

アメリカにおけるグレインソルガムの育種方法

誌名	農業技術
ISSN	03888479
著者	西部, 幸男
巻/号	27巻6号
掲載ページ	p. 246-251
発行年月	1972年6月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



アメリカにおけるグレイソルガムの育種方法

—グレイソルガム育種研究の現状と問題点(2)—

西 部 幸 男

グレイソルガムが初めてアメリカ合衆国に導入されたのは1880年頃であった¹⁾。以来1910年までの間に、milo, hegari, Kafir, fetterita, durraなどの品種がアフリカ大陸から導入されて、その後アメリカ合衆国で育成された大部分の品種の起源となった。導入当時の品種は長稈でしかも晩熟のためアメリカ合衆国での栽培には適さなかった。以来数十年間に、グレイソルガムはアメリカにおいて、自然に起こった変異と育種家の努力とによって大きく変わり、熱帯と同じように温帯でも安全に栽培できるようになった。このために採られてきた育種法は他の自殖性作物と同じく、導入、選抜、交雑育種法であった²⁾。現在は細胞質雄性不稔を利用した雑種強勢育種法が中心となり、雑種の母本育成のために交雑育種

法が採用されている²⁾。ここにアメリカ合衆国におけるグレイソルガムの育種法とそれに関連する問題についてその概要を紹介して参考に供したい。

1. 育種目標に関する遺伝的研究

アメリカにおけるグレイソルガムの育種目標は、①多収、②早熟、③機械化適応性、④耐病虫性などを備えた品種の育成にある。現在の育種は、これらの目標形質の遺伝に関する知識をもとに行なわれており、稈長、熟性、粒の色、芒の有無、耐病性、耐虫性、胚乳の質、雄性不稔などに関する遺伝分析も数多く行なわれている³⁾。

稈長 世界の多くの地域で栽培されている品種は長稈

のものが多く、機械で収穫するには短稈の品種が必要である。miloがアメリカに初めて導入されたときの稈長は1.8~2.4mであったが、その後数度の突然変異によって、稈長1.5~1.8m, 0.9~1.2m, 0.5~0.7mの品種が生まれた。これらの品種相互間の交雑実験の結果から、ソルガムの稈長に關与する4個の遺伝子座(Dw₁, Dw₂, Dw₃, Dw₄)が発見され⁴⁾、その後多くの品種の遺伝子型が同定されている³⁾(第1表)。ソルガムの稈長は、節間の長さとその数および穂梗長からなるが、遺伝子Dwは節間長にのみ關与し、他の形質には影響しない。優性遺伝子Dwは節間を伸ばし、劣性遺伝子dwは節間を短くする。そして4個の遺伝子座は節間長に關して互いに同義的に働く。4個の遺伝子座のうち1遺伝子座が劣性の場合、稈長は約50cm低くなるが、2個以上の遺伝子座が劣性の場合には、劣性遺伝子座1個

第1表 遺伝子型に関する品種の同定

遺 伝 子 型 ¹⁾	品 種
Dw ₁ Dw ₂ Dw ₃ Dw ₄	None identified ²⁾
Dw ₁ Dw ₂ Dw ₃ dw ₄	Tall white sooner milo SA 1170, Spur feterita, Manchu brown kaoliang, Shallu SA 401, Sumac
Dw ₁ Dw ₂ dw ₃ Dw ₄	Standard Broomcorn
Dw ₁ dw ₂ Dw ₃ Dw ₄	None identified
dw ₁ Dw ₂ Dw ₃ Dw ₄	None identified
Dw ₁ Dw ₂ dw ₃ dw ₄	Texas blackhull kafir, Kalo, Early Kalo, Chiltex, Shantung dwarf kaoliang
Dw ₁ dw ₂ Dw ₃ dw ₄	Bonita, Early hegari, Hegari
Dw ₁ Dw ₂ Dw ₃ Dw ₄	Dwarf yellow and White milos, Sooner milo
Dw ₁ dw ₂ dw ₃ Dw ₄	Acme broomcorn
dw ₁ Dw ₂ dw ₃ Dw ₄	Japanese dwarf broomcorn
dw ₁ dw ₂ Dw ₃ Dw ₄	None identified
Dw ₁ dw ₂ dw ₃ dw ₄	None identified
dw ₁ Dw ₂ dw ₃ dw ₄	Combine kafir 60, Combine 7078, Martin, Plainsman, Wheatland, Caprock, Combine White feterita SA 396, the Redbines, Day
dw ₁ dw ₂ Dw ₃ dw ₄	Double dwarf yellow milo, Double dwarf yellow and White sooner milos, Ryer milo
dw ₁ dw ₂ dw ₃ Dw ₄	None identified
dw ₁ dw ₂ dw ₃ dw ₄	SA 403, 4-dwarf Martin, 4-dwarf Kafir

注) Quinby (1961)

1) 遺伝子型の優性、劣性について示した。

2) None identifiedは、その遺伝子型の品種がまだ同定されていないことを示す。

1) Martin, J.H. 1936. Yearbook of Agr. 523-560. U.S.D.A.

2) Poehlman, J.M., 1959. Breeding Field Crops Henry Holt and Co., New York.

3) Wall, J.S., & W.M. Ross 1970. Sorghum Production and Utilization Avi Pub. Co., Inc. Connecticut.

4) Quinby, J.R., & R.E. Karper 1954. J. 46, 211-216.

-dwarf) の品種と 4 遺伝子座劣性 (4-dwarf) 品種の稈長の差は10~15cmとなるなどである。稈長に關する劣性遺伝子座の数の異なる品種をテキサス州の乾燥地帯で栽培した時の平均稈長は、次のとおりであった⁴⁾。

1. 遺伝子座劣性の品種 150—200cm
2. 同上 100cm
3. 同上 50cm
4. 同上 40cm

アメリカで栽培されているグレイソルガムは 2-dwarf または 3-dwarf の品種で、大部分は 3-dwarf 品種であるといわれている。4-dwarf の品種は 3-dwarf 品種にくらべて倒伏抵抗性がやや優れている以外には利点が少なく、一代雑種の種子親としてしか用いられていない

第2表 遺伝子型と開花までの日数

品 種	略 称	遺 伝 子 型 ¹⁾	開花までの日数 ²⁾
100-day Milo	(100M)	$Ma_1Ma_2Ma_3Ma_4$	90
90-day Milo	(90M)	$Ma_1Ma_2ma_3Ma_4$	82
80-day Milo	(80M)	$Ma_1ma_2Ma_3Ma_4$	68
60-day Milo	(60M)	$Ma_1ma_2ma_3Ma_4$	64
Sooner milo	(SM100)	$ma_1Ma_2Ma_3Ma_4$	56
Sooner milo	(SM90)	$ma_1Ma_2ma_3Ma_4$	56
Sooner milo	(SM80)	$ma_1ma_2Ma_3Ma_4$	60
Sooner milo	(SM60)	$ma_1ma_2ma_3Ma_4$	58
Ryer milo	(44M)	$Ma_1ma_2ma_3^R Ma_4$	48
38-day Milo	(38M)	$ma_1ma_2ma_3^R Ma_4$	44
Hegari	(H)	$Ma_1Ma_2Ma_3ma_4$	70
Early hegari	(EH)	$Ma_1Ma_2ma_3ma_4$	60
Combine hegari	(CH)	$Ma_1Ma_2ma_3Ma_4$	72
Bonita		$ma_1Ma_2ma_3Ma_4$	64
Combine bonita		$ma_1Ma_2Ma_3Ma_4$	62
Texas Bh. kafir		$ma_1Ma_2Ma_3Ma_4$	68
Combine kafir-60		$ma_1Ma_2ma_3Ma_4$	59
Redlan		$ma_1Ma_2Ma_3Ma_4$	70
Pink kafir CI432		$ma_1Ma_2Ma_3Ma_4$	70
Red kafir PI19492		$ma_1Ma_2Ma_3Ma_4$	72
Pink kafir PI19742		$ma_1Ma_2Ma_3Ma_4$	72
Kalo		$ma_1ma_2Ma_3Ma_4$	62
Early kalo		$ma_1Ma_2Ma_3Ma_4$	59
Combine 7078		$ma_1Ma_2ma_3Ma_4$	58
SA414		$ma_1Ma_2ma_3Ma_4$	60
Caprock		$ma_1Ma_2Ma_3Ma_4$	70
Durra PI54484		$ma_1Ma_2ma_3Ma_4$	62
Fargo		$Ma_1ma_2Ma_3Ma_4$	70

注) Quinby (1967)

- 1) 遺伝子型の優性、劣性について示した。
- 2) 1964年テキサス州での例。

い。遺伝子 dw_2 は熟性遺伝子 ma_1 と連鎖しており⁵⁾、また dw_3 は不安定で、約1/1200の割合で Dw_3 に復帰突然変異することが知られている。他の3個の遺伝子についても熟性遺伝子との連鎖が考えられているが、まだ確かめられていない。

熟性 グレイソルガムは品種によって日長や温度に対する反応が異なるために、生育期間の長さが品種によって著しく異なる。この違いは品種の適地を判定するうえで重要である。栄養生長期の長さや植物体の大きさは、花芽分化までの日数との関係が密接で⁶⁾、花芽分化の遅い品種は葉数が多くなり、開花、成熟期もおそくなる。

milo には品種によって、播種から開花期までの日数

(これを熟性とよんでいる) が46日から100日

までの幅がある。これらの品種相互の雑種の F_2

世代における開花期の分離から milo の熟性を

支配する3個の遺伝子座が同定され、 Ma_1 、

Ma_2 、 Ma_3 と名づけられた⁵⁾。晩生は早生に対

して優性であるが、優性遺伝子 Ma_2 および Ma_3

は優性 Ma_1 が存在しなければその効果を示さ

ない。したがって、優性 Ma_1 をもつ品種は中

生または晩生となり、劣性 ma_1 の品種は早生

となる。一般に熱帯の品種は Ma_1 であるが、

温帯の品種は ma_1 であるために、熱帯の品種

より早熟であると考えられている。第4番目の

熟性遺伝子座 Ma_4 は hegari の熟性が分析さ

れた時にはじめて発見された⁷⁾。この遺伝子座

に関して milo グループの品種はすべて優性

Ma_4 で、hegari グループの品種は劣性 ma_4 で

あった。これら4個の遺伝子座は独立に遺伝す

る。それぞれの遺伝子座には複対立遺伝子系が

存在するために、同じ遺伝子型の品種であって

も熟性がわずかに異なる場合がある⁷⁾。熟性遺

伝子と他の形質に關する遺伝子との連鎖は、

前述の Ma_1 と Dw_2 のほかに、 Ma_3 と果皮の

色に關する遺伝子 Y との連鎖が知られてい

る。多くの品種の遺伝子型が知られており⁷⁾、

品種の遺伝子型と表現型を第2表に示した。

遺伝子 Ma の発現には環境とくに日長が影響

する。ソルガムは短日植物で、短日下で開花が

促進されることは早くから知られていた。遺伝

5) Quinby, J.R., & R.E. Karper 1945. J. Am. Soc. Agron. 37, 916-936.

6) Quinby, J.R., & J.E. Martin 1954. Adv. in Agron. 6, 305-359.

7) Quinby, J.R. 1967. Adv. in Agron. 267-305.

8) Quinby, J.R., & R.E. Karper 1947. J. Agr. Res. 75, 295-300.

9) Lane, H.C. 1963. Crop Sci. 3, 496-499.

子型の異なる milo の品種を 10 時間の 日長と自然日長 (約 14 時間) とで栽培した場合、自然日長では遺伝子型の違いによって熟性が異なったが、10 時間日長ではどの品種もほぼ同時期に開花した⁵⁾⁸⁾⁹⁾。また熱帯の品種と温帯の品種を上記と同じ条件で栽培すると長日条件の場合にだけ熱帯の品種の開花がおそくなる。Lane⁹⁾によると、花芽分化を遅延させるために必要な明期の長さ (限界日長) は品種によって異なり、限界日長が 1 時間違う品種の開花期は 30 日以上差があるといわれている。このように Ma の発現には日長が影響し、限界日長以上にならないと Ma は発現しない。このことから Ma は一般に日長因子ともよばれている。

雄性不稔 ソルガムの雄性不稔には、遺伝子雄性不稔と、細胞質と核遺伝子との相互作用で雌性不稔となる細胞質—遺伝子雌性不稔 (通常、細胞質雌性不稔と略称されているので以後これに従う) とがある。遺伝子雌性不稔は単一の劣性遺伝子で支配されるが、種子親として栽培される個体の半数は雌性稔性となるので、開花前に間引きをしなければならぬ¹⁰⁾。したがって、実際の採種上からは花粉が不稔になる個体と花粉稔性になる個体を幼苗期に識別する方法が見つからない限り、F₁ 種子の生産に利用することは困難である。細胞質雌性不稔は milo × kafir の後代で発見された。しかし逆交雑からは生じなかった。それゆえ、この雌性不稔は milo の細胞質と kafir の遺伝子との相互作用で生じると考えられた¹¹⁾。現在、グレイソルガムで細胞質雌性不稔を生じる細胞質および遺伝子として、milo 型品種の細胞質と kafir 型品種のもっている核遺伝子 msc₁, msc₂ が知られており、優性遺伝子 Msc をもつ個体は正常花粉を生じ、milo の不稔細胞質と劣性遺伝子 msc をもつ個体は雌性不稔になるといわれている¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾。細胞質雌性不稔は、環境条件によっては不完全な場合があって、2, 3 の変更遺伝子の存在も想定されている¹⁷⁾が、遺伝的説明

はなされていない。細胞質雌性不稔は、雌性不稔の母本に正常な細胞質と不稔遺伝子 msc をもった花粉を交配することで完全に維持できる。この場合父本に用いる系統の遺伝子は不稔性の msc・msc であるが、細胞質が稔性であるために雌性稔性となる。両者の F₁ は不稔性の細胞質と劣性ホモな msc 遺伝子の両方をもつために雌性不稔となり、Msc をもつ花粉で受粉されるとその F₁ は花粉の稔性を回復する。

耐病性 耐病性品種の育成は重要な育種目標の一つであり、いくつかの病害に対する抵抗性の遺伝が明らかになっている。堅黒穂病には 3 つの病原レースがあるが、これらに対して 3 個の遺伝子座 Ss₁, Ss₂, Ss₃ が発見されており¹⁸⁾、抵抗性が不完全優性である。milo-disease 抵抗性は 1 個の遺伝子座 Pc で支配され、感受性が部分優性¹⁹⁾で F₁ は中間になるといわれている。炭疽病に対しては、抵抗性が優性で感受性は劣性遺伝子 *ℓ* によって支配されている²⁰⁾。また炭疽病と同じ病原菌によっておこるソルガムの茎腐れの症状も感受性が劣性である²⁰⁾。銹病抵抗性は感受性に対して優性で単因子抵抗性を示すといわれている。斑葉病に対してスーダングラスは感受性であるが、グレイソルガムは抵抗性で単因子的抵抗性を示す²¹⁾。裸黒穂病抵抗性は感受性に対して優性で、抵抗性の雑種を作るには片方の親が抵抗性であればよいといわれている。しかし、Kafir の Tx 407 と Caprock はともに抵抗性であるが、両者の F₁ は感受性であるなど不明の点が多い。

Chacoal rot に対する抵抗性の遺伝はまだ分っていないが、milo-disease と同様汚染土壌で栽培することで抵抗性系統を選抜することができる。したがってこの抵抗性は、多因子抵抗性と考えられている。アメリカでは比較的新しい病害であるウドンコ病抵抗性は劣性遺伝をすることが分っており、Kafir の品種およびワールド・コレクションの中には抵抗性遺伝子をもった品種のあることが知られている。そのほか、モザイクウイルスなどについても、抵抗性品種と感受性品種のあることは認められているが、遺伝的研究はなされていない。

耐虫性 ソルガムは多くの昆虫に襲われるが、昆虫に対するソルガムの遺伝的制御法に関する知見は、病害のそれとくらべてきわめて少なく、若干の昆虫についてのみ抵抗性の品種間差異が認められている。ソルガムを害

- 10) Stephens, J.C., et al. 1952. *Agron. J.* 44, 369-373.
- 11) Stephens, J.C., R.F. Holland 1954. *Agron. J.* 46, 20-23.
- 12) Maunder, A.B., & R.C. Pickett 1959. *Agron. J.* 51, 47-49.
- 13) Craigmiles, J.P. 1961. *Crop Sci.* 1, 150-152.
- 14) Erichson, A.W., & J.G. Ross 1963. *Crop Sci.* 3, 335-338.
- 15) Hadlay, H.H., & S.P. Singh 1951. *Crop Sci.* 1, 457-458.
- 16) Miller, D.A., & R.C. Pickett 1964. *Crop Sci.* 4, 1-4.
- 17) Kenneth, J.F., 1967. *Plant Breeding. Iowa State Univ. Press. IOWA.*

- 18) Casady, A.J., 1961. *Crop Sci.* 1, 63-68.
- 19) Bouman, D.H., et al. 1937. *J. Agr. Res.* 55, 105-115.
- 20) Coleman, O.H., & I.E. Stokes 1954. *Agron. J.* 46, 61-63.
- 21) Drolson, P.N. 1954. *Agron. J.* 46, 329-332.

する昆虫では、chinch-bug, sorghum midge, shoot-fly, アワノメイガなどについて抵抗性に関する研究が行なわれており、chinch-bug 抵抗性は感受性に対して1因子かあるいはそれ以上の因子による優性または部分優性であるといわれている。アワノメイガ抵抗性に関して、抵抗性×感受性の F_1 は両親の中間で、sorghum-midge 抵抗性は品種間に違いを示すが、ある場合には抵抗性を示す品種が別の実験では感受性を示す。Blume (1967)²²⁾は、植物の虫害抵抗性を、1) 昆虫の産卵、食餌としての嗜好性、2) 植物の昆虫食入に対する物理的・形態的抵抗性、3) 植物の遺伝性に基づいて、害虫の生存、繁殖力に影響を与える生理的抵抗性の機構に分類しているが、個々の害虫に対する抵抗性の機構はまだ分かっていない。

粒の色 グレインソルガムの粒の色には、白、赤、黄、褐色とそれらの中間色を示すものがある。粒の色は、果皮、種皮、胚乳の色の複合した色で、それぞれの部分の色は別な遺伝子の働きによるものである。外果皮の色に関与する3個の遺伝子R, Y, Iと種皮の色の遺伝子 B_1 , B_2 が分かっており、多くの品種の粒の色と遺伝子型との関係が明らかにされている²³⁾。

雑種強勢 ソルガムにおける雑種強勢の発現は古くから知られているが、遺伝的にはまだ十分な説明がなされていない。雑種強勢は稈長、稈の太さ、葉の大きさ、分けつ数、蛋白含量、子実収量などに表われるが²⁴⁾²⁵⁾、グレインソルガムでは子実収量に表われる雑種強勢がもっとも重要である。QUINBY²⁶⁾ら²⁷⁾は、雑種ソルガム(R・S610)の子実収量は、当時広く栽培されていた品種martinよりも25~40%多いことを認めた。またアメリカで一代雑種がほとんど栽培されていなかった1956年の平均収量は1400kg/haであったが、一代雑種の品種が広く普及した1965年には3200kg/haで2倍以上になった。この著しい収量の増加には一代雑種の利用がもっとも大きな貢献をした。子実収量にみられる雑種強勢の程度は用いた両親の品種によって大きく異なり、0~220%までの幅がある。雑種強勢と両親品種との関係について、稈

長や熟性に関する主働因子の遺伝子型の同じ品種間の F_1 にも雑種強勢は表われるが²⁶⁾、多くの研究は、遺伝的に異なる品種間の F_1 の子実収量は、遺伝的に類似した品種から生じた F_1 の子実収量よりも多く、雑種強勢の程度は両親品種の遺伝的相違度と関係の深いことを示唆している。一代雑種の育成には雑種強勢の大きい交配組合わせを選ばなければならない。また雑種強勢は実験的に作った F_1 の収量試験でしか知ることができない。実験的に求めた雑種強勢の信頼度は高いが、費用がかさみ複雑である。母本選択のための2, 3の試み²⁸⁾はあるが、雑種強勢の本質が理解されるまでは、 F_1 の収量試験で雑種強勢の大きい組合わせ親を探索するしかないだろう。

種間雑種および倍数性 Sorghum 属には、*S. versicolor* ($2n=10$), *S. bicolor* ($2n=20$), *S. halepense* ($2n=40$)の3種があり、グレインソルガムは、*S. bicolor*に属する。これら3種の間の種間雑種に関する研究²⁹⁾はあるが、グレインソルガムの育種の利用に直接結びつく研究はない。グレインソルガムの倍数体がhegariでコルヒチンを使って作られている。この同質倍数体はもとの品種にくらべて短稈で稈は太く、開花はおそくなった。また花粉の不稔歩合は80~90%と非常に高かった³⁰⁾。したがって人為倍数体は、交雑や選抜で稔性に関する改良がなされない限り、グレインソルガムとしての利用価値は低いと思われる。

2. 育種方法

ソルガムは完全花を有する自家受粉作物で、その育種法も他の自殖性作物と同じように、導入、選抜、交雑育種法がとられてきたが、現在は雑種強勢育種法が中心となっている。

開花特性および交配操作 グレインソルガムは自家受粉作物であるが、平均6%の自然交雑が起きるといわれている⁷⁾。したがって、自殖種子を得るには、隔離栽培または袋掛けをする必要がある。開花は頂部の小花から始まり、順次下方に及ぶ。1本の穂が全部開花するには6~9日を要する。開花は夜半から始まり、早朝夜明け前がもっとも多い。花粉の寿命は短く、葯裂開後数時間経った花粉ではほとんど着粒しない。したがって交配には葯裂開後30分から1時間以内の花粉を用いる必要がある。柱頭の受精期間は長く、開花1~2日前から開花後1週間位まで受精能力がある³¹⁾。交配方法は稲・麦など

22) Blume, A. 1967. Crop Sci. 7, 461-462.

23) Martin, J.H. 1959. Handbook of Plant Breeding 565-587. Paul Parey. Berlin.

24) Quinby, J.R. 1963. Crop Sci. 3, 288-291.

25) Kirby, J.S., & R.E. Atkins 1968. Crop Sci. 8, 335-339.

26) Quinby, J.R., et al. 1958. Texas Agr. Expt. Sta. Bull. 912.

27) Stephens, J.C., & J.R. Quinby 1952. Agron. J. 44, 231-233.

28) Niehaus, M.H., & R.C. Pickett 1966. Crop Sci. 6, 33-36.

29) Hadlay, H.H. 1953. Agron. J. 45, 139-143.

30) Doggett, H. 1964. Heredity 19, 543-558.

31) Stephens, J.C., & J.R. Quinby 1934. J. Agr. Res

他の自殖性作物と同じである。多量の交雑種子が必要な場合や雄性不稔系統を利用できない場合の除雄には、温湯除雄法³²⁾が用いられている。この方法は、穂を47~48℃の温湯に10分間浸した後、穂をとり出して受粉する。品種によっては48℃では子房の1部に損傷を与えるが、47℃では子房を死なせることなく、花粉だけを殺すことができる。集団除雄法にはこのほかに、穂をビニールフィルムで包み、葯の裂開を妨げて花粉の飛散しないうちに受粉する方法も考えられているが、温湯除雄法にくらべて除雄が不完全で、数%の自家受粉は避けられないようである。

選抜育種法 多くのグレインソルガム品種が、古い品種の中に生じた変異個体の選抜によって育成された。稈長、粒の色など外観上大きく変化した変異個体は、自然に生じた突然変異あるいは自然交雑に由来するものである。これらの変異体の中から、短稈、早熟、白色粒、蠟質胚乳、耐病性などの好ましい形質をもった新品種が育成された。この方法で生まれた品種に、grohoma, sunrise kafir, Dawn kafir, Darso, westland などがあつた。westland は milo-disease 抵抗性品種として選抜された。milo-disease 抵抗性品種としては、このほかに Texas milo, martin が選抜された。グレインソルガムでは集団選抜法はあまり用いられなかった²⁾。

交雑育種法 交雑育種法は熟性、稈長、耐病性などの目標形質が多くの品種に分れて存在するとき、これらの目標形質を1つの系統に集めるためにとられる方法である。アメリカでは1920年以降1960年頃まで交雑育種法がもっとも重要な育種法であったが、1960年以降は雑種強勢育種法が中心となり、一代雑種の花粉親の育成に交雑育種法が用いられている。この方法で育成された品種の一部を第3表に示した²⁾。

グレインソルガムで行なわれている交雑育種法の交配と後代選抜の方法は、1) 目標とする形質をもつ母親を交雑して F₁ を養成する。2) F₂ 世代の集団の大きさは、選抜しようとする形質の数およびその形質の遺伝様式によって異なるが、普通1000~2000個体である。その中から草型によって40~50個体を個体選抜する。3) F₃ では、F₂ で選抜された各個体の種子を1系統として1畦に栽培する。F₃ における選抜は系統選抜で、目標とする草型に近く収量の多い系統を選抜する。4) F₄ 以降は目標形質が固定するまで系統選抜を繰り返す。普通F₅ ~F₆ 世代まで選抜を続けるが、F₈ まで行なう場合もあ

る。自殖品種が目標である場合は F₅ ~F₆ 世代で収量検定を始めるが、一代雑種の父本の育成を目標とする場合は、収量検定よりも組合わせ能力の検定を重視しなければならない。

雑種強勢育種法

1) 雑種親の育成：現在アメリカで栽培されているグレインソルガムはほとんど一代雑種で、細胞質雄性不稔を利用した雑種強勢育種法で育成されている。細胞質雄性不稔を利用して一代雑種を育成するには、細胞質雄性不稔の種子親 (A-line) とその維持系統 (B-line)^{注)} および稔性回復遺伝子をもった花粉親 (R-line) が必要である。

注) A-line と B-line は、他の形質はまったく同じで、A-line が不稔細胞質をもっているために雄性不稔となり、B-line は雄性不稔因子をもっているが、細胞質が正常(稔性)であるので、雌性稔性となる点だけが異なる系統で、A-line と B-line を対にして1つの品種(系統)とされている。B-line は稔性のある花粉を生じるが、A-line × B-line の F₁ は雄性不稔となり、A-line を維持するには B-line が必要である。

雑種親を育成する最初の段階は、交雑育種法とはほぼ同じ方法で行なわれる。しかし一代雑種の親は、短稈、早熟性、耐病性など自殖性品種が具備すべき特性のほかに、高い組合わせ能力と、種子親は雌性不稔性を、花粉親は雑種の花粉稔性回復力をもった系統でなければなら

第3表 交雑育種法で育成された品種

品	種
Sooner	
Texas milo	
Sooner milo No. 8	
Double Dwarf White Sooner	
Double Dwarf Yellow Sooner	
Combine Kafir-60	
Early Hegari	
Bonita	
Hi-Hegari	
Combine Bonita	
Combine Hegari	
Chiltex	
Premo	
Coes	
Beaver	
Wheatland	
Kalo	
Early kalo	
Martin	
Caprock	
Plainsman	
Westland	
Combine 7078	
Midland	
Dwarf kafir 44-14	
Redlan	
Norghum	
Redbine-60	
Redbine-66	
Darset	
Reliance	
Pohelman (1959)	

49, 123-136.

32) Stephens, J.C., & J.R. Quinby 1933. J. Am. Soc. Agron. 25, 233-234.

33) Bartel, A.T. 1949. Agron. J. 41, 147-152.

34) Coleman, O.H., & J.L. Dean 1961. Crop Sci. 1, 152-154.

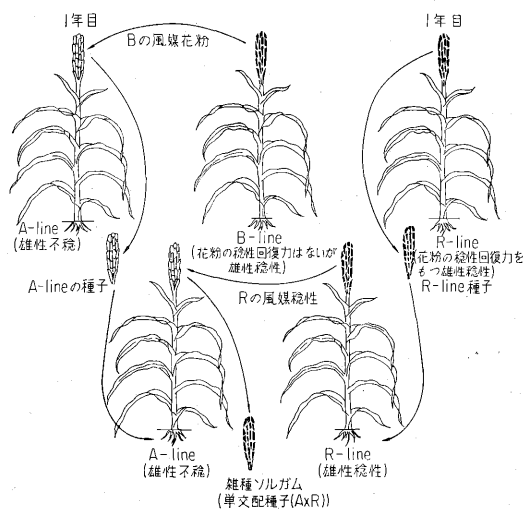
ない。したがって交配母本の少なくとも一方の親には組合せ能力の高い系統を用い、雑種の分離後代についても雄性不稔、花粉の稔性回復力に関する検定が重視される。現在アメリカでは、育種を早めるために雄性不稔の検定は F_4 以前から始められる。また R-line でもなく B-line でもない中間の性質をもった系統を作り出す危険を避けるために、種子親の育成には B-line と B-line を、花粉親の育成には R-line どうしを交雑する方法がとられている。

R-line 反応、B-line 反応の検定：育成された系統が稔性回復力をもっているかどうかは、その系統を A-line と交配して検定する。A-line×B-line の F_1 は雄性不稔となり、A-line×R-line の F_1 は雄性稔性となる。A-line×ある系統の F_1 の花粉が稔性であれば、その系統は稔性回復力のある系統で、一代雑種の花粉親に用いられる。もし F_1 が部分不稔を示すならば、花粉親としての利用性はない。このような系統は、稔性回復力に関してさらに選抜を加えても、完全な稔性回復力をもつようにはならないといわれている。また A-line×ある系統の F_1 が雄性不稔を示す場合、その系統は新しい B-line の育成に用いられる。

B-line の育成：新しい雄性不稔の A-line は、A-line に新しい B-line を戻し交雑して育成される。そのためには、新しい B-line が、A-line との F_1 で雄性不稔を生じる不稔遺伝子をもった系統でなければならない。したがって B-line の育成は、雄性不稔遺伝子をもった系統の育成といえよう。新しい B-line の育成は、① B-line 反応の認められた系統 (Y) と A-line の各々 1 個体ずつを対にして、A-line と Y とを交雑する。② 1 対の種子親と花粉親からとった F_1 種子と Y の自殖種子を 1 系統として隣接畦に栽培し、 F_1 の花粉稔性を検定する。③ F_1 の不稔性が高い系統の中で完全な不稔個体に対になった Y の個体の花粉を戻し交雑する。Y の自殖種子は花粉親に用いた個体だけから個別に採種する。④ 第 2 世代以降では、雄性不稔を示した種子親の系統と、望ましい形質をもった花粉親の系統間で戻し交雑を行なう。⑤ この戻し交雑と選抜は、Y の系統内で形質が固定し、種子親の形質も Y と類似し、雄性不稔になるまで続けられる。雄性不稔系統が得られたかどうかは、種子親を受粉しないで袋掛けした穂の着粒状態で容易に判定できる。こうして育成された種子親の系統が新しい A-line であり、花粉親 (Y) の系統が B-line である。A-line は対になった B-line の花粉で維持・増殖されて雑種ソルガムの種子親に用いられる。

2) F_1 (雑種) 種子の生産：アメリカで現在行なわれ

ているグレンソルガムの雑種種子の生産は、細胞質雄性不稔の A-line を種子親にして、稔性回復因子をもった R-line を花粉親に用いた交雑によって行なわれる。その方法を模式的に示したのが第 1 図である。



第 1 図 細胞質雄性不稔利用による雑種種子生産過程 (Pohelman, 1959)

細胞質雄性不稔系統の維持増殖：雄性不稔の A-line と B-line (花粉親) を同じ隔離圃場に栽培する。種子親と花粉親の混植比は 1 : 1 で、普通 A-line と B-line は 4 列おきに交互に植える。B-line は自家受粉するとともに風媒花粉で A-line にも受粉する。種子親個体に着生した種子と花粉親の自殖種子は別々に採種する。種子親個体からの種子は雑種育成用の種子と雄性不稔の種子親の種子に用いられ、花粉親からとった種子は翌年の雄性不稔系統維持用の花粉親の種子として用いられる。

単交雑種種子の生産：雄性不稔の A-line (種子親) と R-line (花粉親) を、(a) とは別の隔離圃場に混植する。A-line と R-line の混植比は 3 : 1 で、実際には A-line 12 列に対して R-line 4 列を交互に植える。A-line は R-line の風媒花粉で受粉され、R-line は自家受粉する。

種子親の個体から採種した単交雑種子は、グレイソルガムの栽培家に販売される。花粉親から得た種子は、翌年の花粉親を栽培するための種子として利用される。

育種によって収量の安定・増加をはかる最良の道は、耐病虫性を備えた多収品種の育成にある。現在のグレイソルガムの育種は、特定の形質の遺伝的知識に依存した雑種強勢育種法の時代である。今後、雑種強勢の遺伝理論がより明らかになったとき、雑種強勢育種法は一層効率的な育種法となるだろう。(中国農試作物第 3 研究室)