larger than that of specific one. (Table 8, 9)
6. Green forage yield of the sudangrass group hybrids was contributed by the general combining ability of seed parents and the specific combining ability. The contribution of the specific combining ability was larger than that of general one.
7. Based on the results described above, some considerations on the probability and problems of the forage Sorghum breeding utilizing the male sterile lines and practical procedures in the breeding schemes were proposed.