

琉球大学学術リポジトリ

イネの一代雑種利用に関する基礎的研究(農学科)

| | |
|-------|---|
| メタデータ | 言語: 出版者: 琉球大学農学部 公開日: 2008-02-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 村山, 盛一, Murayama, Seiichi メールアドレス: 所属: |
| URL | http://hdl.handle.net/20.500.12000/4289 |

イネの一代雑種利用に関する基礎的研究

村 山 盛 一

Seichi MURAYAMA: Basic studies on utilization of hybrid vigor in rice

目 次

| | |
|-----------------------------|----|
| I 緒 言 | 2 |
| II ヘテロシスの程度とその発現の様相 | 2 |
| 1 緒 言 | 2 |
| 2 材料および方法 | 3 |
| 3 実験結果 | 4 |
| 4 考 察 | 26 |
| III 施肥量および栽植密度の異なる条件でのヘテロシス | 27 |
| 1 緒 言 | 27 |
| 2 材料および方法 | 27 |
| 3 実験結果 | 28 |
| 4 考 察 | 41 |
| IV 栽培時期が異なる場合のヘテロシス | 42 |
| 1 緒 言 | 42 |
| 2 材料および方法 | 42 |
| 3 実験結果 | 43 |
| 4 考 察 | 48 |
| V 二面交配による組合せ能力および正逆交雑の差異の検定 | 49 |
| 1 緒 言 | 49 |
| 2 材料および方法 | 49 |
| 3 実験結果 | 49 |
| 4 考 察 | 56 |
| VI 品種の類縁関係とヘテロシス | 57 |
| 1 緒 言 | 57 |
| 2 材料および方法 | 57 |
| 3 実験結果 | 57 |
| 4 考 察 | 62 |
| VII 総合考察 | 63 |

琉球大学農学部農学科

琉球大学農学部学術報告, 23:1~71 (1976)

本論文の要旨は日本育種学会において発表した。

| | |
|--------|----|
| VII 摘要 | 65 |
| 謝辞 | 66 |
| 引用文献 | 66 |

I 緒 言

一般に生物は自殖によって弱勢化する現象がみられ、特に他殖性の生物においてはこの現象が著しい。このように自殖によって弱勢化したものを再び交雑して得られた F_1 は生育の旺盛化、収量の増大といった実用上多くの利点をもつ場合が多い。このような現象をヘテロシスといい、多くの動植物の育種に広く応用されている。ヘテロシス利用の代表的な例としては動物では蚕、植物ではトウモロコシを挙げることができる。蚕では比較的早くから F_1 の有利性が提唱され、現在では日本の蚕飼育のほとんどが一代雑種で占められている。トウモロコシに関しては米国において1909年にShullおよびEastが雑種強勢の効果を認め、さらに1918年にJonesが複交雑の効用を見出してから、次第にその利用が実用化されてきた²⁸⁾。その後日本でもトウモロコシの一代雑種利用の育種事業が長野・北海道を中心に展開され、その成果により実際栽培への普及も米国を凌ぐ勢いで広まってきた⁵⁸⁾。そ菜においても一代雑種利用はめざましく¹⁶⁾、とくにトマト、ナス、キュウリなどでは広く利用されている。他殖性の作物ではヘテロシスの程度も大きく、かつ採種も比較的容易に行なわれるため、早くから一代雑種利用が行なわれてきたが、自殖性の作物ではヘテロシス効果も他殖性作物のそれに比較して小さく、採種も非常に困難なために1回の交配で多量の種子が得られるそ菜類に限定されていた。とくに自殖性作物の中でもイネやコムギなどでは従来の育種法でかなりの効果を発揮してきたこともあって、一代雑種利用についてはあまり関心がもたれなかった。ところが近年自殖性作物のソルガムで顕著なヘテロシスが認められたこともあり^{3, 6, 22)}、イネ、コムギにおいても一代雑種利用に関心がもたれるようになってきた。コムギでは多くの研究報告があるが、2・3の例を挙げるとShebeski⁴⁷⁾は大規模な圃場実験を行ない顕著なヘテロシスを認めている。また、Tsunewaki⁵⁷⁾は日米品種間の交配で顕著なヘテロシスが認められたと報告している。イネのヘテロシスに関してもこれまでにいくつかの研究報告がある。たとえば、泉¹⁸⁾は79組合せの F_1 について実験を行ない、分けつ数、稈長および穂長においてヘテロシスが認められたと述べた。Brown⁴⁾は F_1 が中間親より優れていることを認め、Sen and Mitra⁴⁵⁾は aus と aman の交配で得た F_1 のポット栽培で草丈、分けつ数および収量において雑種強勢が認められたと報告している。Kawano *et. al.*²⁴⁾は相互遮蔽の無い状態での水耕栽培条件下で実験を行ない、栄養生長期における体重、体内全窒素量、葉面積、根重の全体重中に占める割合、分けつ数、葉長および1穂粒数においてヘテロシスが認められたと報告している。さらに、Mitra²⁹⁾は F_2 においても草丈で雑種強勢が現われたと報告している。本研究では、実用的利用という観点からできるだけ多くの F_1 個体を使用して、実用品種の経済的栽培条件を含む種々の条件下で実験を実施することにより、ヘテロシスの程度、その発現の様相および組合せの方向性の問題について検討を行ない、イネの一代雑種利用に基礎的素材を提供することを目的とした。これまでの研究で一応の成果をえたと考えるので報告する。

II ヘテロシスの程度とその発現の様相

1 緒 言

イネにおいて一代雑種が実用的に利用されるためには、組合せ能力の高い親がえられること、換言すればヘテロシスが顕著に現われること、 F_1 種子を容易にしかも大量に得る方法が開発されることが重要

であり、このいずれを欠いても実用化は不可能と言ってよい。

そこで本実験ではイネにおいてヘテロシスがどの程度発現するか、さらにその発現の様相がどのようになっているかを究明することが一代雑種利用の第一歩であると考え、その点に関して詳細な検討を加えることを目的に1967・'68の両年にわたり実験を行なった。

2 材料および方法

両年の実験は組合せおよび栽培条件が異なるため、それぞれ実験1および実験2とした。

1) 実験1

1966年9月に外国稲2品種を含む27品種の交配によって表1のような33組合せのF₁種子を得た。

Table 1. F₁ No. and cross combinations used in the experiment 1 (1967)

| F ₁ No. | Cross combinations | F ₁ No. | Cross combinations |
|--------------------|--------------------------|--------------------|-------------------------------|
| 1 | Nōrin 22 × Hinomoto | 18 | Kameji × Shiratama |
| 2 | " × Aikoku | 19 | " × Fukuyama |
| 3 | " × Gunmas | 20 | Takenari × Taichung 153 |
| 4 | " × Araki | 21 | " × Shimehari |
| 5 | " × Kinchakubozu | 22 | " × Omachi |
| 6 | " × Kokuryomiyako | 23 | " × Akebono |
| 7 | " × Senichi | 24 | " × Fukuyama |
| 8 | " × Yaeho | 25 | Kokuryomiyako × Nabeshima |
| 9 | Koganenishiki × Tōsan 38 | 26 | " × Ipponwase |
| 10 | " × Nōrin 22 | 27 | " × Nagoyashiro |
| 11 | " × Setohonami | 28 | " × Yaeho |
| 12 | " × Hinomoto | 29 | Nabeshima × Kokuryomiyako |
| 13 | " × Aikoku | 30 | " × Koganenishiki |
| 14 | " × Nabeshima | 31 | Kinmaze × Taichung 153 |
| 15 | Kameji × Akebono | 32 | " × Nōrin 8 |
| 16 | " × Omachi | 33 | Nakateshinsenbon × Colusa 180 |
| 17 | " × Takenari | | |

親に用いた品種は愛国、鍋島、穀良都、郡益、巾着坊主、一本早稲、福山、日本、白玉、ノ張、名古屋白、荒木、亀治、雄町、撰一、竹成、黄金錦、中生新千本、金南風、東山38号、農林8号、農林22号、ヤエホ、セトホナミ、アケボノ、台中153号およびColusa 180であった。実験は1967年九州大学農学部付属農場において2反復の乱塊法で実施した。栽植は各ブロックとも1系統を1列1本植とし、原則として12個体を植え、うち10個体を調査に供した。栽植密度は30×30cm (14.5本/m²)で当地方の慣行栽培に比べてやや疎植であった。肥料は10a当りチッソ3.15kg、リン酸6.0kgおよびカリ9.0kgを基肥として7月15日(田植1週間後)に施し、さらに8月21日にチッソ2.1kgおよびカリ6.0kgを追肥として施した。この場合の全チッソ量5.25kgは当地方の標準施肥量12.5kgに比べると極めて少肥である。調査は地上部乾物重(以下乾物重と呼ぶ)、精収収量(収量)、最長稈の1穂粒数(1穂粒数)、1株穂数(穂数)、精収千粒重(千粒重)、最長稈長(稈長)および最長稈の穂長(穂長)について行なった。ヘテロシスはF₁の中間親および高い方の親に対する百分率で評価した。

2) 実験2

交配親には九州大学農学部育種学教室において系統保存中の沖縄在来種 (正式の品種名は不明), 沖縄在来1号, 穀良都, 鍋島, 一本早稲, 黄金錦, 愛国, 日本, 農林22号, 郡益, ベニセンゴク, 巾着坊主, 亀治, 台中122号, 台中153号, シラヌイ, 神力変8号 (神力の突然変異系統), 柳頭仔, Zenith CI 7787, 農林18号, 鈴成, 農林8号変 (農林8号の突然変異系統), TR 72, 白玉および金南風の25品種を用いて1967年9月九州大学農学部附属農場において表2に示す如く45組合せについて交配を行った。実験は1968年九州大学農学部附属農場において実施した。

Table 2. F₁ No. and cross combinations used in the experiment 2 (1968)

| F ₁ No. | Cross combinations | F ₁ No. | Cross combinations |
|--------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| 1 | Kokuryomiyako × Nabeshima | 24 | Shinrikigawari 8 × Benisengoku |
| 2 | " × Ipponwase | 25 | Aikoku × Taichung 153 |
| 3 | Nabeshima × Kokuryomiyako | 26 | " × Ryutoshi |
| 4 | " × Koganenishiki | 27 | " × Taichung 122 |
| 5 | Koganenishiki × Aikoku | 28 | " × Zenith CI 7787 |
| 6 | " × Hinomoto | 29 | " × Nōrin 18 |
| 7 | " × Nōrin 22 | 30 | Suzunari × Taichung 122 |
| 8 | " × Kokuryomiyako | 31 | " × " 153 |
| 9 | " × Okinawazairai - tō | 32 | " × Zenith CI 7787 |
| 10 | " × Benisengoku | 33 | " × Aikoku |
| 11 | Nōrin 22 × Aikoku | 34 | " × Okinawazairai 1 |
| 12 | " × Kokuryomiyako | 35 | Nōrin 8 gawari × Shiranui |
| 13 | " × Gunmas | 36 | " × Benisengoku |
| 14 | " × Kinchakubozu | 37 | " × Taichung 122 |
| 15 | " × Hinomoto | 38 | " × Nōrin 18 |
| 16 | " × Koganenishiki | 39 | " × Aikoku |
| 17 | Kameji × Taichung 122 | 40 | TR 72 × Benisengoku |
| 18 | " × Shiranui | 41 | " × Shiranui |
| 19 | Kinmaze × " | 42 | " × Nōrin 18 |
| 20 | " × Benisengoku | 43 | Benisengoku × Shiratama |
| 21 | " × Taichung 153 | 44 | Nōrin 18 × Shiranui |
| 22 | " × Okinawazairai - tō | 45 | " × Shiratama |
| 23 | Shinrikigawari 8 × Taichung 122 | | |

栽植密度は23×23cm (18.9本/m²)で、これは慣行栽培法とほぼ同様である。肥料は基肥として10a当りチッソ6.3kg, リン酸6.0kgおよびカリ9.0kgを7月3日に施し、追肥はチッソ3.4kgおよびカリ3.0kgを8月12日に施した。これらは慣行栽培における全施肥量であるチッソ12.0kg, リン酸7.2kgおよびカリ9.6kgに比べるとカリはやや多く、チッソ, リン酸はやや少なめであるが、慣行法とほぼ等しい。その他の管理法および調査形質は実験1に準じて行なった。

3 実験結果

1) ヘテロシスの頻度分布

全調査形質について中間親および高い親に対するヘテロシスの頻度分布を実験1については表3に、実験2については表4に示した。

Table 3. Frequency distribution of heterosis in dry matter yield, grain yield, number of spikelets per panicle, number of panicles per plant, one thousand kernels weight, culm length and panicle length (Experiment 1, 1967)

| Degrees of heterosis (%) | Dry matter yield | | Grain yield | | Number of spikelets per panicle | | Number of panicles per plant | | One thousand kernels weight | | Culm length | | Panicle length | |
|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | F ₁ /MP | F ₁ /HP | F ₁ /MP | F ₁ /HP | F ₁ /MP | F ₁ /HP | F ₁ /MP | F ₁ /HP | F ₁ /MP | F ₁ /HP | F ₁ /MP | F ₁ /HP | F ₁ /MP | F ₁ /HP |
| 71-80 | | | | | | 1 | | | | | | | | |
| 81-90 | | | | 1 | | | | 7 | | | | | | |
| 91-100 | 4 | 4 | 5 | 5 | 1 | 10 | 8 | 12 | 12 | 20 | 3 | 15 | 10 | 20 |
| 101-110 | 6 | 11 | 6 | 9 | 14 | 14 | 18 | 14 | 20 | 12 | 25 | 16 | 22 | 12 |
| 111-120 | 11 | 9 | 8 | 10 | 12 | 5 | 7 | | 1 | | 4 | 2 | 1 | 1 |
| 121-130 | 4 | 4 | 5 | 5 | 3 | 1 | | | | | 1 | | | |
| 131-140 | 3 | 3 | 7 | 2 | 1 | | | | | | | | | |
| 141-150 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | |
| 151-160 | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | |
| 161-170 | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | |
| 171-180 | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | |
| Total | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 |
| Significant combinations | | | | 8 | | 7 | | 0 | | 0 | | 2 | | 1 |

Notes. MP = Mid-parent, HP = Higher parent.

Table 4. Frequency distribution of heterosis in dry matter yield, grain yield number of spikelets per panicle, number of panicles per plant, one thousand kernels weight, culm length and panicle length (Experiment 2, 1968)

| Degrees of heterosis (%) | Dry matter yield | | Grain yield | | Number of spikelets per panicle | | Number of panicles per plant | | One thousand kernels weight | | Culm length | | Panicle length | |
|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | F ₁ /MP | F ₁ /HP | F ₁ /MP | F ₁ /HP | F ₁ /MP | F ₁ /HP | F ₁ /MP | F ₁ /HP | F ₁ /MP | F ₁ /HP | F ₁ /MP | F ₁ /HP | F ₁ /MP | F ₁ /HP |
| 51-60 | | | | | | | 5 | | | | | | | |
| 61-70 | | | | | 1 | 1 | 3 | | | | | | | |
| 71-80 | | | | | 6 | 4 | 6 | | | | | | | |
| 81-90 | 2 | 7 | | | 6 | 3 | 10 | | 1 | | 3 | | | 3 |
| 91-100 | 3 | 8 | 3 | 12 | 7 | 12 | 17 | 11 | 13 | 23 | 1 | 15 | 10 | 29 |
| 101-110 | 10 | 11 | 7 | 12 | 16 | 15 | 9 | 4 | 28 | 19 | 41 | 26 | 30 | 12 |
| 111-120 | 11 | 6 | 12 | 6 | 12 | 3 | 8 | 5 | 4 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 121-130 | 10 | 8 | 9 | 8 | 6 | 1 | 3 | 1 | | | | | 3 | |
| 131-140 | 5 | 1 | 5 | 4 | 3 | | | | | | 1 | | | |
| 141-150 | 1 | 3 | 4 | | 1 | 1 | | | | | | | | |
| 151-160 | 1 | | 3 | 2 | | | | | | | | | | |
| 161-170 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | |
| 171-180 | | | | | | | | | | | | | | |
| 181-190 | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | |
| Total | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 |
| Significant combinations | 4 | | 6 | | 7 | | 0 | | 4 | | 2 | | 2 | |

Notes. MP = Mid-parent, HP = Higher parent.

乾物重については実験1の場合は全調査形質中ヘテロシスの程度が最も高く、中間親を凌駕したのが29組合せで、そのうち50%以上高いのが3組合せあり、最も優れた組合せは70%以上増加していた。また、高い親を有意に凌駕したのが12組合せみられた。実験2においてもヘテロシスの程度は高く、中間親との比較では45組合せ中40組合せでこれを凌ぎ、ヘテロシスの最も高いものでは80%以上の増加であった。また、高い親を凌いだのも30組合せあり、うち4組合せでは有意差がみられ、60%以上の増加をみたのも1組合せあった。

収量については実験1ではヘテロシスの程度は乾物重に次いで高く、中間親との比較では28組合せがこれを上回り、70%以上増収したのが1組合せみられた。高い方の親との比較でも8組合せでは有意にこれを凌ぎ、40%以上のヘテロシスを示したのも1組合せみられた。実験2では調査形質中最もヘテロシス程度が高く、中間親より高収を示したのが42組合せあり、5組合せは50%以上の増収を示し、最も優秀な F_1 は80%以上の高収であった。また、33組合せでは高い親を凌駕し、うち6組合せは有意であった。50%以上高い親を凌駕したのも3組合せみられた。

1穂粒数については実験1においては収量構成要素中最もヘテロシス程度の高い形質で、33組合せ中32組合せが中間親を凌ぎ、22組合せは高い親も凌駕し、うち7組合せは有意であった。中間親および高い方の親をそれぞれ60%および50%以上凌駕した F_1 もみられた。実験2の場合も収量構成要素の中では最もヘテロシスが高く、中間親および高い親を凌いだのがそれぞれ38および20組合せあり、7組合せでは高い親を有意に凌駕していた。高い親を40%以上凌駕した F_1 もみられた。

穂数については実験1では中間親を凌いだのが25組合せで、うち14組合せでは高い親も凌駕しているが、概してヘテロシスの程度は低く、20%以上の増加を示した F_1 はみられなかった。実験2においてもヘテロシス程度は低く、中間親および高い親を凌いだのがそれぞれ20および10組合せあるが、高い親より有意に増えた組合せはなかった。

千粒重については実験1、2とも中間親および高い親を凌いだ組合せがかなりみられはしたが、増加の程度は概して低く、中間親との比較でも20%以内の増加にすぎず、高い親を有意に凌駕したのも実験2において4組合せみられたに過ぎない。

稈長については実験1では中間親および高い親を凌いだ組合せは30および18組合せで、そのうち1組合せは中間親を20%以上凌駕していた。2組合せは高い親より有意に高かった。実験2では中間親および高い親よりも高いものがそれぞれ44および27組合せもみられ、2組合せは高い親よりも有意に高かった。中間親より30%以上高くなっているのが1組合せみられたが、残りは20%以内で乾物重や収量ほどの高いヘテロシスはみられなかった。

穂長については実験1、2とも中間親および高い親を凌駕したのがかなりみられるものの、その程度は概して低く、中間親を20%以上凌駕したのは実験2において3組合せみられたに過ぎない。

2) 乾物重および収量の頻度分布

F_1 および親の個体当たり乾物重の頻度分布について検討してみると表5に示したように実験1では親の分布範囲が51~100gであるのに対し、 F_1 は76~110gと親よりも乾物生産量は高い。実験2においても親の分布が41~85gと低い範囲にあるのに対し、 F_1 は51~140gと高い範囲に分布していた。

F_1 および親の個体当たり収量の頻度分布については表6に示したように実験1では親品種の分布は26~55gの範囲にあるが、 F_1 は41~65gの範囲にあり、また、分布のモードも親品種が41~45gに対し、 F_1 は46~50gと高い。実験2でも親品種の分布が11~40gであるのに対し、 F_1 は26~55gで、 F_1 がかなり高く、分布のモードも F_1 が高いところにある。

Table 5. Frequency distribution of dry matter yield in F_1 hybrids and parental lines in the experiment 1 and 2

| Dry matter yield (g/plant) | Experiment 1 (1967) | | Experiment 2 (1968) | |
|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | Number of F_1 hybrids | Number of parental lines | Number of F_1 hybrids | Number of parental lines |
| 41- 45 | | | | 2 |
| 46- 50 | | | | 1 |
| 51- 55 | | 2 | 1 | 4 |
| 56- 60 | | | 4 | 5 |
| 61- 65 | | 2 | 4 | 2 |
| 66- 70 | | 3 | 9 | 6 |
| 71- 75 | | 6 | 11 | 1 |
| 76- 80 | 1 | 1 | 7 | 1 |
| 81- 85 | 5 | 6 | 4 | 3 |
| 86- 90 | 6 | 3 | | |
| 91- 95 | 6 | 1 | 2 | |
| 96- 100 | 8 | 3 | 1 | |
| 101- 105 | 5 | | 1 | |
| 106- 110 | 2 | | | |
| 136- 140 | | | 1 | |
| Total | 33 | 27 | 45 | 25 |

Table 6. Frequency distribution of grain yield in F_1 hybrids and parental lines in the experiment 1 and 2

| Grain yield (g/plant) | Experiment 1 (1967) | | Experiment 2 (1968) | |
|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | Number of F_1 hybrids | Number of parental lines | Number of F_1 hybrids | Number of parental lines |
| 11- 15 | | | | 1 |
| 16- 20 | | | | |
| 21- 25 | | | | 5 |
| 26- 30 | | 2 | 2 | 8 |
| 31- 35 | | 1 | 14 | 6 |
| 36- 40 | | 9 | 21 | 5 |
| 41- 45 | 7 | 10 | 3 | |
| 46- 50 | 15 | 4 | 4 | |
| 51- 55 | 9 | 1 | 1 | |
| 56- 60 | 1 | | | |
| 61- 65 | 1 | | | |
| Total | 33 | 27 | 45 | 25 |

3) 組合せごとのヘテロシス

実験1の全調査形質と実験2の収量における各組合せごとの中間親および高い親に対するヘテロシスについては表7～表14に示した。

乾物重については表7のように最もヘテロシスの高いのはF₁4(農林22号×荒木)で、これは中間親および高い親をそれぞれ73%、47%上回っていた。また、このF₁は乾物重も110.2(g/株)と最も高かった。その他ではF₁33, 2, 26および13がよく、これらの組合せはいずれも中間親を40%以上、高い親を30%以上凌駕し、また高い親との比較では有意であった。

収量について実験1の場合は表8のように、F₁4が最もヘテロシスは高く、中間親および高い親をそれぞれ76%および50%上回り、収量も61.9(g/株)と最も高く、高い親を有意に凌駕していた。また、F₁33および26の場合も中間親を40%以上、高い親を30%以上凌いでいた。実験2の場合には表9に示したように、F₁32(鈴成×Zenith CI 7787)の中間親および高い親に対する増加率はそれぞれ84%および64%で、さらに、対照として用いた実用品種を含む供試品種中最高収量を示したベニセンゴクよりも35%上回り、統計的にも有意であった。また、F₁28(愛国×Zenith CI 7787)もベニセンゴクより27%高く、有意であった。

収量および乾物重で顕著なヘテロシスを示したF₁4は1穂粒数においても中間親を63%、高い親を54%凌駕し、顕著なヘテロシスを示した(表10)。

穂数のヘテロシスは低く、最もヘテロシスの高いF₁6(農林22号×穀良都)の場合も中間親を15%凌駕しているにすぎない(表11)

千粒重でも表12に示したように、ヘテロシスの程度は一般に低く、中間親と比較した場合の最も高いものでも12%凌駕しているにすぎない。また、F₁4は千粒重が30.3gと最も重く、ヘテロシスも高い親との比較では最も高かった。

稈長については、F₁4および33では高い親よりそれぞれ19%および11%高く、統計的にも有意であった(表13)。F₁4の場合は穂長におけるヘテロシスも顕著であったが、その他の組合せでは低かった(表14)。

Table 7. Performance and heterosis of dry matter yield in F₁ hybrids (Experiment 1)

| F ₁ No | Dry matter yield (g/plant) | F ₁ /M. P. (%) | F ₁ /H. P. (%) | F ₁ No | Dry matter yield (g/plant) | F ₁ /M. P. (%) | F ₁ /H. P. (%) |
|-------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 4 | 110.2 | 173 | 147** | 1 | 92.8 | 118 | 112 |
| 16 | 105.4 | 115 | 109 | 13 | 92.6 | 153 | 133** |
| 19 | 104.9 | 109 | 108 | 15 | 92.5 | 96 | 95 |
| 33 | 104.7 | 143 | 141** | 14 | 91.2 | 125 | 119* |
| 32 | 103.9 | 122 | 120* | 7 | 89.8 | 114 | 110 |
| 2 | 103.4 | 163 | 138** | 17 | 89.5 | 94 | 93 |
| 20 | 102.4 | 116 | 111 | 3 | 88.0 | 123 | 117 |
| 26 | 99.0 | 142 | 134** | 9 | 87.7 | 117 | 109 |
| 31 | 99.0 | 118 | 118* | 21 | 87.5 | 98 | 94 |
| 30 | 97.9 | 134 | 127** | 12 | 87.4 | 115 | 106 |
| 6 | 97.6 | 131 | 130** | 27 | 84.6 | 115 | 114 |
| 24 | 97.4 | 103 | 101 | 11 | 84.3 | 117 | 112 |
| 18 | 96.9 | 108 | 101 | 10 | 83.3 | 115 | 111 |
| 5 | 96.1 | 138 | 128** | 25 | 83.0 | 110 | 108 |
| 22 | 96.0 | 106 | 104 | 28 | 81.7 | 114 | 110 |
| 29 | 94.7 | 125 | 123* | 8 | 76.2 | 105 | 101 |
| 23 | 94.7 | 100 | 98 | | | | |

Notes. M. P. = Mid-parent, H. P. = Higher parent.

* and ** indicate significant differences at 5 and 1% level, respectively.

Table 8. Performance and heterosis of grain yield in F₁ hybrids (Experiment 1)

| F ₁ No. | Grain yield (g/plant) | F ₁ /M. P. (%) | F ₁ /H. P. (%) | F ₁ No. | Grain yield (g/plant) | F ₁ /M. P. (%) | F ₁ /H. P. (%) |
|--------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|
| 4 | 61.9 | 176 | 150 ** | 9 | 47.2 | 116 | 110 |
| 32 | 56.9 | 123 | 119 | 1 | 47.1 | 114 | 114 |
| 33 | 54.0 | 141 | 134 ** | 18 | 47.0 | 100 | 92 |
| 20 | 53.7 | 127 | 122 * | 17 | 46.8 | 99 | 92 |
| 26 | 53.4 | 140 | 134 ** | 10 | 46.5 | 116 | 113 |
| 6 | 53.4 | 132 | 129 * | 7 | 46.5 | 114 | 113 |
| 29 | 53.3 | 131 | 129 * | 23 | 46.0 | 102 | 100 |
| 16 | 53.0 | 121 | 104 | 13 | 45.7 | 135 | 118 |
| 19 | 52.9 | 105 | 103 | 24 | 45.6 | 98 | 93 |
| 5 | 52.8 | 135 | 128 * | 25 | 45.1 | 111 | 109 |
| 30 | 52.2 | 131 | 126 * | 11 | 44.4 | 110 | 105 |
| 31 | 50.4 | 117 | 112 | 15 | 44.1 | 91 | 86 |
| 2 | 49.3 | 140 | 119 | 21 | 43.9 | 98 | 97 |
| 14 | 48.2 | 121 | 117 | 12 | 43.6 | 109 | 105 |
| 27 | 48.2 | 118 | 115 | 8 | 42.3 | 106 | 102 |
| 22 | 47.9 | 119 | 109 | 28 | 42.0 | 107 | 106 |
| 3 | 47.6 | 124 | 115 | | | | |

Notes. M. P. = Mid-parent, H. P. = Higher parent.
* and ** indicate significant differences at 5 and 1% level, respectively.

Table 9. Performance and heterosis of grain yield in F₁ hybrids (Experiment 2)

| F ₁ No. | Grain yield (g/plant) | F ₁ /M. P. (%) | F ₁ /H. P. (%) | F ₁ No. | Grain yield (g/plant) | F ₁ /M. P. (%) | F ₁ /H. P. (%) |
|--------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|
| 32 | 52.5 | 184 | 164**(135**) | 6 | 36.2 | 124 | 112 |
| 28 | 49.6 | 159 | 155**(127*) | 33 | 36.2 | 131 | 120 |
| 38 | 47.6 | 157 | 130*(122) | 8 | 36.1 | 130 | 112 |
| 25 | 47.1 | 142 | 130*(121) | 19 | 36.1 | 117 | 106 |
| 26 | 45.8 | 143 | 134*(117) | 5 | 35.5 | 114 | 110 |
| 21 | 43.6 | 124 | 121(112) | 40 | 35.5 | 93 | 91 |
| 10 | 43.2 | 121 | 111(111) | 18 | 35.3 | 124 | 121 |
| 35 | 42.3 | 163 | 153**(108) | 36 | 35.3 | 112 | 91 |
| 27 | 40.0 | 119 | 108(103) | 14 | 35.2 | 122 | 121 |
| 30 | 39.7 | 128 | 108(102) | 13 | 35.1 | 126 | 123 |
| 17 | 39.6 | 120 | 107(102) | 22 | 35.1 | 102 | 102 |
| 31 | 39.2 | 128 | 109(101) | 44 | 34.9 | 108 | 95 |
| 43 | 39.2 | 118 | 101(101) | 29 | 34.8 | 104 | 95 |
| 39 | 39.0 | 143 | 130 | 2 | 33.8 | 139 | 134 |
| 23 | 38.5 | 158 | 104 | 15 | 31.9 | 116 | 112 |
| 34 | 38.4 | 136 | 123 | 7 | 31.6 | 104 | 98 |
| 9 | 38.2 | 114 | 111 | 1 | 31.5 | 138 | 136 |
| 19 | 38.1 | 104 | 98 | 3 | 30.5 | 134 | 131 |
| 45 | 38.0 | 119 | 104 | 11 | 30.5 | 104 | 101 |
| 41 | 37.7 | 116 | 102 | 16 | 30.5 | 100 | 95 |
| 24 | 36.7 | 144 | 94 | 4 | 30.2 | 111 | 94 |
| 37 | 36.5 | 120 | 99 | 12 | 27.0 | 104 | 94 |
| 42 | 36.5 | 99 | 98 | | | | |

Notes. M. P. = Mid-parent, H. P. = Higher parent.
* and ** indicate significant differences at 5 and 1% level, respectively.
(): % toward Benisengoku which was the highest yielding variety used in the experiment.
Grain yield of Benisengoku was 39.0 g/plant.

Table 10. Performance and heterosis of number of spikelets per panicle in F₁ hybrids (Experiment 1)

| F ₁ No. | Number of spikelets per panicle | F ₁ /M. P. (%) | F ₁ /H. P. (%) | F ₁ No. | Number of spikelets per panicle | F ₁ /M. P. (%) | F ₁ /H. P. (%) |
|--------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 20 | 261 | 114 | 92 | 24 | 184 | 103 | 100 |
| 31 | 220 | 105 | 77 | 29 | 180 | 106 | 103 |
| 4 | 215 | 163 | 154** | 12 | 179 | 134 | 112 |
| 19 | 209 | 111 | 109 | 15 | 179 | 102 | 93 |
| 25 | 205 | 121 | 118** | 5 | 178 | 122 | 117* |
| 18 | 201 | 102 | 100 | 21 | 175 | 101 | 101 |
| 2 | 200 | 144 | 143** | 9 | 174 | 112 | 107 |
| 30 | 195 | 120 | 118** | 32 | 169 | 116 | 108 |
| 27 | 195 | 106 | 101 | 1 | 167 | 113 | 106 |
| 13 | 194 | 130 | 121** | 11 | 167 | 111 | 104 |
| 17 | 194 | 102 | 101 | 23 | 167 | 101 | 96 |
| 16 | 191 | 100 | 99 | 28 | 161 | 112 | 92 |
| 26 | 190 | 117 | 110 | 7 | 155 | 108 | 106 |
| 22 | 190 | 105 | 100 | 10 | 155 | 103 | 97 |
| 14 | 188 | 116 | 114* | 3 | 151 | 110 | 108 |
| 6 | 187 | 120 | 108 | 8 | 137 | 108 | 98 |
| 33 | 185 | 119 | 102 | | | | |

Notes. M. P. = Mid-parent, H. P. = Higher parent.
* and ** indicate significant differences at 5 and 1% level, respectively.

Table 11. Performance and heterosis of number of panicles per plant in F₁ hybrids (Experiment 1)

| F ₁ No. | Number of panicles per plant | F ₁ /M. P. (%) | F ₁ /H. P. (%) | F ₁ No. | Number of panicles per plant | F ₁ /M. P. (%) | F ₁ /H. P. (%) |
|--------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 33 | 20.3 | 110 | 91 | 6 | 15.8 | 115 | 106 |
| 5 | 18.0 | 112 | 105 | 3 | 15.4 | 111 | 103 |
| 15 | 17.9 | 102 | 89 | 26 | 15.3 | 112 | 103 |
| 31 | 17.6 | 111 | 93 | 18 | 15.2 | 109 | 103 |
| 32 | 17.6 | 101 | 93 | 14 | 15.1 | 105 | 101 |
| 7 | 17.6 | 99 | 86 | 28 | 15.1 | 98 | 83 |
| 21 | 17.5 | 97 | 95 | 10 | 15.0 | 101 | 101 |
| 23 | 17.5 | 93 | 87 | 12 | 15.0 | 96 | 92 |
| 9 | 17.1 | 108 | 102 | 16 | 14.9 | 102 | 101 |
| 11 | 16.9 | 103 | 94 | 24 | 14.9 | 88 | 85 |
| 22 | 16.8 | 105 | 96 | 27 | 14.8 | 109 | 101 |
| 8 | 16.5 | 99 | 90 | 17 | 14.8 | 93 | 86 |
| 20 | 16.3 | 107 | 93 | 13 | 14.7 | 103 | 99 |
| 19 | 16.2 | 107 | 103 | 29 | 14.3 | 108 | 104 |
| 30 | 16.0 | 112 | 109 | 4 | 13.6 | 108 | 91 |
| 2 | 16.0 | 111 | 107 | 25 | 13.3 | 101 | 96 |
| 1 | 16.0 | 103 | 98 | | | | |

Notes. M. P. = Mid-parent, H. P. = Higher parent.
* and ** indicate significant differences at 5 and 1% level, respectively.

Table 12. Performance and heterosis of one thousand kernels weight in F_1 hybrids (Experiment 1)

| F_1 No. | One thousand kernels weight (g) | F_1 /M. P. (%) | F_1 /H. P. (%) | F_1 No. | One thousand kernels weight (g) | F_1 /M. P. (%) | F_1 /H. P. (%) |
|-----------|---------------------------------|------------------|------------------|-----------|---------------------------------|------------------|------------------|
| 4 | 30.3 | 107 | 106 | 11 | 26.9 | 103 | 102 |
| 25 | 30.1 | 106 | 105 | 10 | 26.7 | 98 | 95 |
| 26 | 30.0 | 108 | 103 | 27 | 26.4 | 100 | 91 |
| 29 | 29.7 | 105 | 103 | 19 | 26.2 | 95 | 94 |
| 3 | 29.3 | 99 | 94 | 24 | 26.1 | 98 | 94 |
| 16 | 28.6 | 108 | 105 | 5 | 25.9 | 101 | 93 |
| 6 | 28.6 | 101 | 100 | 22 | 25.8 | 102 | 101 |
| 32 | 28.5 | 103 | 96 | 9 | 25.8 | 100 | 98 |
| 30 | 28.4 | 105 | 102 | 17 | 25.2 | 97 | 92 |
| 8 | 28.4 | 103 | 101 | 23 | 25.1 | 102 | 100 |
| 14 | 28.3 | 104 | 102 | 31 | 25.0 | 101 | 97 |
| 28 | 28.3 | 101 | 98 | 15 | 25.0 | 97 | 92 |
| 2 | 27.6 | 103 | 99 | 20 | 24.9 | 102 | 99 |
| 18 | 27.6 | 99 | 98 | 13 | 23.9 | 92 | 92 |
| 33 | 27.5 | 112 | 103 | 7 | 23.7 | 93 | 84 |
| 12 | 27.4 | 105 | 104 | 21 | 23.6 | 98 | 94 |
| 1 | 27.4 | 103 | 100 | | | | |

Notes. M. P. = Mid-parent, H. P. = Higher parent.

* and ** indicate significant differences at 5 and 1% level, respectively.

Table 13. Performance and heterosis of culm length in F_1 hybrids (Experiment 1)

| F_1 No. | Culm length (cm) | F_1 /M. P. (%) | F_1 /H. P. (%) | F_1 No. | Culm length (cm) | F_1 /M. P. (%) | F_1 /H. P. (%) |
|-----------|------------------|------------------|------------------|-----------|------------------|------------------|------------------|
| 4 | 114.9 | 124 | 119** | 33 | 104.1 | 120 | 111* |
| 19 | 114.5 | 104 | 102 | 12 | 103.5 | 105 | 101 |
| 25 | 112.9 | 106 | 104 | 17 | 103.5 | 100 | 97 |
| 16 | 111.9 | 106 | 105 | 7 | 103.3 | 109 | 107 |
| 18 | 110.3 | 101 | 99 | 5 | 102.8 | 113 | 107 |
| 14 | 110.2 | 110 | 105 | 13 | 100.6 | 113 | 106 |
| 6 | 109.4 | 107 | 101 | 20 | 100.2 | 102 | 100 |
| 29 | 108.1 | 101 | 100 | 10 | 98.4 | 103 | 102 |
| 30 | 106.8 | 107 | 102 | 15 | 97.8 | 100 | 92 |
| 24 | 106.8 | 102 | 95 | 31 | 94.9 | 106 | 95 |
| 1 | 106.6 | 107 | 104 | 9 | 93.6 | 104 | 98 |
| 3 | 106.5 | 109 | 108 | 23 | 93.5 | 101 | 97 |
| 26 | 106.2 | 109 | 98 | 8 | 93.3 | 101 | 97 |
| 28 | 106.2 | 108 | 98 | 11 | 91.9 | 106 | 97 |
| 22 | 105.2 | 105 | 101 | 32 | 91.4 | 108 | 101 |
| 27 | 105.1 | 101 | 97 | 21 | 88.2 | 95 | 92 |
| 2 | 104.9 | 117 | 109 | | | | |

Notes. M. P. = Mid-parent, H. P. = Higher parent.

* and ** indicate significant differences at 5 and 1% level, respectively.

Table 14. Performance and heterosis of panicle length in F_1 hybrids (Experiment 1)

| F_1 No. | Panicle length (cm) | F_1 /M. P. (%) | F_1 /H. P. (%) | F_1 No. | Panicle length (cm) | F_1 /M. P. (%) | F_1 /H. P. (%) |
|-----------|---------------------|------------------|------------------|-----------|---------------------|------------------|------------------|
| 4 | 26.8 | 120 | 117 ** | 28 | 23.2 | 101 | 101 |
| 27 | 25.8 | 101 | 92 | 11 | 23.2 | 101 | 100 |
| 30 | 25.5 | 106 | 102 | 18 | 23.2 | 100 | 99 |
| 25 | 25.4 | 105 | 102 | 32 | 23.2 | 101 | 95 |
| 3 | 25.4 | 101 | 93 | 1 | 23.1 | 98 | 96 |
| 14 | 25.0 | 104 | 100 | 13 | 22.9 | 104 | 99 |
| 12 | 24.4 | 103 | 101 | 10 | 22.9 | 99 | 99 |
| 5 | 24.2 | 106 | 105 | 9 | 22.8 | 99 | 99 |
| 20 | 24.0 | 105 | 100 | 2 | 22.5 | 102 | 98 |
| 31 | 23.9 | 106 | 100 | 8 | 22.4 | 98 | 97 |
| 29 | 23.9 | 99 | 96 | 17 | 22.4 | 97 | 97 |
| 6 | 23.7 | 103 | 103 | 24 | 22.1 | 102 | 102 |
| 22 | 23.7 | 101 | 94 | 21 | 22.0 | 102 | 101 |
| 16 | 23.5 | 98 | 93 | 23 | 22.0 | 98 | 95 |
| 26 | 23.4 | 104 | 102 | 33 | 21.9 | 101 | 101 |
| 15 | 23.4 | 101 | 101 | 7 | 21.7 | 96 | 94 |
| 19 | 23.2 | 104 | 101 | | | | |

Notes. M. P. = Mid-parent, H. P. = Higher parent.

* and ** indicate significant differences at 5 and 1% level, respectively.

4) 各形質におけるヘテロシス間の相関

収量に現われるヘテロシスが収量構成要素の中で主としてどの形質におけるヘテロシスに影響されているかを検討するために収量におけるヘテロシスと個々の収量構成要素におけるそれとの相関図を作成した。収量におけるヘテロシスと1穂粒数におけるそれとの相関は高く(図1, 図2), 実験1および2における相関係数はそれぞれ0.757および0.574でいずれも1%水準で有意であった。穂数におけるヘテロシスとの相関は1穂粒数との関係ほどではないが, 両実験とも1%水準で有意な相関を示した(図3, 図4)。千粒重におけるヘテロシスとの相関は実験1では1%水準で有意であったが(図5), 実験2では相関は低く, 相関係数も有意でなかった(図6)。このように収量におけるヘテロシスと各収量構成要素におけるそれとの間にはほとんど有意な正の相関を示し, とりわけ1穂粒数におけるヘテロシスとの相関が高かった。しかし, ヘテロシスの程度がこれらの収量構成要素のどれよりも収量において高いことからすると, 収量におけるヘテロシスは各収量構成要素におけるそれの相加的または相乗的効果によってもたらされるものと予想される。このことは収量におけるヘテロシスと上記3形質(実験2においては稔性を含む)におけるそれの積との相関が収量におけるヘテロシスと個々の収量構成要素におけるそれとの相関より極めて高い正の相関を示したことから明らかである(図7, 図8)。また, ワラ重および稈長におけるヘテロシスとの相関も高く, 相関係数はそれぞれ0.704および0.817といずれも1%水準で有意であった(図9, 図10)。その他の形質については相関係数のみを表15に示した。実験1の千粒重におけるヘテロシスと穂長におけるそれとの関係, 実験2の1穂粒数におけるヘテロシスと穂数におけるそれとの関係, 千粒重におけるヘテロシスと穂数におけるそれとの関係では相関係数は負の値を示しているが, 残りはいずれも正の値を示し, しかもほとんどが有意であった。この結果からすると2・3の例外を除いて F_1 ではほとんどの形質において増量的な効果がもたらされるものと考えられる。

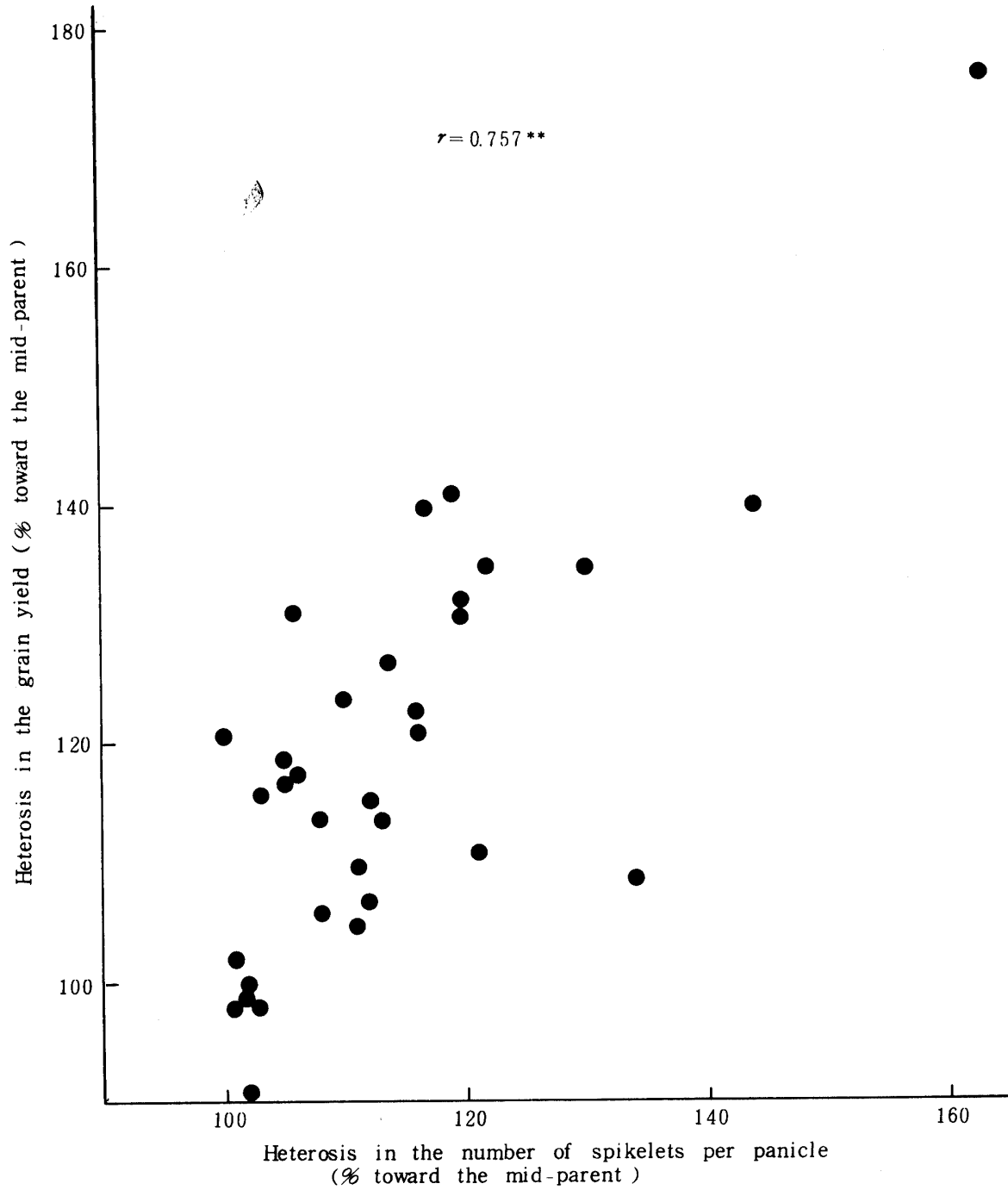


Fig. 1. Relationship between the heterosis in the grain yield and in the number of spikelets per panicle (Experiment 1)

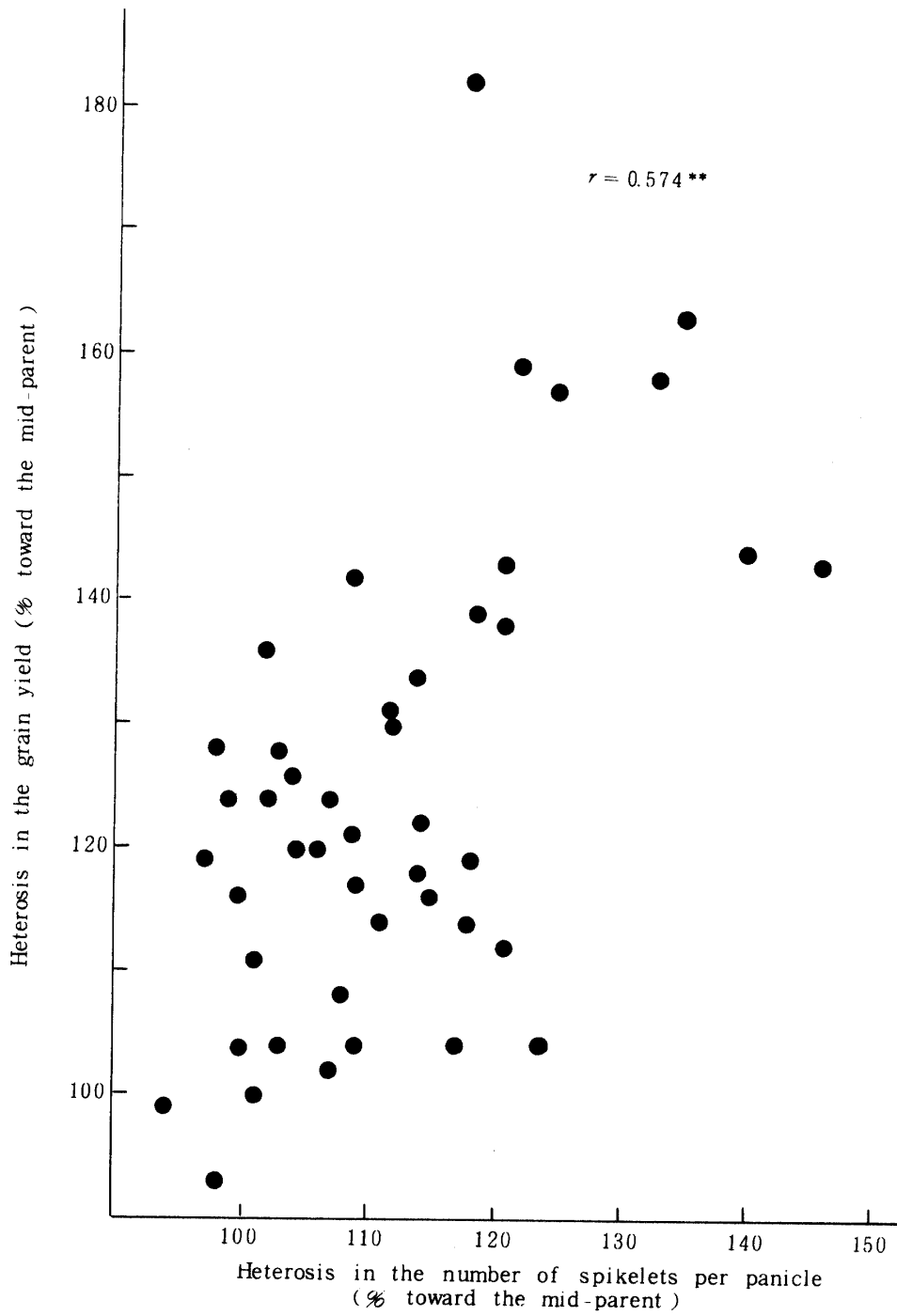


Fig. 2. Relationship between the heterosis in the grain yield and in the number of spikelets per panicle (Experiment 2)

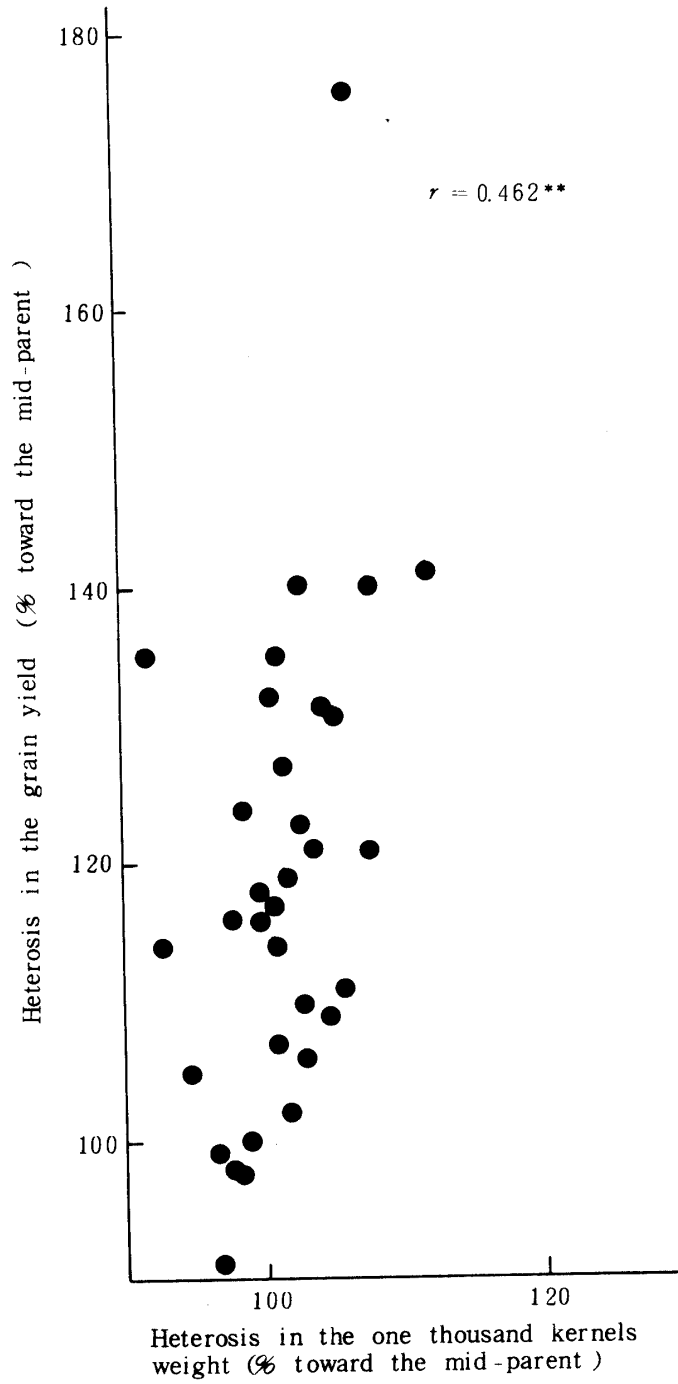


Fig. 5. Relationship between the heterosis in the grain yield and in the one thousand kernels weight (Experiment 1)

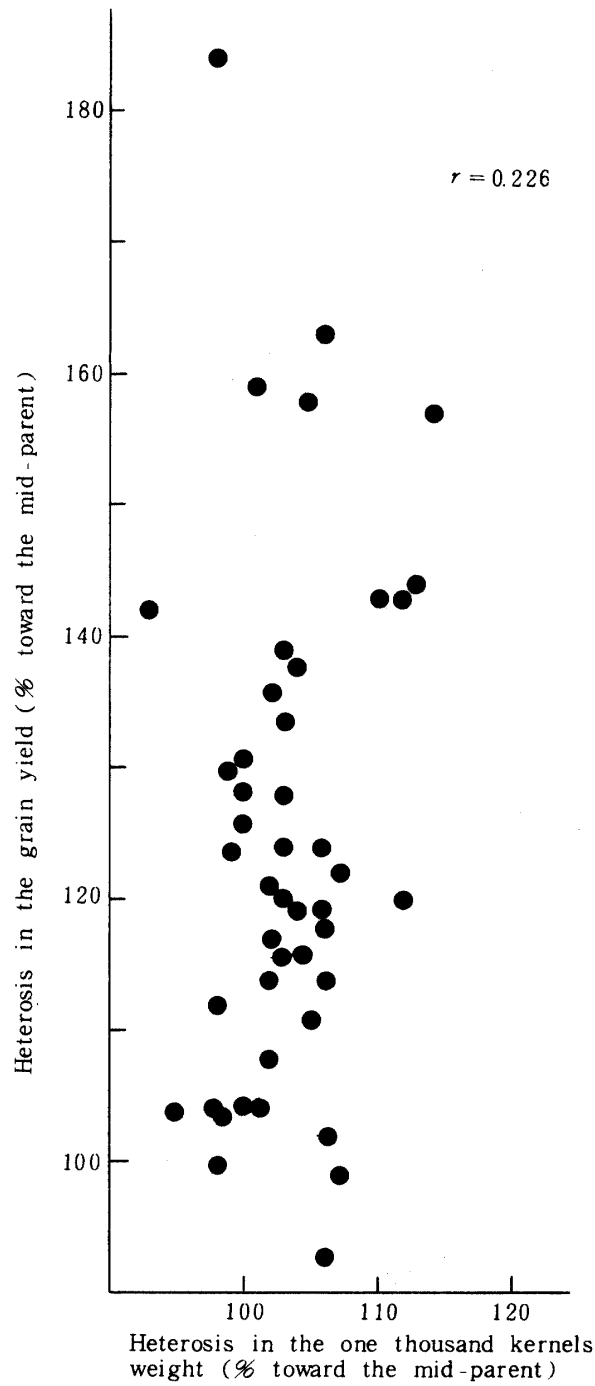


Fig. 6. Relationship between the heterosis in the grain yield and in the one thousand kernels weight (Experiment 2)

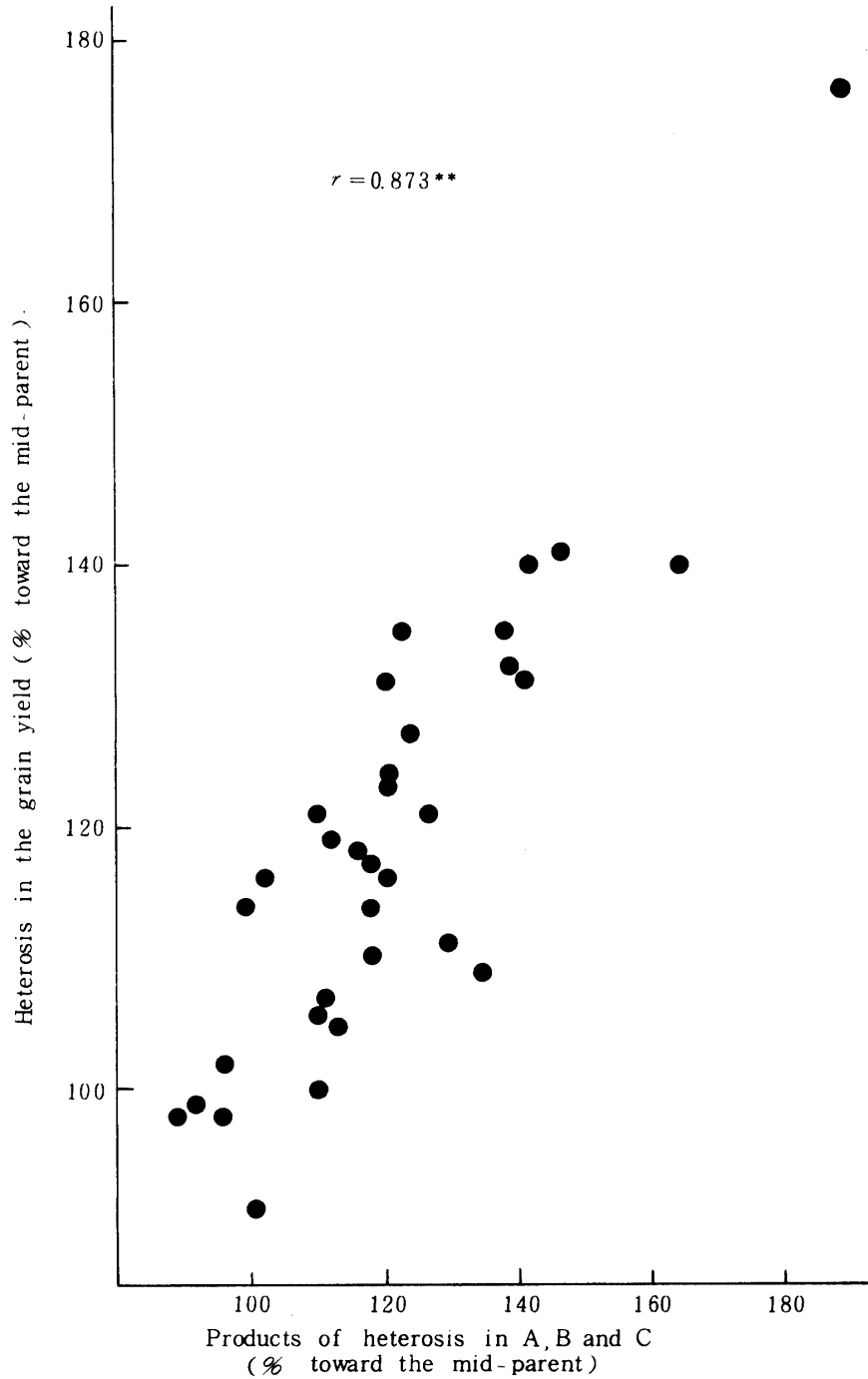


Fig. 7. Relationship between the heterosis in the grain yield and the products of heterosis in the number of spikelets per panicle (A), the number of panicles per plant (B) and in the one thousand kernels weight (C) (Experiment 1)

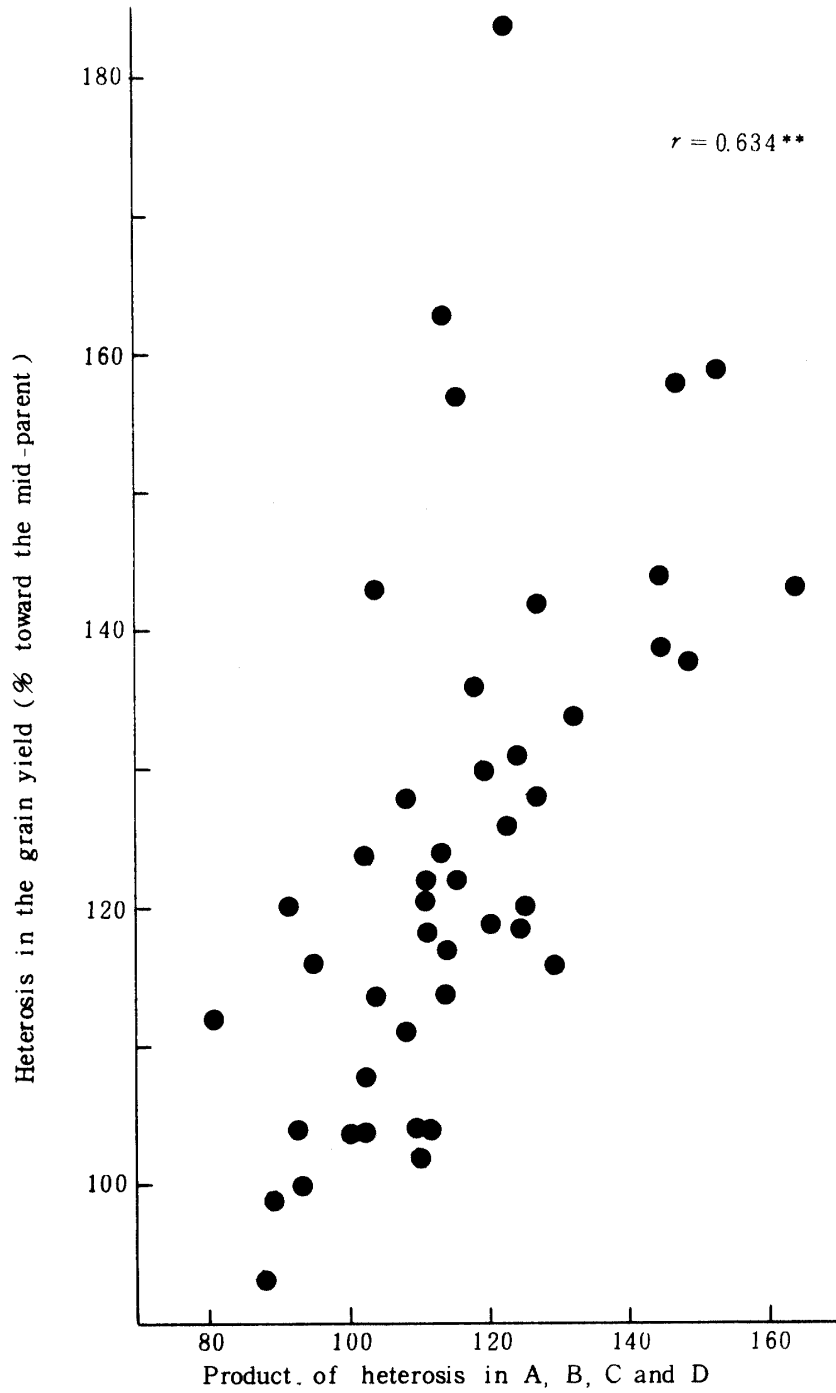


Fig. 8. Relationship between the heterosis in the grain yield and the products of heterosis in the number of spikelets per panicle (A), the number of panicles per plant (B), the one thousand kernels weight (C) and the fertility (D) (Experiment 2)

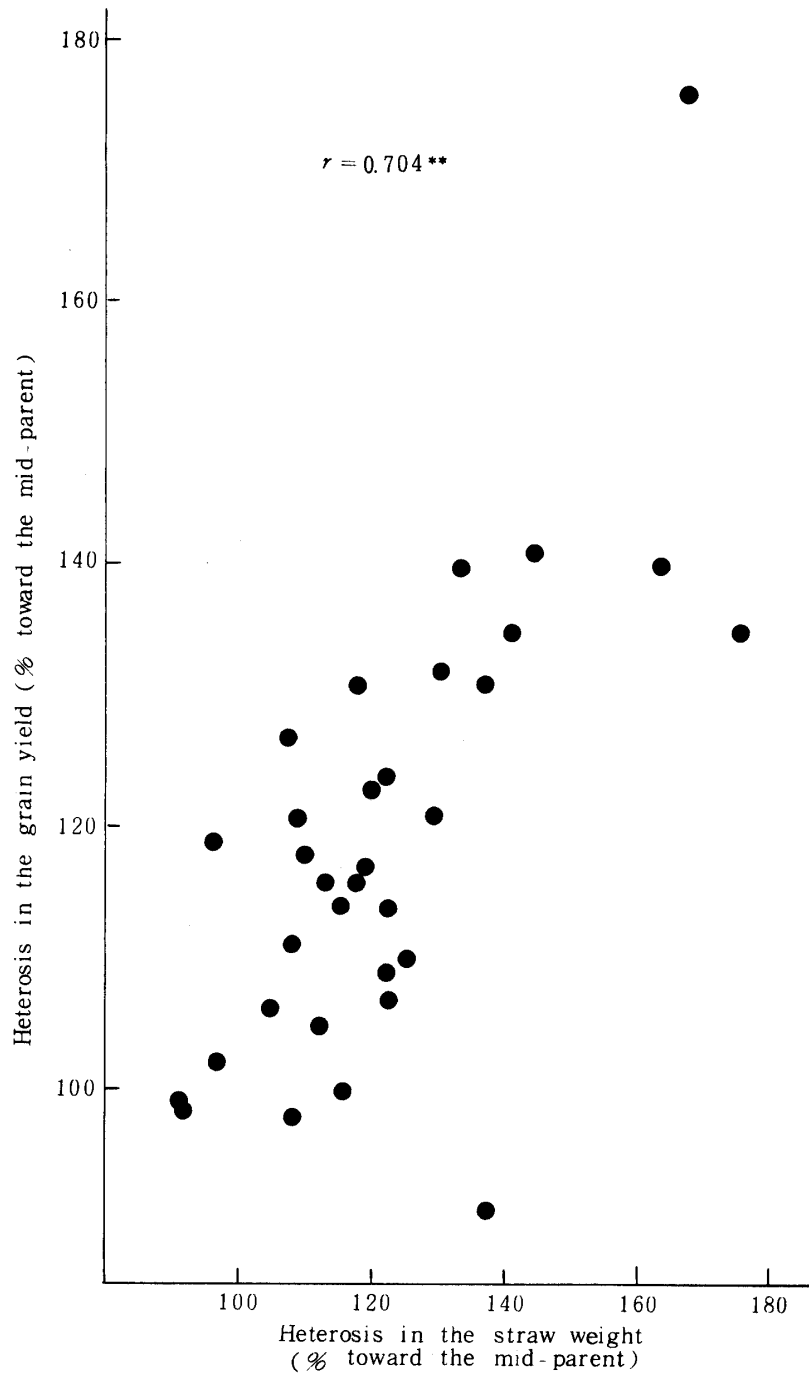


Fig. 9. Relationship between the heterosis in the grain yield and in the straw weight (Experiment 1)

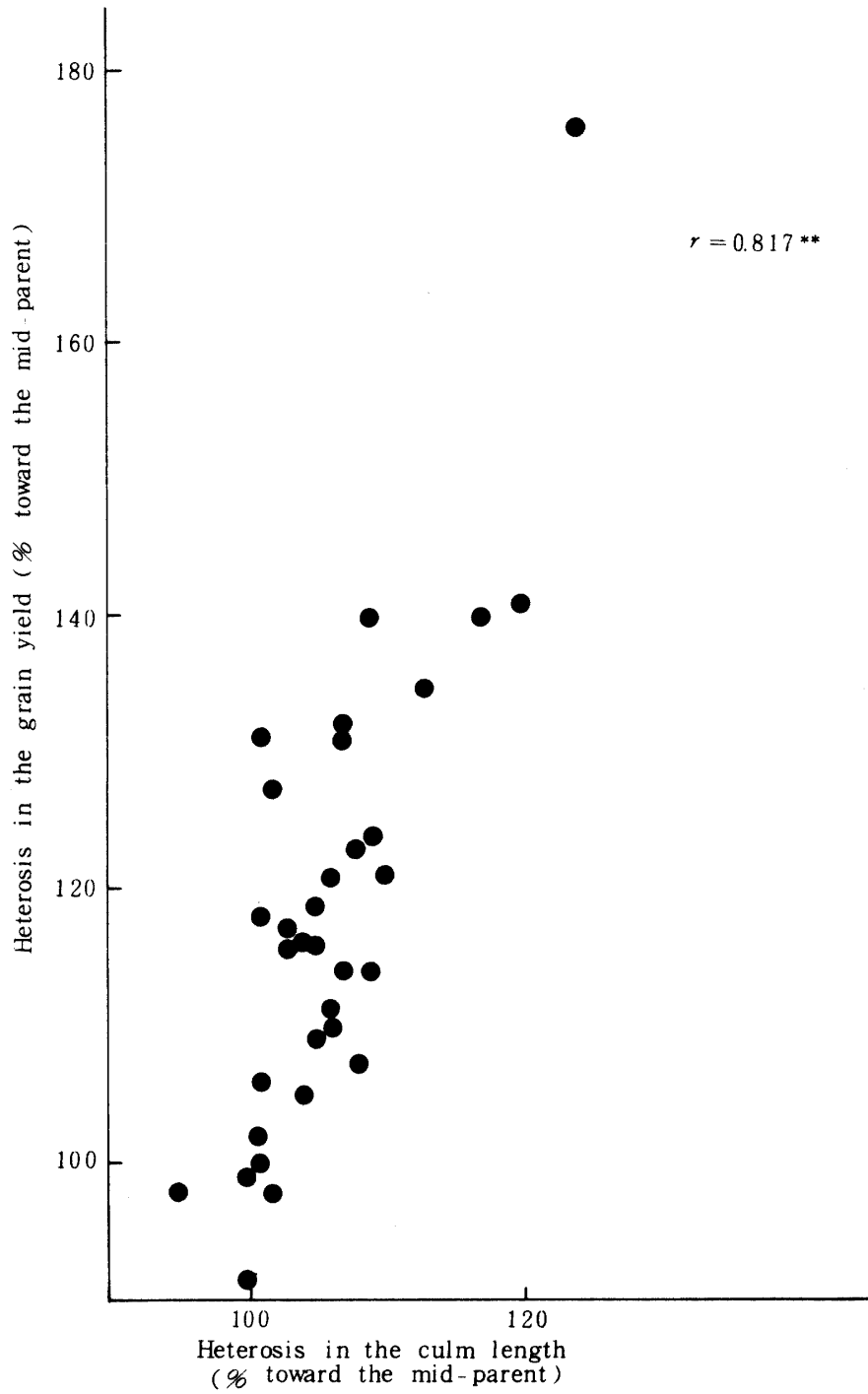


Fig. 10. Relationship between the heterosis in the grain yield and in the culm length (Experiment 1)

Table 15. The correlation coefficients between heterosis (F_1 /mid-parent) of certain characters in the experiment 1 and 2

| | Number of spikelets per panicle | One thousand kernels weight | Number of panicles per plant | Culm length | Panicle length |
|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|
| Grain yield | 0.757** 0.574** | 0.462** 0.226** | 0.619** 0.302* | 0.817** 0.233 | 0.646** 0.546** |
| Number of spikelets per panicle | | 0.330 0.422** | 0.319 -0.051 | 0.791** 0.522** | 0.733** 0.699** |
| One thousand kernels weight | | | 0.081 -0.388** | 0.213 0.230 | -0.136 0.358* |
| Number of panicles per plant | | | | 0.426* 0.120 | 0.362* 0.128 |
| Culm length | | | | | 0.549** 0.549* |

Notes. * and ** indicate significant differences at 5 and 1 % level, respectively. Above and below correlation coefficients indicate the results in the first (1967) and second (1968) experiments, respectively.

5) 親および F_1 における形質間相関

親品種群および F_1 群における諸形質間の相関を比較するため、Robinson *et al.*³⁹⁾, Falconer^{9,10)}, 酒井⁴³⁾および井山¹⁷⁾を参考にして、それぞれについて表現型相関、遺伝相関および環境相関を求め、親品種群については表16に F_1 群については表17に示した。収量と1穂粒数の表現型相関は F_1 群においては1%水準で有意であったが、親品種群では有意ではなかった。遺伝相関も F_1 群では相関係数が0.865と極めて高い値を示したが、親品種群のそれは0.376と小さかった。収量と千粒重の相関も F_1 群の表現型相関は5%水準で有意であったが、親品種群におけるそれは低く、相関係数はほとんど0に近かった。遺伝相関も F_1 群においては相関係数が0.710と正の高い相関を示したが、親品種群におけるそれは低かった。収量と穂数の間では親品種群の表現型相関は5%水準で有意であったが、 F_1 群においてはほとんど相関はみられなかった。遺伝相関は親品種群においては正の値を示したが、 F_1 群においては負の値を示した。1穂粒数と千粒重および穂数との相関、さらに千粒重と穂数の相関は親品種群、 F_1 群とも相関係数は負の値を示したが、その絶対値は F_1 群において小さかった。特に1穂粒数と穂数との間の遺伝相関係数は親品種群では-0.693と負の大きい値を示したが、 F_1 群におけるそれは小さく(-0.211)、両者間には大きな差異があり、親品種群における負の高い相関が F_1 群において破れ、新しい型の植物を生ずる可能性がうかがわれた。稈長と他の形質との関係について述べると、穂数との関係では親品種群、 F_1 群とも負の相関を示し表現型相関はいずれも1%水準で有意であったが、その絶対値は F_1 群において高かった。穂数以外の形質との関係は親品種群、 F_1 群とも表現型相関および遺伝相関は正の値を示し、親品種群の収量との関係以外は表現型相関はいずれも5%および1%水準で有意であった。また、相関係数の絶対値は1穂粒数との関係では親品種群の方が大きくなっていったが、その他では概して F_1 群において大きくなっていった。

Table 16. The correlation coefficients between certain characters in parental lines (Experiment 1)

| | Number of spikelets per panicle | One thousand kernels weight | Number of panicles per plant | Culm length |
|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------|
| Grain yield | 0.259 | 0.055 | 0.328** | 0.238 |
| | 0.376 | -0.083 | 0.313 | 0.628 |
| | 0.018 | 0.326 | 0.583 | -0.042 |
| Number of spikelets per panicle | | -0.167 | -0.330* | 0.556** |
| | | -0.187 | -0.693 | 0.582 |
| | | -0.071 | -0.187 | 0.296 |
| One thousand kernels weight | | | -0.589** | 0.332* |
| | | | -0.672 | 0.411 |
| | | | -0.218 | -0.205 |
| Number of panicles per plant | | | | -0.480** |
| | | | | -0.527 |
| | | | | 0.083 |

Notes. The correlation coefficients are orderly arranged, from above to below showing the phenotypic correlation, genetic correlation and environmental correlation, respectively.

* and ** indicate significant differences at 5 and 1% level, respectively.

Table 17. The correlation coefficients between certain characters in F₁ hybrids (Experiment 1)

| | Number of spikelets per panicle | One thousand kernels weight | Number of panicles per plant | Culm length |
|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------|
| Grain yield | 0.404** | 0.279* | 0.127 | 0.262* |
| | 0.865 | 0.710 | -0.287 | 0.723 |
| | 0.307 | 0.118 | 0.579 | 0.006 |
| Number of spikelets per panicle | | -0.109 | -0.154 | 0.334** |
| | | -0.020 | -0.211 | 0.350 |
| | | -0.479 | 0.116 | 0.207 |
| One thousand kernels weight | | | -0.395** | 0.467** |
| | | | -0.532 | 0.606 |
| | | | -0.098 | -0.141 |
| Number of panicles per plant | | | | -0.542** |
| | | | | -0.604 |
| | | | | -0.215 |

Notes. The correlation coefficients are orderly arranged, from above to below showing the phenotypic correlation, genetic correlation and environmental correlation, respectively.

* and ** indicate significant differences at 5 and 1% level, respectively.

4 考 察

実験1は系統間の相互遮蔽をできるだけ少なくするため栽植密度を慣行法に比べてやや疎植とし、しかも少肥条件下で実施したが、実験2は栽植密度、施肥料ともほぼ慣行法に準じて実施した。両実験とも乾物重、収量において顕著なヘテロシスがみられ、特に実験2の鈴成×Zenith CI 7787の収量は中間親および高い親を凌駕したのみならず供試品種中最高収量を示したベニセンゴク（当時九州地方における奨励品種の一つ）をも35%凌駕し、1%水準で有意であった。Brown⁴⁾は28組合せのF₁を供試し、中間親に対して最高130%の増収を示した組合せがみられたと報告している。Jennings¹⁹⁾もインド稲と日本稲の交配による24組合せのF₁について試験し、収量を24組合せの平均で比較すると、中間親および高い親をそれぞれ89%および62%凌駕し、ヘテロシスが顕著に現われることを報告している。Chang *et al.*⁵⁾は265組合せのF₁を供試し、そのうち192組合せは中間親および対照品種を凌駕し、145組合せは高い親を凌いだと述べている。Purohit³⁷⁾も収量においてヘテロシスが認められたことを報告している。

このようにイネにおいても顕著なヘテロシスが認められることが明らかにされたが、これらの研究は、いずれも経済的条件とはかなり異なる条件で実施したものである。ところが本実験のように実用品種の慣行栽培にほぼ等しい条件下でも、実用品種の収量を有意に凌ぐF₁が得られたことは注目に値しよう。

収量構成要素の中では1穂粒数におけるヘテロシスが最も高く、実験1・2のいずれにおいても高い親より有意な増加を示した組合せがかなりみられたが、穂数におけるヘテロシスは低かった。これはKawano *et al.*²⁴⁾の水耕実験による結果とほぼ同様である。しかし、Jennings¹⁹⁾は本実験より疎植な30×30cmで栽培し、穂数においても高いヘテロシスを認めている。これと本実験結果の差異が栽植密度の違いによるものなのかあるいはその他の要因によるかはⅢにおいて栽植密度および施肥量を変えて実施した実験結果をもとに詳しい検討を加えることにした。

Power³⁶⁾はトマトの実験結果から収量構成要素である果数、果重においてはヘテロシスは認められなかったが、収量において高いヘテロシスが認められたことから個々の形質に関与する遺伝子は部分優性であっても、その相互作用によって現われる形質では遺伝子の相乗的效果によってヘテロシスが起ると述べている。本実験においても個々の収量構成要素におけるヘテロシスは顕著でないにもかかわらず収量において顕著なヘテロシス現象がみられたが、このことはPower³⁶⁾の指摘とほぼ同様な理由によると理解される。

収量におけるヘテロシスと1穂粒数、穂数および千粒重におけるそれとの相関々係を検討してみると、実験2の千粒重におけるヘテロシスとの相関以外はいずれも有意であり、とくに1穂粒数におけるヘテロシスとの関係は両実験とも最も高い相関を示した。また、個々の収量構成要素におけるヘテロシスの積と収量におけるそれとの相関はさらに高かった。Pawlish and van Dijk³⁵⁾は大麦の実験で収量構成要素の収量におけるヘテロシスへの寄与は組合せによって一定でなかったと報告しているが、本実験では組合せによって差異はあるが、一般的傾向としては上述の関係が得られた。このことは収量におけるヘテロシスは個々の収量構成要素におけるその相加的または相乗的效果によってもたらされるが、とりわけ1穂粒数におけるヘテロシスの寄与が大きいことを示すものといえよう。Chang *et al.*⁵⁾も穂数および1穂粒数は収量のヘテロシスに影響を及ぼす重要な要素であると指摘し、熊谷²⁶⁾もコムギの研究で収量のヘテロシスと収量構成要素のそれとの間には高い相関があると指摘したが、本実験でも同様の現象がみられた。

親品種群およびF₁群における諸形質間の相関について検討してみると、一般に、親品種群において正の相関を示した形質はF₁群においてさらに相関が高まる傾向がみられ、また、負の相関を示した形質はF₁群においてもやはり負の相関を示すが、相関係数の絶対値は親品種群よりもかなり小さかった。収量と1穂粒数の相関では表現型相関および遺伝相関ともF₁群の方が親品種群よりも正の高い相関を示した。ことに遺伝相関係数は親品種群の0.376に対しF₁群では0.865と両者間に大きな差異がみられた。逆に、

収量と穂数の相関では表現型相関および遺伝相関とも F_1 群において低くなっていた。これらの事実は F_1 における収量の増加は穂数の増加よりもむしろ1穂粒数の増加によって大きく左右されることを示すものであり、前述の収量のヘテロシスと収量構成要素におけるそれとの相関で指摘したことをよりはっきりと裏付ける結果といえる。1穂粒数と穂数の関係において親品種群では負の高い遺伝相関を示していたが、 F_1 群におけるそれはかなり低くなっていた。この事実から、 F_1 において1穂粒数が多く、しかも穂数もそれほど減少しない一般の品種とは異なる型の植物の出現が考えられる。さらに稈長と1穂粒数の相関は表現型相関および遺伝相関とも親品種群よりも F_1 群において小さくなっていた。このことは F_1 において短稈で1穂粒数の増大する植物が期待され、最近の育種目標が耐倒伏性という観点から短稈化の傾向をたどりつつあることと対比して好ましい現象といえる。

遺伝相関はある形質の選抜が他の形質に及ぼす影響を知る場合や種々の選抜指数を作る場合に必要な遺伝的パラメーターである。この重要な遺伝的パラメーターにおいて前述のような結果が得られたことは F_1 において多くの形質で増量的傾向を示す新品種出現の可能性を意味し、ひいてはそれが F_1 収量において顕著なヘテロシス現象を示す原因になると考えられる。

III 施肥量および栽植密度の異なる条件でのヘテロシス

1 緒言

遺伝子型と環境との間には相互作用^{21,40,53)}が存在し、栽植密度や施肥量に対する反応に品種間差異があることは多くの研究者によって報告されている。たとえば、Hinson and Hanson¹⁴⁾は大豆の実験で栽植密度に対する反応に品種間差異があり、混合集団における個体をもとにして得られた推論は誤った情報を提供しかねないと述べている。また、Kawano and Tanaka²³⁾は水稻で生育期間の長い品種と短い品種を用いてチッソに対する反応を調べ、多チッソ条件では生育期間の短い品種が、少チッソ条件では生育期間の長い品種が高収をもたらしたと述べている。ところが、Akihama¹⁾は密度、肥料および光条件の違う環境下で水稻品種の競争力について実験を行ない、相対的な競争力は環境の影響を受けることなく、逆転する場合は見られなかったと述べている。

IIにおいてイネでも顕著なヘテロシスが現われることを述べたが、 F_1 においても上述のように栽培環境との間に相互作用がおこり、栽培条件によってヘテロシスの発現程度が異なることが考えられる。

そこで本実験では、IIとVに示した組合せの中からヘテロシス程度の高い3組合せを含む合計11組合せを選び、施肥量および栽植密度を変えて試験を実施することにより、ヘテロシスの発現が栽培条件によってどのように変化するかを検討した。

2 材料および方法

IIとVに示した組合せの中から組合せ能力の高いものとして鈴成×Zenith CI 7787、愛国×Zenith CI 7787および農林22号×荒木の3組合せを選び、また、組合せ能力が低いもしくは中程度のものとしてハウヨク×雄町、ベニセンゴク×雄町、農林22号×愛国、農林18号×ベニセンゴク、ミホニシキ×ハウヨク、ハウヨク×ミホニシキ、ベニセンゴク×ミホニシキおよびミホニシキ×農林18号の8組合せ、合計11組合せを選んで試験に供した。さらに、当時、新しく九州地方における奨励品種として普及しつつあったレイハウおよびトヨタマも対照品種として加えた。

試験は1970年に九州大学農学部付属農場で実施し、試験区は施肥を多肥と標肥、栽植密度を普通植と密植のそれぞれ2段階に分け、3反復の分割区法により割付けを行なった。すなわち、標肥普通植区(A)、標肥密植区(B)、多肥普通植区(C)および多肥密植区(D)の4栽培条件がそれぞれ3反復の合計12試験区で実施した。

栽植は各区とも1系統12個体を1列に植え、そのうち両端の2個体を除く10個体を調査に供したが、雀、野鼠、病虫害などのため10個体調査の不可能な組合せも2・3生じた。

施肥量は基肥として10a当り多肥区がチッソ11.2kg、リン酸14.4kgおよびカリ11.2kgで、標肥区はその半量を施した。追肥は多肥区でチッソ7.2kg、カリ6.4kg、標肥区でチッソ4.5kg、カリ4.0kgを8月17日に施した。多肥区的全チッソ量18.4kgは九州大学農学部附属農場所在の福岡県粕屋郡地方における標準施肥量の約1.5倍で、標肥区の10.1kgは標準施肥量よりやや少なめであるが、これと大差ないとみてさしつかえない。

栽植密度は普通植区が $23 \times 23 \text{ cm}$ (18.9本/ m^2)で、密植区は $23 \times 11.5 \text{ cm}$ (37.8本/ m^2)としたが、普通植区は慣行栽培とほぼ同じである。

調査はIIの実験の調査性質の他に1穂重についても行なった。収量と穂数についての調査は株ごとに行なったが、栽植密度が異なる関係上、平方メートル当りに換算した数値を用いて比較した。

3 実験結果

標肥普通植区、標肥密植区、多肥普通植区および多肥密植区の4条件における F_1 収量と中間親および高い親に対するヘテロシスの程度を表18に示した。4条件を通じて、安定して高いヘテロシスを示したのは鈴成×Zenith CI 7787の F_1 で、最もヘテロシスの低い多肥密植区でも中間親および高い親をそれぞれ67%および57%凌駕し、最もヘテロシスの高い標肥密植区では中間親を96%、高い親を91%凌いだ。さらに4条件平均でも中間親および高い親よりそれぞれ80%および70%の増収を示した。また、この F_1 は収量も高く、標肥密植区では1,327g/ m^2 、4条件平均でも1,206g/ m^2 の高収量が得られ有望な組合せであることを示していた。農林22号×荒木の F_1 も標肥密植区以外では顕著なヘテロシスがみられた。愛国×Zenith CI 7787でも前二者ほどではないが、かなり高いヘテロシスを示した。またこれら3組合せの F_1 における4条件の平均収量はいずれも有意に両親品種を凌駕していた。その他の組合せについては、ミホニシキ×ハウヨクが多肥密植区において、中間親に対して34%、高い親に対して22%のやや高いヘテロシスを示した程度で、総じてヘテロシスの程度は低かった。以上の結果から栽培条件によってはヘテロシスの発現程度にかなりの変動がみられるものの、一般にヘテロシス程度の高いものはどの栽培条件下でも高くなり、低いものはどの栽培条件下でも低くなる傾向がうかがわれ、ある条件では顕著なヘテロシスを示した組合せが他の条件では負のヘテロシスに逆転するとか、あるいはその逆の現象が起こるといふようなことはみられなかった。この点については相関係数を算出して後でより詳しい検討を加える。

つぎに、収量に関してDuncan⁷⁾の方法により有意差検定を行ない表19に示した。標肥普通植区においては、鈴成×Zenith CI 7787の収量はその交配親である鈴成およびZenith CI 7787よりも400g/ m^2 以上の増収を示し、統計的に有意であった。さらに親品種および比較品種を通じて最高収量を示したベニセンゴクよりも155g/ m^2 (17%)の増収がみられた。愛国×Zenith CI 7787の F_1 も有意ではないが高い親より約120g/ m^2 の増収であった。標肥密植区では、鈴成×Zenith CI 7787の F_1 は1,327g/ m^2 の極めて高い収量を示し、高い方の親であるZenith CI 7787よりも約630g/ m^2 、さらに供試品種中最高収量を示したベニセンゴクよりも約450g/ m^2 (35%)の増収を示し、いずれも統計的に有意であった。その他の組合せでは高い親より有意な増収を示した組合せはみられなかった。多肥普通植区では鈴成×Zenith CI 7787の F_1 は高い方の親であるZenith CI 7787より465g/ m^2 、供試品種中最高収量を示した愛国を295g/ m^2 (32%)も凌駕し、いずれも統計的に有意であった。さらに農林22号×荒木および愛国×Zenith CI 7787の F_1 も有意ではないが愛国よりそれぞれ196g/ m^2 (21%)および116g/ m^2 (13%)上回った。多肥密植区では、鈴成×Zenith CI 7787、愛国×Zenith CI 7787および農林22号×荒木の F_1 はいずれも高い方の親よりも有意な増収を示し、前2組合せは供試品種中最高収量を示した愛国よりも統計的に有意な増加

であった。また、農林22号×荒木のF₁も有意ではないが、200 g/m² (24%) の増収であった。

つぎに、各系統の4栽培条件の平均収量について検討してみると鈴成×Zenith CI 7787, 愛国×Zenith CI 7787および農林22号×荒木のF₁はいずれも高い親を有意に凌駕しており、前2組合せでは供試品種中最高収量を示したベニセンゴクよりも有意な増収であった。

Table 18. Performance and heterosis of grain yield under different cultural conditions

| F ₁ No. | F ₁ hybrids | A | | | B | | |
|--------------------|---------------------------|-----------------------|------|------|-----------------------|------|------|
| | | (a) | (b) | (c) | (a) | (b) | (c) |
| 1 | Suzunari × Zenith CI 7787 | 1051 g/m ² | 171% | 169% | 1327 g/m ² | 196% | 191% |
| 2 | Aikoku × " | 899 | 128 | 116 | 954 | 133 | 131 |
| 3 | Nōrin 22 × Araki | 822 | 178 | 145 | 791 | 138 | 112 |
| 4 | Benisengoku × Omachi | 713 | 91 | 79 | 854 | 102 | 97 |
| 5 | Mihonishiki × Hōyoku | 685 | 107 | 105 | 706 | 101 | 97 |
| 6 | " × Nōrin 18 | 813 | 111 | 97 | 789 | 105 | 101 |
| 7 | Hōyoku × Omachi | 704 | 108 | 108 | 752 | 102 | 94 |
| 8 | Benisengoku × Mihonishiki | 767 | 101 | 86 | 665 | 83 | 76 |
| 9 | Nōrin 22 × Aikoku | 705 | 105 | 91 | 774 | 109 | 107 |
| 10 | Hōyoku × Mihonishiki | 625 | 98 | 96 | 771 | 110 | 107 |
| 11 | Nōrin 18 × Benisengoku | 522 | 60 | 58 | 698 | 84 | 79 |
| | Mean | 755 | 114 | 105 | 826 | 115 | 108 |

| C | | | D | | | Mean | | |
|-----------------------|------|------|-----------------------|------|------|-----------------------|------|-------|
| (a) | (b) | (c) | (a) | (b) | (c) | (a) | (b) | (c) |
| 1207 g/m ² | 186% | 164% | 1239 g/m ² | 167% | 157% | 1206 g/m ² | 180% | 170*% |
| 1028 | 124 | 113 | 1196 | 148 | 145 | 1019 | 133 | 126* |
| 1108 | 279 | 225 | 1023 | 187 | 147 | 936 | 196 | 157* |
| 815 | 100 | 92 | 827 | 113 | 113 | 801 | 102 | 95 |
| 723 | 117 | 112 | 882 | 134 | 122 | 748 | 115 | 109 |
| 750 | 116 | 106 | 625 | 107 | 105 | 745 | 110 | 102 |
| 705 | 101 | 94 | 785 | 108 | 107 | 737 | 105 | 101 |
| 655 | 89 | 74 | 823 | 124 | 112 | 728 | 99 | 87 |
| 684 | 97 | 75 | 684 | 90 | 83 | 713 | 100 | 89 |
| 554 | 90 | 86 | 648 | 98 | 90 | 650 | 99 | 95 |
| 668 | 84 | 76 | 704 | 108 | 96 | 648 | 84 | 77 |
| 808 | 126 | 111 | 858 | 126 | 116 | 812 | 120 | 110 |

Notes. A: Plot of the standard level fertilizer with the standard planting density.

B: Plot of the standard level fertilizer with a high planting density.

C: Plot of the high level fertilizer with the standard planting density.

D: Plot of the high level fertilizer with a high planting density.

(a): Mean value of F₁ hybrids (b): % toward the mid-parent

(c): % toward the higher parent

* indicates significant difference at 5% level by Duncan's multiple range test.

Table 19. Significant relationship among the grain yield under each cultural condition

| F ₁ hybrids, parental lines, a few leading varieties | Grain yield (g/m ²) and its significant relationship * | | | | |
|--|--|---------|-----------|----------|-----------|
| | A | B | C | D | E |
| Suzunari × Zenith CI 7787 | 1051 a | 1327 a | 1207 a | 1239 a | 1206 a |
| Aikoku × Zenith CI 7787 | 899 ab | 954 b | 1028 abc | 1196 ab | 1019 b |
| Nōrin 22 × Araki | 822 bcd | 791 bc | 1108 ab | 1023 abc | 936 bc |
| Benisengoku | 896 ab | 879 bc | 882 bcd | 733 def | 849 cd |
| Aikoku | 777 bcde | 726 bc | 912 bcd | 823 cde | 809 de |
| Benisengoku × Omachi | 713 bcdef | 854 bc | 815 cdef | 827 cde | 801 de |
| Reihō | 750 bcde | 694 bcd | 852 bcde | 811 cdef | 777 def |
| Mihonishiki × Hōyoku | 685 bcdef | 706 bc | 723 defg | 882 cd | 748 defg |
| Mihonishiki × Nōrin 18 | 813 bcd | 789 bc | 750 cdefg | 625 ef | 745 defg |
| Hōyoku × Omachi | 704 bcdef | 752 bc | 705 defg | 785 cdef | 737 defgh |
| Omachi | 651 cdefg | 801 bc | 749 cdefg | 735 def | 733 defgh |
| Benisengoku × Mihonishiki | 767 bcde | 665 cd | 655 defg | 823 cde | 728 defgh |
| Nōrin 18 | 839 abc | 782 bc | 707 defg | 571 fg | 724 defgh |
| Zenith CI 7787 | 627 cdefg | 699 bc | 742 cdefg | 793 cdef | 714 efgh |
| Nōrin 22 × Aikoku | 705 bcdef | 774 bc | 684 defg | 684 def | 713 efgh |
| Hōyoku | 655 cdefg | 678 cd | 647 defg | 721 def | 675 fgh |
| Hōyoku × Mihonishiki | 625 cdefg | 771 bc | 554 fgh | 648 def | 650 ghi |
| Nōrin 18 × Benisengoku | 522 fgh | 698 bc | 668 defg | 704 def | 648 ghi |
| Suzunari | 610 defg | 660 cd | 567 fg | 693 def | 633 ghi |
| Mihonishiki | 626 cdefg | 717 bc | 589 efg | 595 efg | 631 ghi |
| Nōrin 22 | 567 efg | 703 bc | 493 gh | 702 def | 616 hi |
| Toyotama | 469 gh | 622 cd | 526 gh | 605 efg | 556 i |
| Araki | 353 h | 444 d | 300 h | 388 g | 379 j |

Notes. A : Plot of the standard level fertilizer with the standard planting density.

B : Plot of the standard level fertilizer with a high planting density.

C : Plot of the high level fertilizer with the standard planting density.

D : Plot of the high level fertilizer with a high planting density.

E : Mean yield of the 4 plots.

* Calculated by Duncan's multiple range test, at 5% level. Any two means not belonging to the same letter are significantly different. Any two means belonging to the same letter are not significantly different.

1穂重におけるヘテロシスについては表20に示した。農林22号×荒木の F_1 はどの栽培条件でもヘテロシスは高く、最もヘテロシスの低い標肥密植区でも中間親および高い親をそれぞれ50%および45%凌駕し、最もヘテロシスの高い多肥普通植区では中間親を83%、高い親を67%凌いでいた。さらに4条件の平均でも中間親および高い親をそれぞれ68%および63%上回っていた。愛国×Zenith CI 7787の F_1 は多肥密植区以外では高い親よりもいくらか低い値を示したが、中間親との比較では標肥密植区を除いて20%以上の増加を示し、4条件平均でも25%の増収がみられた。鈴成×Zenith CI 7787の F_1 は高い親との比較では約20%低い値を示したが、中間親に対しては多肥普通植区以外では20%以上のヘテロシスを示し、4条件平均でも中間親に対し24%のヘテロシスがみられた。以上の3組合せの F_1 がどの栽培条件においても高いヘテロシスを示したのに対し、他の組合せではヘテロシスの程度は一般に低かった。これは収量における結果とはほぼ同様な傾向であった。

1穂粒数におけるヘテロシスについては表21に示した。農林22号×荒木の F_1 はどの栽培条件においても高い親を約40%、中間親を約50%上回り顕著なヘテロシスがみられた。愛国×Zenith CI 7787の F_1 は高い親よりは10%近く下回っているが、中間親よりはいずれも20%以上上回っていた。鈴成×Zenith CI 7787の F_1 は高い方の親をかなり下回っているが、中間親に対しては約10%以上のヘテロシスがみられた。さらにミホニシキ×ハウヨクの F_1 でも標肥密植区以外は10%以上中間親を凌いでいた。その他の組合せではどの栽培条件でもヘテロシスは低くかった。

穂数におけるヘテロシスについては表22に示した。鈴成×Zenith CI 7787の F_1 はどの栽培条件でも約10%以上中間親を凌ぎ、4条件平均でも17%の増加を示したが、その他の組合せでは農林22号×荒木の F_1 が多肥普通植区において22%の増加を示した以外はいずれもヘテロシスは低く、中間親を下回る組合せもかなりみられた。また栽培条件の違いによるヘテロシス程度の差異は明らかでなかった。

千粒重については表23に示した。農林22号×荒木の F_1 では多肥普通植区において12%、4条件平均で8%中間親を凌いでいるが、他は中間親と大差はない。

稈長については表24に示した。農林22号×荒木の F_1 ではどの栽培条件でも約20%のヘテロシスがみられたが、その他の組合せではいずれも中間親を数%上回っている程度である。稈長は多肥区においてやや高くなる傾向がみられたが、栽培条件によるヘテロシス程度の差異は明らかでなかった。

親と F_1 の各栽培条件における稔実率を表25に示した。農林18号×ベニセンゴクおよびハウヨク×雄町の2組合せの F_1 は稔実率の低い方の親よりも低い、その他の組合せでは高い方の親を上回るかもしくは両親の中間であった。収量で顕著なヘテロシスを示した3組合せについて検討してみると、農林22号×荒木の F_1 では片方の親であり、しかも供試品種中最も稔実率の高かった荒木にほとんど等しい値を示した。愛国×Zenith CI 7787および鈴成×Zenith CI 7787の F_1 の稔実率もかなり高く、どの試験区においても90%以上の稔実率を示し、とくに後者の F_1 は両親品種をかなり上回った。

つぎに施肥量と栽植密度の違いによって F_1 と中間親の収量の動きにどんな差異がみられるかについて検討するために F_1 および中間親とも11組合せの平均値を用いて栽培条件間の比率を求め、図11に示した。まず、施肥量の影響を検討するために標肥区に対する多肥区の増減程度について栽植密度ごとに比較した。その結果、標肥密植区の収量に対する多肥密植区の収量の百分率は F_1 が103.9%に対して中間親は94.0%で、 F_1 の方が9.9%高く、また標肥普通植区に対する多肥普通植区の場合は F_1 が106.4%であるのに対し中間親は99.1%で、 F_1 が7.3%高かった。このように多肥区では標肥区におけるよりもさらに7~10% F_1 が中間親の収量を凌ぐことがうかがわれた。栽植密度の影響について述べると、標肥普通植区に対する標肥密植区では F_1 の値が113.0%に対し、中間親は107.3%で F_1 が5.7%高く、また多肥普通植区に対する多肥密植区のパーセントは F_1 の106.6%に対し、中間親は102.0%で F_1 が4.6%高い。すなわち密植区では普通植区におけるよりもさらに4~6% F_1 が中間親の収量を凌いだ。さらに標肥普通植区に対する多肥密植区のパーセントは F_1 が113.8%に対して中間親は101.8%で、 F_1 が12%高かった。

Table 20. Performance and heterosis of panicle weight under different cultural conditions

| F ₁ hybrids | A | | | B | | |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | (a) | (b) | (c) | (a) | (b) | (c) |
| Aikoku × Zenith CI 7787 | 5.7 | 124 | 95 | 5.2 | 118 | 90 |
| Nōrin 22 × Araki | 5.3 | 161 | 161 | 4.5 | 150 | 145 |
| Suzunari × Zenith CI 7787 | 5.0 | 125 | 83 | 4.8 | 126 | 83 |
| Nōrin 22 × Aikoku | 3.6 | 113 | 109 | 3.3 | 114 | 114 |
| Benisengoku × Omachi | 3.4 | 100 | 92 | 3.2 | 146 | 87 |
| Hōyoku × Omachi | 3.2 | 103 | 87 | 2.9 | 100 | 78 |
| Mihonishiki × Nōrin 18 | 3.4 | 103 | 97 | 3.0 | 103 | 97 |
| Nōrin 18 × Benisengoku | 2.6 | 79 | 74 | 2.6 | 87 | 84 |
| Mihonishiki × Hōyoku | 2.9 | 104 | 97 | 2.6 | 108 | 96 |
| Benisengoku × Mihonishiki | 3.0 | 97 | 97 | 2.5 | 89 | 86 |
| Hōyoku × Mihonishiki | 2.8 | 100 | 93 | 2.7 | 113 | 100 |

| C | | | D | | | Mean | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| (a) | (b) | (c) | (a) | (b) | (c) | (a) | (b) | (c) |
| 5.5 | 122 | 95 | 5.3 | 136 | 108 | 5.4 | 125 | 97 |
| 5.5 | 183 | 167 | 4.6 | 177 | 177 | 5.0 | 168 | 163 |
| 4.4 | 116 | 76 | 4.4 | 129 | 90 | 4.7 | 124 | 83 |
| 3.4 | 117 | 110 | 3.0 | 107 | 103 | 3.3 | 113 | 109 |
| 2.9 | 91 | 81 | 3.2 | 110 | 94 | 3.2 | 112 | 89 |
| 2.8 | 97 | 78 | 2.9 | 104 | 85 | 3.0 | 101 | 82 |
| 3.1 | 111 | 107 | 2.5 | 109 | 104 | 3.0 | 107 | 101 |
| 2.8 | 100 | 97 | 2.7 | 113 | 113 | 2.7 | 95 | 92 |
| 2.7 | 113 | 104 | 2.7 | 123 | 123 | 2.7 | 112 | 105 |
| 2.4 | 89 | 89 | 2.7 | 117 | 113 | 2.7 | 98 | 96 |
| 2.4 | 100 | 92 | 2.5 | 114 | 114 | 2.6 | 107 | 100 |

Notes. A: Plot of the standard level fertilizer with the standard planting density.
 B: Plot of the standard level fertilizer with a high planting density.
 C: Plot of the high level fertilizer with the standard planting density.
 D: Plot of the high level fertilizer with a high planting density.
 (a): Mean value of F₁ hybrids (g/panicle) (b): % toward the mid parent
 (c): % toward the higher parent

Table 21. Performance and heterosis of number of spikelets per panicle under different cultural conditions

| F ₁ hybrids | A | | | B | | |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | (a) | (b) | (c) | (a) | (b) | (c) |
| Aikoku × Zenith CI 7787 | 253 | 126 | 96 | 226 | 125 | 92 |
| Suzunari × Zenith CI 7787 | 202 | 116 | 78 | 195 | 118 | 79 |
| Nōrin 22 × Araki | 200 | 151 | 139 | 168 | 148 | 146 |
| Nōrin 22 × Aikoku | 147 | 105 | 102 | 128 | 112 | 111 |
| Benisengoku × Omachi | 137 | 104 | 91 | 126 | 105 | 91 |
| Mihonishiki × Nōrin 18 | 138 | 104 | 99 | 127 | 109 | 101 |
| Hōyoku × Omachi | 136 | 107 | 91 | 122 | 105 | 88 |
| Nōrin 18 × Benisengoku | 127 | 100 | 91 | 114 | 100 | 90 |
| Mihonishiki × Hōyoku | 128 | 111 | 101 | 107 | 106 | 100 |
| Hōyoku × Mihonishiki | 122 | 106 | 96 | 113 | 112 | 105 |
| Benisengoku × Mihonishiki | 113 | 95 | 90 | 100 | 95 | 92 |

| C | | | D | | | Mean | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| (a) | (b) | (c) | (a) | (b) | (c) | (a) | (b) | (c) |
| 261 | 122 | 92 | 245 | 127 | 94 | 246 | 125 | 94 |
| 204 | 109 | 72 | 176 | 111 | 73 | 194 | 114 | 76 |
| 203 | 147 | 139 | 173 | 150 | 141 | 186 | 149 | 141 |
| 150 | 104 | 103 | 128 | 104 | 104 | 138 | 106 | 105 |
| 136 | 101 | 87 | 129 | 106 | 90 | 132 | 104 | 90 |
| 142 | 104 | 97 | 120 | 105 | 97 | 132 | 106 | 99 |
| 134 | 103 | 87 | 123 | 103 | 86 | 129 | 105 | 88 |
| 134 | 103 | 92 | 120 | 107 | 97 | 124 | 103 | 93 |
| 132 | 113 | 103 | 113 | 113 | 107 | 120 | 111 | 103 |
| 125 | 107 | 98 | 112 | 112 | 106 | 118 | 109 | 101 |
| 117 | 97 | 91 | 108 | 106 | 103 | 110 | 98 | 94 |

Notes. A: Plot of the standard level fertilizer with the standard planting density.
 B: Plot of the standard level fertilizer with a high planting density.
 C: Plot of the high level fertilizer with the standard planting density.
 D: Plot of the high level fertilizer with a high planting density.
 (a): Mean value of F₁ hybrids (b): % toward the mid-parent
 (c): % toward the higher parent

Table 22. Performance and heterosis of number of panicles under different cultural conditions

| F ₁ hybrids | A | | | B | | |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | (a) | (b) | (c) | (a) | (b) | (c) |
| Suzunari × Zenith CI 7787 | 296 | 109 | 80 | 403 | 124 | 86 |
| Mihonishiki × Hōyoku | 301 | 99 | 88 | 343 | 91 | 85 |
| Benisengoku × Mihonishiki | 313 | 100 | 88 | 351 | 100 | 90 |
| Benisengoku × Omachi | 271 | 92 | 76 | 334 | 97 | 86 |
| Mihonishiki × Nōrin 18 | 298 | 104 | 98 | 327 | 102 | 101 |
| Hōyoku × Omachi | 278 | 96 | 82 | 324 | 91 | 80 |
| Nōrin 18 × Benisengoku | 279 | 84 | 78 | 331 | 93 | 85 |
| Hōyoku × Mihonishiki | 267 | 88 | 79 | 350 | 93 | 87 |
| Nōrin 22 × Aikoku | 251 | 87 | 76 | 305 | 92 | 88 |
| Aikoku × Zenith CI 7787 | 235 | 93 | 71 | 263 | 99 | 76 |
| Nōrin 22 × Araki | 199 | 104 | 83 | 241 | 98 | 76 |

| C | | | D | | | Mean | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| (a) | (b) | (c) | (a) | (b) | (c) | (a) | (b) | (c) |
| 346 | 115 | 89 | 426 | 121 | 93 | 368 | 117 | 87 |
| 332 | 100 | 90 | 394 | 105 | 96 | 343 | 99 | 90 |
| 314 | 90 | 79 | 371 | 100 | 93 | 337 | 98 | 88 |
| 316 | 94 | 79 | 347 | 98 | 87 | 317 | 95 | 82 |
| 288 | 96 | 95 | 339 | 104 | 99 | 313 | 102 | 98 |
| 304 | 94 | 83 | 339 | 95 | 82 | 311 | 94 | 82 |
| 305 | 87 | 77 | 328 | 92 | 82 | 311 | 89 | 81 |
| 281 | 85 | 76 | 341 | 91 | 83 | 310 | 89 | 81 |
| 247 | 77 | 64 | 284 | 79 | 76 | 272 | 84 | 76 |
| 260 | 87 | 68 | 295 | 95 | 79 | 263 | 94 | 74 |
| 249 | 122 | 99 | 275 | 101 | 80 | 241 | 106 | 85 |

Notes. A: Plot of the standard level fertilizer with the standard planting density.
 B: Plot of the standard level fertilizer with a high planting density.
 C: Plot of the high level fertilizer with the standard planting density.
 D: Plot of the high level fertilizer with a high planting density.
 (a): Mean value of F₁ hybrids(per square meter) (b): % toward the mid-parent (c): % toward the higher parent

Table 23. Performance and heterosis of one thousand kernels weight under different cultural conditions

| F ₁ hybrids | A | | | B | | |
|---------------------------|----------|-----|-----|----------|-----|-----|
| | (a) | (b) | (c) | (a) | (b) | (c) |
| Benisengoku × Omachi | 28.8 (g) | 100 | 98 | 29.3 (g) | 99 | 97 |
| Nōrin 22 × Araki | 28.2 | 103 | 99 | 29.2 | 107 | 106 |
| Hōyoku × Omachi | 29.5 | 104 | 101 | 29.2 | 103 | 97 |
| Mihonishiki × Nōrin 18 | 28.7 | 102 | 101 | 29.2 | 103 | 103 |
| Benisengoku × Mihonishiki | 29.5 | 104 | 104 | 27.7 | 96 | 95 |
| Mihonishiki × Hōyoku | 28.7 | 103 | 101 | 27.8 | 102 | 98 |
| Hōyoku × Mihonishiki | 28.7 | 103 | 101 | 28.7 | 105 | 101 |
| Nōrin 18 × Benisengoku | 27.0 | 97 | 96 | 27.3 | 95 | 94 |
| Suzunari × Zenith CI 7787 | 26.7 | 105 | 103 | 26.8 | 106 | 102 |
| Nōrin 22 × Aikoku | 25.7 | 100 | 97 | 26.3 | 98 | 97 |
| Aikoku × Zenith CI 7787 | 25.2 | 101 | 101 | 24.3 | 96 | 92 |

| C | | | D | | | Mean | | |
|----------|-----|-----|----------|-----|-----|----------|-----|-----|
| (a) | (b) | (c) | (a) | (b) | (c) | (a) | (b) | (c) |
| 28.5 (g) | 97 | 92 | 30.2 (g) | 101 | 97 | 29.2 (g) | 99 | 97 |
| 28.8 | 112 | 107 | 29.5 | 108 | 104 | 28.9 | 108 | 104 |
| 28.3 | 97 | 91 | 28.3 | 97 | 91 | 28.8 | 100 | 95 |
| 29.8 | 107 | 104 | 27.5 | 103 | 101 | 28.8 | 104 | 102 |
| 26.8 | 95 | 93 | 28.7 | 103 | 100 | 28.2 | 100 | 98 |
| 27.5 | 98 | 96 | 28.3 | 104 | 104 | 28.1 | 102 | 100 |
| 26.5 | 95 | 92 | 27.7 | 102 | 102 | 27.9 | 101 | 99 |
| 27.7 | 101 | 100 | 28.5 | 104 | 99 | 27.6 | 99 | 97 |
| 25.9 | 102 | 99 | 26.5 | 103 | 99 | 26.5 | 104 | 101 |
| 25.5 | 102 | 100 | 26.2 | 102 | 101 | 25.9 | 101 | 99 |
| 23.8 | 94 | 93 | 24.5 | 98 | 97 | 24.5 | 97 | 96 |

Notes. A: Plot of the standard level fertilizer with the standard planting density.
 B: Plot of the standard level fertilizer with a high planting density.
 C: Plot of the high level fertilizer with the standard planting density.
 D: Plot of the high level fertilizer with a high planting density.
 (a): Mean value of F₁ hybrids (b): % toward the mid-parent
 (c): % toward the higher parent

Table 24. Performance and heterosis of culm length under different cultural conditions

| F ₁ hybrids | A | | | B | | |
|---------------------------|--------|-----|-----|--------|-----|-----|
| | (a) | (b) | (c) | (a) | (b) | (c) |
| Aikoku × Zenith CI 7787 | 120 cm | 105 | 98 | 120 cm | 106 | 100 |
| Nōrin 22 × Araki | 117 | 122 | 120 | 117 | 123 | 120 |
| Suzunari × Zenith CI 7787 | 109 | 104 | 89 | 108 | 104 | 90 |
| Benisengoku × Omachi | 106 | 100 | 90 | 108 | 102 | 91 |
| Nōrin 22 × Aikoku | 106 | 105 | 100 | 105 | 104 | 100 |
| Hōyoku × Omachi | 103 | 103 | 87 | 106 | 104 | 88 |
| Mihonishiki × Nōrin 18 | 101 | 100 | 98 | 105 | 105 | 103 |
| Nōrin 18 × Benisengoku | 101 | 102 | 97 | 102 | 104 | 99 |
| Benisengoku × Mihonishiki | 98 | 103 | 100 | 99 | 104 | 101 |
| Mihonishiki × Hōyoku | 95 | 105 | 96 | 97 | 107 | 99 |
| Hōyoku × Mihonishiki | 95 | 104 | 96 | 95 | 105 | 98 |

| C | | | D | | | Mean | | |
|--------|-----|-----|--------|-----|-----|--------|-----|-----|
| (a) | (b) | (c) | (a) | (b) | (c) | (a) | (b) | (c) |
| 127 cm | 108 | 99 | 122 cm | 106 | 98 | 122 cm | 106 | 99 |
| 121 | 120 | 117 | 120 | 121 | 118 | 119 | 122 | 119 |
| 113 | 105 | 88 | 112 | 106 | 90 | 110 | 105 | 89 |
| 110 | 102 | 91 | 107 | 100 | 88 | 108 | 101 | 90 |
| 110 | 105 | 103 | 109 | 106 | 104 | 108 | 105 | 102 |
| 106 | 103 | 87 | 105 | 103 | 86 | 105 | 103 | 87 |
| 103 | 99 | 97 | 103 | 102 | 101 | 103 | 102 | 100 |
| 103 | 102 | 96 | 103 | 106 | 101 | 102 | 104 | 98 |
| 101 | 103 | 100 | 101 | 104 | 100 | 99 | 104 | 100 |
| 97 | 105 | 96 | 93 | 104 | 95 | 96 | 105 | 97 |
| 97 | 105 | 96 | 94 | 104 | 95 | 95 | 105 | 96 |

Notes. A: Plot of the standard level fertilizer with the standard planting density.
 B: Plot of the standard level fertilizer with a high planting density.
 C: Plot of the high level fertilizer with the standard planting density.
 D: Plot of the high level fertilizer with a high planting density.
 (a): Mean value of F₁ hybrids (b): % toward the mid-parent
 (c): % toward the higher parent

Table 25. Fertility of parental lines and F₁ hybrids under different cultural conditions

| Parental lines and F ₁ hybrids | Fertility (%) | | | | |
|---|---------------|------|------|------|------|
| | A | B | C | D | Mean |
| Araki | 94.1 | 95.3 | 96.1 | 95.1 | 95.2 |
| Nōrin 22 × Araki | 95.7 | 92.7 | 96.6 | 92.8 | 94.5 |
| Nōrin 22 × Aikoku | 96.4 | 95.8 | 93.1 | 91.9 | 94.3 |
| Aikoku | 92.7 | 95.5 | 93.8 | 94.8 | 94.2 |
| Benisengoku | 95.2 | 94.8 | 94.4 | 91.8 | 94.1 |
| Aikoku × Zenith CI 7787 | 94.0 | 93.7 | 93.9 | 94.0 | 93.9 |
| Suzunari × Zenith CI 7787 | 92.2 | 93.3 | 90.4 | 90.2 | 91.5 |
| Nōrin 18 | 93.4 | 91.2 | 87.8 | 84.8 | 89.3 |
| Benisengoku × Mihonishiki | 92.4 | 85.0 | 86.2 | 91.9 | 88.9 |
| Benisengoku × Omachi | 88.6 | 87.4 | 84.5 | 91.5 | 88.0 |
| Zenith CI 7787 | 90.4 | 91.1 | 84.2 | 86.1 | 88.0 |
| Hōyoku | 90.5 | 83.9 | 83.8 | 88.4 | 86.7 |
| Nōrin 22 | 88.5 | 92.0 | 79.4 | 86.0 | 86.5 |
| Mihonishiki × Nōrin 18 | 89.5 | 85.5 | 86.0 | 82.3 | 85.4 |
| Mihonishiki × Hōyoku | 83.3 | 84.0 | 83.7 | 90.3 | 85.3 |
| Nōrin 18 × Benisengoku | 77.0 | 86.2 | 88.3 | 88.9 | 85.1 |
| Omachi | 81.3 | 88.8 | 82.7 | 87.5 | 85.1 |
| Hōyoku × Mihonishiki | 85.5 | 87.8 | 77.1 | 87.8 | 84.6 |
| Mihonishiki | 84.4 | 87.8 | 81.3 | 82.5 | 84.0 |
| Hōyoku × Omachi | 80.0 | 81.1 | 78.8 | 84.8 | 81.2 |
| Suzunari | 77.2 | 77.1 | 78.1 | 88.4 | 80.2 |
| Mean | 88.7 | 89.0 | 86.7 | 89.1 | |

Notes. A: Plot of the standard level fertilizer with the standard planting density.
 B: Plot of the standard level fertilizer with a high planting density.
 C: Plot of the high level fertilizer with the standard planting density.
 D: Plot of the high level fertilizer with a high planting density.

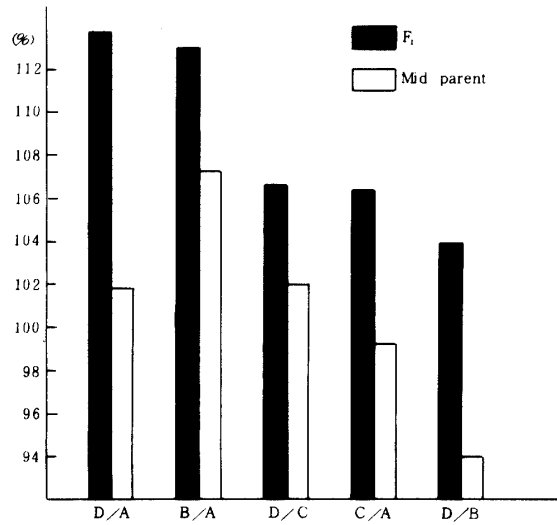


Fig. 11. Comparison of grain yield of F_1 hybrids and mid-parents under different cultural conditions

Notes.

- A: Plot of the standard level fertilizer with the standard planting density.
- B: Plot of the standard level fertilizer with a high planting density.
- C: Plot of the high level fertilizer with the standard planting density.
- D: Plot of the high level fertilizer with a high planting density.

Each value is calculated by using average value of eleven combinations.

つぎに実用品種にとってより経済的栽培条件と考えられる多肥密植条件で栽培した場合、標肥普通植区に比べて F_1 と中間親の変動にどのような差異がみられるかを収量と収量構成要素について検討すると、収量については図12に示したように、 F_1 9では多肥密植区における収量の増加程度は中間親が F_1 より大きい、その他では F_1 が大きいか両者間に差がなかった。また、 F_1 と親品種について標肥普通植区に対する多肥密植区の百分率の頻度分布をみると、 F_1 の方が高いところに多くの組合せが分布しており、多肥密植にした時の収量の増加は親品種に比べて F_1 の方が大きいことがうかがわれた(表26)。穂重については F_1 も中間親も標肥普通植区より多肥密植区の方が小さいが、その程度は F_1 9を除く他の組合せでは F_1 の方が若干軽微であった(図13)。穂数および1穂粒数についても標肥普通植区より多肥密植区の方が小さいが、その程度は F_1 と中間親とでほとんど差異はなかった(図14, 図15)。千粒重については標肥普通植区より多肥密植区が劣るというようなことはなく、また F_1 と中間親との間にもほとんど差異はみられなかった(図16)。

つぎに、各調査形質におけるヘテロシスの栽培条件間の相関係数を算出し、表27に示した。収量ではいずれの場合も有意な相関がみられ、標肥普通植区と標肥密植区、標肥普通植区と多肥普通植区、標肥普通植区と多肥密植区および多肥普通植区と多肥密植区との間の相関は1%水準の高い有意性を示した。その他の形質については千粒重における標肥普通植区と多肥普通植区、標肥普通植区と多肥密植区、標肥密植区と多肥普通植区および標肥密植区と多肥密植区さらに穂数における標肥密植区と多肥普通植区の相関係数は低く、有意ではなかったが、その他はいずれも統計的に有意であった。

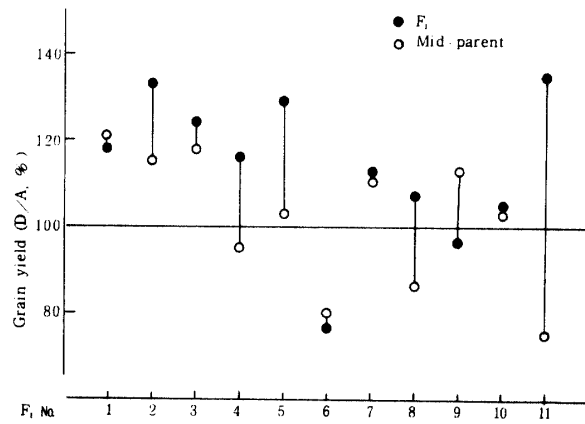


Fig. 12. Comparison of grain yield of F_1 hybrids and mid-parents under A and D conditions

Table 26. Frequency distribution of grain yield indicated by percentage of D/A

| D/A (%) | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 110 | 115 | 120 | 125 | 130 | 135 | total |
|---------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| F_1 | | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 11 |
| Variety | | 1 | | 1 | 1 | | 4 | 2 | | | 1 | 2 | | 12 |

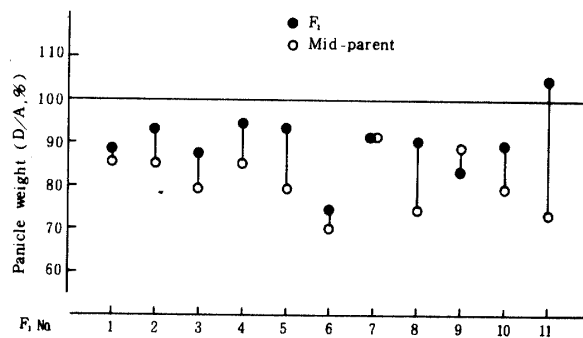


Fig. 13. Comparison of panicle weight of F_1 hybrids and mid-parents under A and D conditions

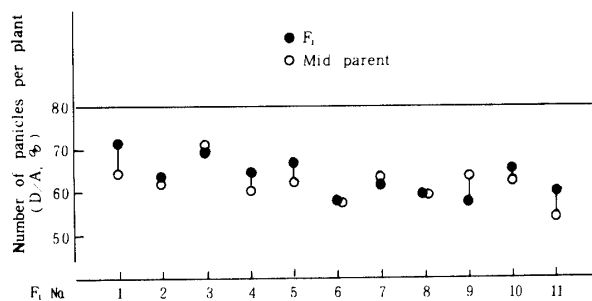


Fig. 14. Comparison of number of panicles per plant of F_1 hybrids and mid-parents under A and D conditions

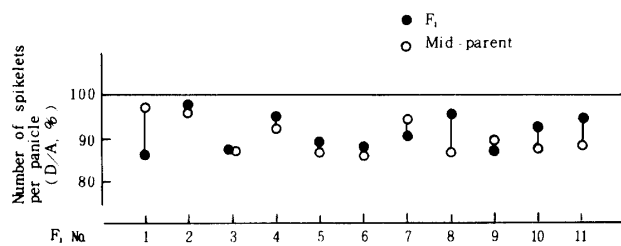


Fig. 15. Comparison of number of spikelets per panicle of F_1 hybrids and mid-parents under A and D conditions

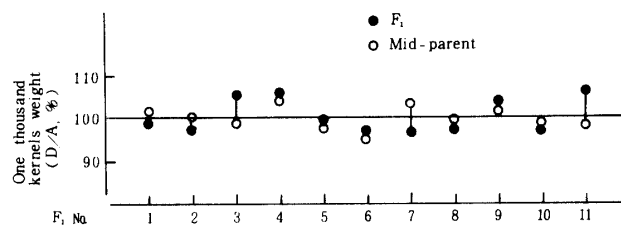


Fig. 16. Comparison of one thousand kernels weight of F_1 hybrids and mid-parents under A and D conditions

Table 27. The correlation coefficients between different cultural conditions with the heterotic performance of certain characters in rice

| Correlation coefficients between plots | Grain yield | Number of spikelets per panicle | Number of panicles per plant | One thousand kernels weight | Culm length |
|--|-------------|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------|
| A and B | 0.839** | 0.970** | 0.684* | 0.650* | 0.965** |
| A and C | 0.890** | 0.981** | 0.805** | -0.016 | 0.972** |
| A and D | 0.857** | 0.953** | 0.850** | -0.014 | 0.969** |
| B and C | 0.654* | 0.943** | 0.547 | 0.490 | 0.920** |
| B and D | 0.705* | 0.913** | 0.789** | 0.313 | 0.936** |
| C and D | 0.889** | 0.979** | 0.770** | 0.699* | 0.933** |

Note. * and ** indicate the significance at 5 and 1% level, respectively.

4 考 察

本実験では標肥普通植区、標肥密植区、多肥普通植区および多肥密植区の4栽培条件を設定して試験を実施したが、収量に関してヘテロシスの高いグループとして選んだ組合せは栽培条件によってかなりの変動はみられるもののどの栽培条件でも高いヘテロシスを示し、また、ヘテロシスの低いグループとして選んだ組合せではミホニシキ×ホウヨクのF₁が多肥密植区においてやや高いヘテロシスを示している程度で、他は栽培条件の如何にかかわらず一般にヘテロシスは低かった。ヘテロシスの高い組合せの中でとりわけ鈴成×Zenith CI 7787のF₁はどの栽培条件でも顕著なヘテロシスを示し高い方の親を有意に凌駕したのみならず比較のため用いた奨励品種を含む供試品種中最高収量を示した品種をも大巾に上回り、標肥普通植区以外は統計的にも有意であった。しかも実用品種にとってより経済的栽培条件と考えられる多肥区や密植区においてヘテロシス程度が高まる傾向さえみられた。また、栽培条件とヘテロシスの関係を統計的にはっきりさせる意味から、ヘテロシスの栽培条件間の相関を検討してみると、いずれも有意な正の相関を示した。以上の結果から少なくとも本実験で用いた栽培条件の範囲では栽培条件の差異がヘテロシスの発現を大きく左右するとは考えられない。従って、本実験よりもさらに多肥密植条件でも顕著なヘテロシスが期待できそうである。

Hsu *et al.*¹⁹⁾もチッソ施肥量と栽植密度の異なる条件で実験を実施した結果、有望な組合せがみられたと報告している。ところがこれまでの報告の多くは実用的栽培条件でのヘテロシスに対しては否定的なものが多い。たとえば、Jennings¹⁹⁾は非経済的な疎植条件ではヘテロシスを示しても経済的な密植条件ではヘテロシスは起こらないと述べ、Kawano *et al.*²⁴⁾も疎植とか遺伝的混合集団ではヘテロシスは期待できるが、実際圃場において遺伝的に斉一な集団ではあまり期待できないと述べている。Rutger and Davis⁴⁰⁾は30×30cmと15×15cmの栽植密度で実験を実施し、前者においては高いヘテロシスが認められたが、後者では有意なヘテロシスは認められなかったことから高密度の直播栽培を行なうアメリカにおいては実際栽培におけるイネのF₁利用は現段階では不可能であると報告している。また、Rosenquist⁴¹⁾はコムギの実験で列内の栽植間隔が10cm(4インチ)の場合はかなりのヘテロシスが起るが、2.5cm(1インチ)間隔ではヘテロシスは低くなるかまたは起こらなくなると述べている。Severson and Rasmusson⁴⁶⁾はオオムギの実験で列間を30.5cmで一定にし、列内個体間を2.5, 7.5, 15.0および22.5cmの4条件で試験したところ密植になるほどヘテロシスが落ちてきたことから、疎植条件で得られた結果からの推論は経済的栽植密度におけるヘテロシスの発現に関して誤った判断を下しかねないと述べている。

このように経済的栽培条件でのヘテロシスの発現に対して否定的な報告が多いのに対し、本実験結果ではヘテロシスの発現が施肥量や栽植密度に左右されることが少なく、多肥密植という現在の経済的栽培条件下でも顕著なヘテロシス現象を示したのみならず、全組合せ平均では標肥普通植区に比べて約10%もヘテロシスが高まる傾向さえみられた。これは従来の報告と異なる興味ある事実である。

Kawano *et al.*²⁴⁾ はイネにおけるヘテロシスの大部分は栄養生長旺盛度の促進として理解されることから、集約栽培、とくに多肥密植条件では、この生長の旺盛度がむしろ有害になると指摘している。ところが、本実験では栄養生長旺盛度の一つの指標になると考えられる稈長におけるヘテロシスよりも、むしろ穂重や1穂粒数のような収量構成要素におけるヘテロシス程度が顕著であることからすると、少くとも、現在、日本における耐肥性品種を対象とした施肥量や密度条件の範囲内では経済的に十分価値のあるヘテロシスが期待できると考えられる。

収量以外の形質でも干粒重のほとんどと穂数の一部を除いてヘテロシスの栽培条件間の相関はかなり高く、いずれも有意であった。このことはこれらの形質でもヘテロシスの程度は栽培条件に左右されることは少なく、疎植条件でヘテロシスを示した組合せは密植条件でもヘテロシス程度が減少することなく、ほとんど同程度のヘテロシスを示すことを意味している。とくに、1穂粒数のヘテロシスに関して、いずれも1%水準の高い有意性を示したことはIIで明らかにしたように、この形質の収量におけるヘテロシスへの寄与が大きいことを考えると極めて望ましく現象といえる。

Jennings¹⁹⁾ は30×30cmの疎植条件で穂数においても顕著なヘテロシスを認めているが、本実験結果やIIにおける結果からすると、組合せによってはある程度のヘテロシスがみられるものの総じてヘテロシスの低い形質である。本実験で使用した組合せでも、さらに疎植条件ではあるいは顕著なヘテロシスを示すことがあるかもしれないが、日本における慣行栽培条件では1穂粒数や1穂重のような高いヘテロシスは期待できそうにない。

IV 栽培時期が異なる場合のヘテロシス

1 緒 言

IIIにおいて栽培条件すなわち栽植密度および施肥量の異なる条件でも顕著なヘテロシス現象がみられ、ヘテロシスの栽培条件間の相関が有意であることを述べてきた。

栽培時期特に播種期および移植期の異なる条件でのヘテロシスについての研究報告は例をみないが、播種期と遺伝子型(品種)との相互作用については2・3の報告がある。例えば Nei and Syakudo³⁰⁾ は播種期と F_2 および両親品種の集団との間には有意な相互作用は認められなかったと述べているが、赤藤ら⁵⁵⁾ は播種期と遺伝子型との間には多くの形質で有意な相互作用が認められたと報告している。また、赤藤・小堀⁵⁴⁾ は形質によっては遺伝力、遺伝相関などの遺伝的パラメーターが播種期の移動により変化したと報告している。もし F_2 集団においても同様な現象が起こると播種期あるいは移植期の移動によりヘテロシスの程度に変化を生じ、極端な場合には正から負あるいはその逆の現象が起こることも考えられる。

そこで、本章では播種期および移植期の移動により、ヘテロシスの発現がどのように変化するかについて検討を加えた。

2 材料および方法

供試材料は表29に示した16組合せの F_2 とそれらの両親品種、さらにレイホウおよびトヨタマも比較品種として使用した。

播種日、移植日、栽植密度および施肥量は表28に示した通りである。播種および移植はいずれも3回

に分けて実施し、早植区、普通植区および晩植区としたが、第2回の5月29日播種、6月29日移植は慣行栽培とほとんど同時期である。栽植密度は慣行法に比べてやや密植で、全チッソ量の11.0 kg/10 aは慣行法とほとんど同量である。

試験は1970年九州大学農学部附属農場で3反復の乱塊法で実施した。使用した水田は11.57×1.04 mのコンクリート水田で、1プロットにつき1区画、合計9区画を使用した。栽植個体数は各系統とも2列の14個体で、そのうち原則として両端を除く10個体を調査に供したが、中には野鼠、雀および病害などにより10個体調査の不可能なものもあった。調査形質、調査方法はⅡの実験と同様であった。

Table 28. Seeding and transplanting time, planting density and total amount of fertilizer

| Experimental plot | Seeding time | Transplanting time | planting density | Total amount of fertilizer (kg/10 a) | | |
|----------------------------------|--------------|--------------------|------------------|--------------------------------------|-------------------------------|------------------|
| | | | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Early-planting culture (plot E) | May 12 th | June 12 th | 20 cm×15 cm | 11.0 | 7.2 | 10.4 |
| Normal-planting culture (plot F) | May 29th | June 29th | " | " | " | " |
| Late-planting culture (plot G) | June 15th | July 16th | " | " | " | " |

3 実験結果

F₁の収量と中間親および高い方の親に対するヘテロシスを表29に示した。Ⅲでどの栽培条件でも高いヘテロシスを示した3組合せ、すなわち鈴成×Zenith CI 7787, 愛国×Zenith CI 7787および農林22号×荒木のF₁は播種日および移植日を移動させてもやはり顕著なヘテロシスがみられた。とくに鈴成×Zenith CI 7787のF₁はヘテロシスの最も低い普通植区の場合でも中間親を65%, 高い方の親を50%凌駕し、最もヘテロシス程度の高い早植区の場合は中間親を164%, 高い方の親を109%も凌駕していた。農林22号×荒木のF₁はヘテロシスは顕著であるが、収量がこれを上回る組合せもかなりみられ、実用的に有望な組合せであるとはいえない。16組合せの平均ヘテロシスについては、普通植区で22%, 晩植区で19%のヘテロシスを示し、両者間に大きな差異はみられなかったが、早植区では36%のヘテロシスがみられ、前二者より約15%も高かった。個々の組合せについても普通植区と晩植区の間にはほとんど差異はないが、早植区では多くの組合せで前二者を凌いでいた。

次に栽培時期の移動による収量の変化についてみると、普通植区と早植区の比較ではF₁のほとんど中間親の多くは、早植区において収量は高くなる傾向がみられ、その増加の程度はF₁の方が高かった(図17)。また、普通植区と晩植区の比較では晩植区においてF₁および中間親とも約20%前後収量は減少しているが、その程度は中間親の方が軽微である組合せが若干多かった(図18)。1穂粒数については、普通植区より早植区において総じて1穂粒数は多いが、その増加の程度は組合せによってまちまちであった(図19)。また、普通植区より晩植区において5%前後1穂粒数は少なくなっていたが、その減少程度は中間親の方が若干小である組合せが多かった(図20)。穂数については、中間親の場合は全組合せとも普通植区より早植区の方が少なくなっているが、F₁においては7組合せは早植区の方が多く、早植した場合にはF₁は中間親よりさらに多くなる傾向がうかがわれた(図21)。また、普通植区より晩植区では10~20%程度穂数は少なくなっていたが、その減少程度は中間親とF₁との間に一定の傾向を見出すことはできず組合せによって不定であった(図22)。

Table 29. Performance and heterosis of grain yield under different seeding and transplanting time

| F ₁ No. | F ₁ hybrids | E | | | F | | | G | | |
|--------------------|---------------------------|------|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|
| | | (a) | (b) | (c) | (a) | (b) | (c) | (a) | (b) | (c) |
| 1 | Susunari × Zenith CI 7787 | 40.2 | 264 | 209 | 31.3 | 165 | 150 | 30.3 | 209 | 191 |
| 11 | Aikoku × Zenith CI 7787 | 25.0 | 166 | 132 | 28.8 | 157 | 148 | 22.8 | 175 | 175 |
| 16 | Nōrin 22 × Araki | 22.3 | 181 | 140 | 24.2 | 159 | 124 | 16.4 | 140 | 123 |
| 10 | Hōyoku × Omachi | 25.1 | 115 | 104 | 20.4 | 111 | 109 | 13.5 | 77 | 77 |
| 8 | Benisengoku × Omachi | 25.8 | 120 | 107 | 23.1 | 126 | 122 | 20.3 | 115 | 115 |
| 14 | Nōrin 18 × Benisengoku | 24.0 | 124 | 120 | 22.8 | 104 | 92 | 21.6 | 116 | 110 |
| 5 | Mihonishiki × Hōyoku | 27.1 | 124 | 113 | 23.6 | 120 | 115 | 20.0 | 114 | 114 |
| 12 | Hōyoku × Mihonishiki | 24.6 | 113 | 103 | 24.0 | 122 | 117 | 18.6 | 106 | 106 |
| 13 | Benisengoku × Mihonishiki | 24.2 | 113 | 101 | 22.3 | 113 | 109 | 16.8 | 95 | 95 |
| 3 | Mihonishiki × Nōrin 18 | 28.4 | 129 | 119 | 24.4 | 107 | 98 | 18.7 | 101 | 95 |
| 2 | Nōrin 18 × Omachi | 29.1 | 132 | 120 | 23.1 | 108 | 93 | 20.6 | 111 | 105 |
| 4 | Omachi × Nōrin 18 | 28.2 | 128 | 117 | 21.8 | 102 | 88 | 20.1 | 108 | 103 |
| 7 | Omachi × Hōyoku | 26.0 | 119 | 107 | 21.4 | 117 | 114 | 17.7 | 101 | 101 |
| 15 | Akebono × Mihonishiki | 23.7 | 103 | 99 | 24.0 | 122 | 117 | 21.1 | 122 | 121 |
| 9 | Mihonishiki × Akebono | 25.5 | 110 | 107 | 20.2 | 103 | 99 | 21.0 | 121 | 120 |
| 6 | Benisengoku × Nōrin 18 | 26.2 | 135 | 131 | 24.2 | 111 | 97 | 18.3 | 98 | 93 |
| | Mean | 26.6 | 136 | 121 | 23.7 | 122 | 112 | 19.9 | 119 | 115 |

Notes. (a): F₁ yield (g/plant), (b): F₁/mid-parent (%), (c): F₁/higher-parent (%)

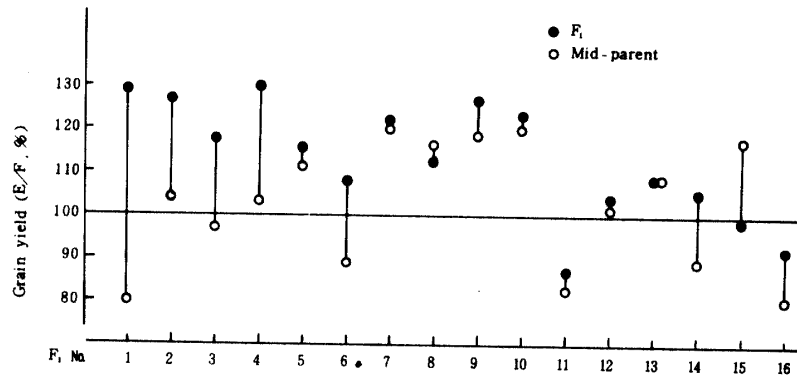


Fig. 17. Comparison of grain yield of F₁ hybrids and mid-parents under E and F conditions

Notes. E : May 12th seeding and June 12th transplanting
 F : May 29th seeding and June 29th transplanting

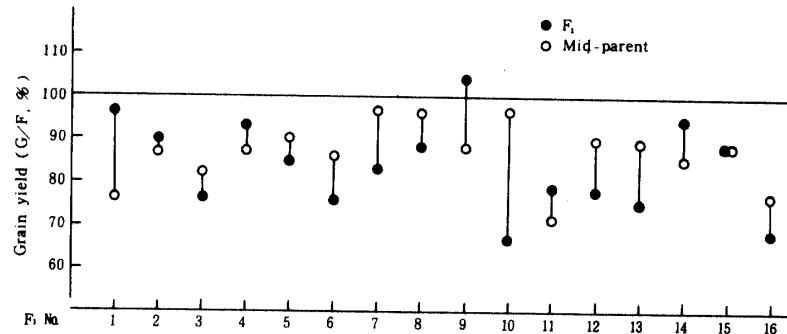


Fig. 18. Comparison of grain yield of F₁ hybrids and mid-parents under F and G conditions

Notes. G : June 15th seeding and July 16th transplanting

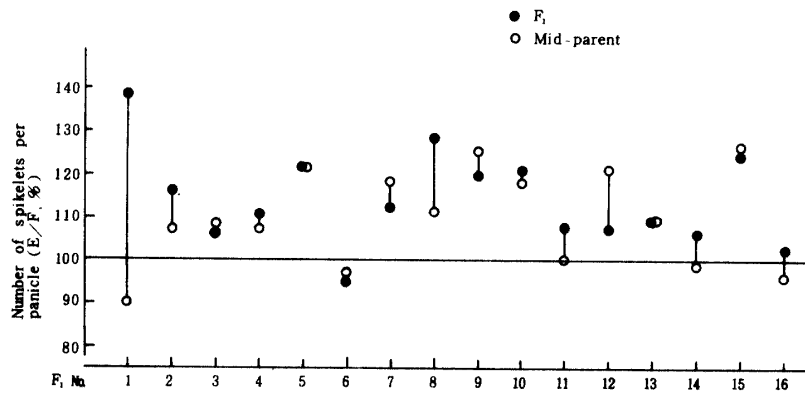


Fig. 19. Comparison of number of spikelets per panicle of F₁ hybrids and mid-parents under E and F conditions

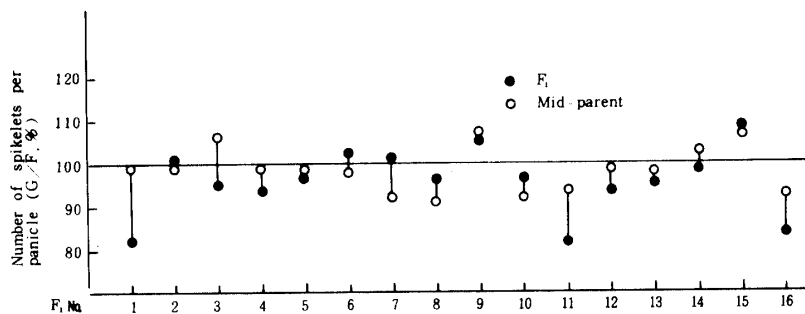


Fig. 20. Comparison of number of spikelets per panicle of F_1 hybrids and mid-parents under F and G conditions

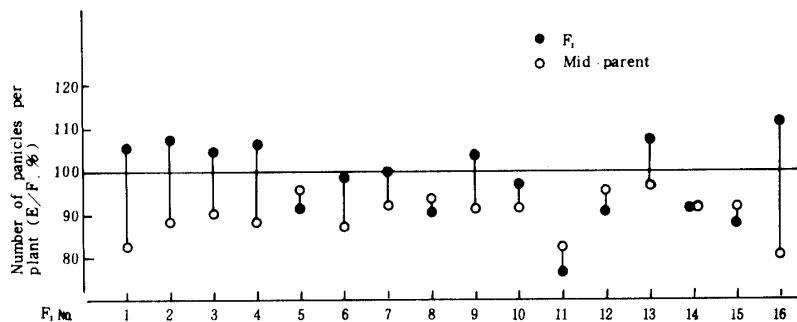


Fig. 21. Comparison of number of panicles per plant of F_1 hybrids and mid-parents under E and F conditions

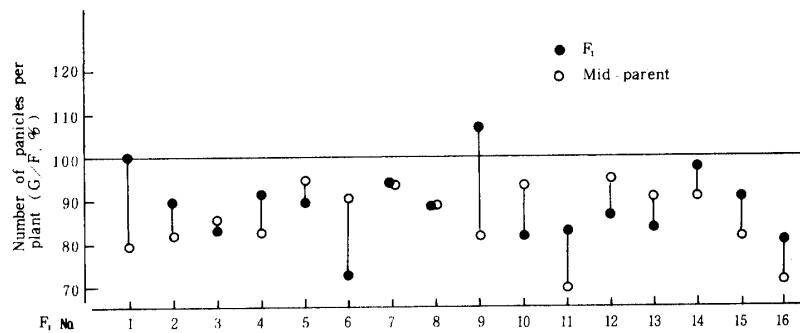


Fig. 22. Comparison of number of panicles per plant of F_1 hybrids and mid-parents under F and G conditions

つぎに、収量についての有意差検定を表30に示した。鈴成×Zenith CI 7787のF₁はどの播種期、移植期でも全供試系統中最高収量を示し、両親品種を有意に凌駕しただけでなく、比較のため用いた奨励品種を含む全系統を有意に凌駕していた。愛国×Zenith CI 7787は早植区以外は両親品種を有意に凌駕しているが、供試品種中最高収量を示した品種を必ずしも有意に上回ることにはなかった。また、農林22号×荒木のF₁は両親品種をいずれも有意に凌駕していた。鈴成×Zenith CI 7787のF₁で最も収量の高い早植区の40.2 g/株、最も収量の低い晩植区の30.3 g/株は播種期および移植期の如何を問わず供試品種中最高収量を示した普通植区の農林18号の収量24.9 g/株をそれぞれ61%および22%凌駕していた。

Table 30. Significant relationship among the grain yield (g/plant)

| F ₁ hybrids, parental lines, a few leading varieties | Grain yield (g/plant) and its significant relationship* | | |
|--|--|--------------|--------------|
| | E | F | G |
| Suzunari × Zenith CI 7787 | 40.2 a | 31.3 a | 30.3 a |
| Nōrin 18 × Omachi | 29.1 b | 23.1 cdefg | 20.6 bcde |
| Mihonishiki × Nōrin 18 | 28.4 bc | 24.4 bcd | 18.7 cdefghi |
| Omachi × Nōrin 18 | 28.2 bc | 21.8 cdefgh | 20.1 bcdefg |
| Mihonishiki × Hōyoku | 27.1 bcd | 23.6 cdef | 20.0 bcdefg |
| Benisengoku × Nōrin 18 | 26.2 bcde | 24.2 cd | 18.3 cdefghi |
| Omachi × Hōyoku | 26.0 bcde | 21.4 cdefghi | 17.7 defghi |
| Benisengoku × Omachi | 25.8 bcdef | 23.1 cdefg | 20.3 bcdef |
| Mihonishiki × Akebono | 25.5 bcdef | 20.2 defghi | 21.0 bcd |
| Hōyoku × Omachi | 25.1 bcdefg | 20.4 cdefghi | 13.5 jhi |
| Aikoku × Zenith CI 7787 | 25.0 bcdefgh | 28.8 ab | 22.8 b |
| Hōyoku × Mihonishiki | 24.6 bcdefgh | 24.0 cde | 18.6 cdefghi |
| Benisengoku × Mihonishiki | 24.2 bcdefgh | 22.3 cdefgh | 16.8 ghi |
| Omachi | 24.2 bcdefgh | 17.9 hi | 17.6 efghi |
| Nōrin 18 × Benisengoku | 24.0 bcdefgh | 22.8 cdefg | 21.6 bc |
| Mihonishiki | 23.9 bcdefgh | 20.5 cdefghi | 17.5 efghi |
| Akebono × Mihonishiki | 23.7 bcdefgh | 24.0 cde | 21.1 bc |
| Nōrin 22 × Araki | 22.3 cdefgh | 24.2 cd | 16.4 hijk |
| Akebono | 22.3 cdefgh | 18.8 ghi | 17.0 fghi |
| Toyotama | 21.7 defghi | 24.4 bcd | 18.9 cdefghi |
| Nōrin 18 | 20.0 efghi | 24.9 bc | 19.6 bcdefgh |
| Reihō | 20.0 efghi | 19.4 fghi | 16.6 hij |
| Hōyoku | 19.6 fghi | 18.7 ghi | 17.6 efghi |
| Suzunari | 19.2 ghi | 20.8 cdefghi | 15.9 ijkl |
| Aikoku | 19.0 ghi | 19.4 fghi | 13.0 l |
| Benisengoku | 18.8 hi | 18.9 ghi | 17.6 efghi |
| Nōrin 22 | 15.9 ij | 19.5 efghi | 13.3 kl |
| Zenith CI 7787 | 11.1 jk | 17.2 i | 13.0 l |
| Araki | 8.6 k | 10.9 j | 10.0 m |

Notes. E : May 12th seeding and June 12th transplanting.

F : May 29th seeding and June 29th transplanting.

G : June 15th seeding and July 16th transplanting.

* Calculated by Duncan's multiple range test, at 5 % level.

Any two means not belonging to the same letter are significantly different. Any two means belonging to the same letter are not significantly different.

ヘテロシスの栽培時期間の相関係数を表31に示した。収量および1穂重においてはいずれも1%水準で有意な相関を示しており、さらに1穂粒数においても早植区と晩植区との間の相関以外はいずれも1%水準で有意であったが、穂数と千粒重における相関は低く、千粒重においては負の相関もみられた。

Table 31. The correlation coefficients of the heterosis between the plots differing seeding time and transplanting time

| Characteristics | Correlation coefficient between | | |
|---------------------------------|---------------------------------|---------|---------|
| | E and F | E and G | F and G |
| Grain yield | 0.742** | 0.861** | 0.761** |
| Panicle weight | 0.852** | 0.656** | 0.847** |
| Number of spikelets per panicle | 0.705** | 0.204 | 0.684** |
| Number of panicles per plant | 0.110 | 0.130 | 0.177 |
| One thousand kernels weight | -0.374 | -0.353 | 0.045 |
| Culm length | 0.449 | 0.425 | 0.791** |

Notes. E: May 12th seeding and June 12th transplanting.
 F: May 29th seeding and June 29th transplanting.
 G: June 15th seeding and July 16th transplanting.
 ** indicates significance at 1% level.

4 考 察

播種期および移植期を3回に分けて試験を実施した結果、IIIにおいて栽培条件の如何を問わず顕著なヘテロシスを示した3組合せは本実験においても多少の変動はあるもののどの栽培時期においても顕著なヘテロシスが見られた。とくに、鈴成×Zenith CI 7787のF₁がどの試験区においても両品種のみならず奨励品種を含む供試品種中最高収量を示した品種をも有意に凌駕したことは今後F₁の実用的利用の研究を進める上で極めて興味深い。16組合せの平均ヘテロシスは早植区の場合は他の区より約15%の高いヘテロシスがみられ、また、収量についても普通植区に対する早植区の増加率は多くの組合せで中間親よりF₁の方がかなり高く、逆に晩植区では中間親の方が若干高い傾向がみられた。この傾向は1穂粒数や穂数においてもみられた。この事実は早植区のように生育がより完全に行なわれるような条件では植物体各部におけるヘテロシスが高まりF₁が有利であることを示すとともに、栽培法の改善によってはF₁がさらにすぐれた能力を発揮する可能性を持ち合わせていることを示すものといえよう。また、播種期および移植期が遅くなるに伴い収量やその他の形質が劣る傾向がみられたが、これは播種期および移植期が遅いほど生育日数が短くなり、そのために完全な発育が行なわれなくなるためと考えられる。赤藤⁵⁾も32品種を用いて播種期を移動させた実験を行ない同様な現象を指摘している。

さらに普通植区に対する早植区の収量の増加率は中間親よりもF₁において高くなっていったが、穂数においても平行的に同様な傾向がみられたことからして、この場合の収量におけるヘテロシスに対しては穂数の寄与率が高いと考えられる。

V 二面交配による組合せ能力および正逆交雑の差異の検定

1 緒言

一代雑種利用にあたっては、まず、組合せ能力の高い親を選定することが重要である。さらに組合せの方向を決定する際に正逆交雑間の差異も問題になってくる。従来は経験的に交配組合せを決定している場合が多かったが、統計遺伝学の発達により、ヘテロシスの原因究明、組合せ能力の検定および正逆交雑の差異の有無の検定に二面交配法の効用が提案されて以来^{12,13,20,62)}多くの作物で組合せ能力および正逆交雑の差異の検定にこの方法が応用されてきた^{8,11,25,27,31,33,34,52,60)}。

本実験は日本稲7品種間で二面交配を行ない、品種の一般および特定組合せ能力の検定、さらに正逆交雑によるヘテロシス程度の差異について検討し、一代雑種利用に際して重要である交配親の選定に役立つ基礎的素材を提供するために実施したものである。

2 材料および方法

日本稲7品種すなわち雄町、白玉、農林18号、ミホニシキ、アケボノ、ベニセンゴクおよびハウヨクを交配親に用いて二面交配を行ない、41組合せのF₁種子を得た。なお、7品種間で二面交配を行なうと42組合せになるが、1組合せを欠いたため欠測値の補正を行ない分散分析を行なった。交配によって得られたF₁種子と7品種の自殖種子は1967年6月2日に苗箱に播種し、同年7月7日九州大学農学部付属農場に移植した。試験区の割付は3反復の乱塊法とした。

栽植密度は30×23cmで慣行法に比べてやや疎植とし、栽植は各ブロックとも1系統を1列とし、原則としてそれぞれ12個体ずつ栽植し、そのうち両端を除く10個体を調査に供したが、生育途中の病害などにより10個体調査の不可能な系統も2・3生じた。

肥料は基肥として10a当りチッソ3.15kg、リン酸6.0kg、カリ9.0kgを7月15日に施し、追肥としてチッソ2.1kg、カリ6.0kgを8月21日に施した。

調査は精籾収量、1穂粒数、1株穂数、千粒重および稈長について行なった。

二面表の分散分析はHayman¹²⁾の方法に従って行なった。

さらに正逆交雑の差異については施肥量、栽植密度の異なる栽培条件および播種期と移植期の異なる条件下で行なった実験の結果についても検討を加えた。

3 実験結果

稈長を除く調査形質についてHayman¹²⁾の方法により分散分析を行なうと表32のようになる。一般および特定組合せ能力についてはどの形質においても有意差がみられ、とくに一般組合せ能力では全形質を通じて1%水準の高い有意性を示した。正逆交雑の差については、千粒重における特定の正逆交雑間に差がみられたにすぎない。

つぎに各形質ごとに組合せ能力および正逆交雑の差について検討を行なった。

1) 収量

収量に関して中間親と比較した場合のヘテロシスについては表33に示し、親品種およびF₁の1株収量については表34に示した。

特定組合せ能力については、雄町×ハウヨク、ミホニシキ×ハウヨク、ベニセンゴク×雄町、ベニセンゴク×ハウヨク、ハウヨク×ベニセンゴク、ハウヨク×白玉およびハウヨク×アケボノの7組合せのF₁では20%以上の増収をみた(表33)。また、1株収量でみると60g以上の高い値を示したのはミホニシキ×雄町、ベニセンゴク×雄町、雄町×農林18号、ミホニシキ×ハウヨクおよび雄町×アケボノの5組合せで(表34)、そのうち2組合せが上記の20%以上のヘテロシスを示した7組合せに含まれていた。

一般組合せ能力についてはヘテロシスの点からみるとホウヨクを母本に用いた場合と父本に用いた場合とでは平均ヘテロシスがそれぞれ16%および20%で最も高く、ベニセンゴク、雄町の順でこれにつづき、1株収量でみると雄町の方が母本にした場合57.9gでミホニシキに次いで高く、父本に用いた場合58.7gで最も高い。一方、ホウヨクは母本に用いた場合7品種中最も低く、父本に用いた場合ベニセンゴク、ミホニシキに次いで低い。また、ミホニシキは母本にした場合は最も高いが、父本に用いた場合は2番目に低い。以上の結果から判断すると交配親としては雄町が7品種中では最も優れていると考えられる。正逆交雑の差については表32の結果から有意ではなかったが、ベニセンゴク×雄町およびミホニシキ×ホウヨクのF₁はその逆交雑のF₁より収量がかなり高かった。

Table 32. The analysis of variance of diallel tables

| Factors of variance | Degree of freedom | Mean square | | | |
|--------------------------------------|-------------------|-------------|--------------------|-------------------|----------------------------|
| | | Grain yield | Number of spikelet | Number of panicle | One thousand kernel weight |
| General combining ability (a) | 6 | 22118** | 7446** | 88.04** | 15.46** |
| Specific combining ability (b) | 21 | 7463* | 239* | 3.75* | 1.97** |
| Reciprocal difference (general) (c) | 6 | 6014 | 87 | 2.67 | 0.23 |
| Reciprocal difference (specific) (d) | 15 | 677 | 31 | 0.28 | 0.44** |
| Block (B) | 2 | 2224 | 103 | 16.83 | 10.72 |
| (Ba) | 12 | 1384 | 84 | 0.58 | 0.44 |
| (Bb) | 42 | 3830 | 93 | 1.99 | 0.52 |
| (Bc) | 12 | 2340 | 44 | 1.83 | 0.36 |
| (Bd) | 30 | 388 | 23 | 0.26 | 0.07 |

Notes. Ba, Bb, Bc and Bd indicate the block interactions of a, b, c and d, respectively. ** and * indicate significant differences at 1 and 5% level, respectively.

Table 33. Heterosis in grain yield (% toward the mid-parent)

| ♀ \ ♂ | Omachi | Mihonishiki | Benisengoku | Nōrin18 | Hōyoku | Shiratama | Akebono | Mean |
|-------------|--------|-------------|-------------|---------|--------|-----------|---------|------|
| Omachi | | 98 | 102 | 115 | 125 | 101 | 116 | 110 |
| Mihonishiki | 108 | | 103 | 91 | 124 | 98 | 97 | 104 |
| Benisengoku | 125 | 98 | | 113 | 125 | 110 | 111 | 114 |
| Nōrin 18 | 95 | 86 | 105 | | 115 | 106 | | 101 |
| Hōyoku | 117 | 100 | 122 | 110 | | 128 | 121 | 116 |
| Shiratama | 109 | 97 | 106 | 106 | 115 | | 102 | 106 |
| Akebono | 111 | 94 | 117 | 108 | 116 | 107 | | 109 |
| Mean | 111 | 96 | 109 | 107 | 120 | 108 | 109 | |

Table 34. Diallel table of the grain yield (g/plant)

| ♂ \ ♀ | Omachi | Mihoni-shiki | Benisen-goku | Nōrin 18 | Hōyoku | Shira-tama | Akebono | Mean |
|-------------|--------|--------------|--------------|----------|--------|------------|---------|------|
| Omachi | (55.1) | 58.6 | 52.1 | 63.4 | 57.6 | 54.0 | 61.9 | 57.9 |
| Mihonishiki | 64.8 | (64.7) | 57.5 | 54.5 | 62.9 | 57.1 | 56.3 | 58.9 |
| Benisengoku | 63.7 | 55.0 | (47.0) | 57.4 | 52.5 | 54.6 | 54.5 | 56.3 |
| Nōrin 18 | 52.4 | 51.5 | 53.8 | (54.9) | 52.8 | 56.4 | | 53.4 |
| Hōyoku | 54.0 | 50.7 | 51.2 | 50.4 | (36.9) | 56.8 | 53.7 | 52.8 |
| Shiratama | 58.2 | 56.7 | 52.6 | 56.7 | 51.1 | (51.9) | 52.6 | 54.7 |
| Akebono | 59.2 | 54.4 | 57.9 | 57.6 | 51.1 | 55.4 | (51.5) | 55.9 |
| Mean | 58.7 | 54.5 | 54.2 | 56.7 | 54.7 | 55.7 | 55.8 | |

2) 1穂粒数

1穂粒数におけるヘテロシスについては表35に示し、親とF₁の1穂粒数については表36に示した。29組合せでF₁が中間親を凌いでおり、5組合せでは10%以上のヘテロシスを示した。最もヘテロシスの高いのはホウヨク×ベニセンゴクのF₁で22%の増加を示し、その逆交雑のF₁でも18%の増加がみられたが、1穂粒数自体は少なく望ましい組合せとはいえない。ヘテロシスの最も低いものでも中間親より6%減にとどまり、収量構成要素の中ではヘテロシスが最も高い。

一般組合せ能力はヘテロシスからいうとホウヨクとベニセンゴクが高く、1穂粒数自体は白玉および雄町を片方の親に用いた場合がよい成績を示した。

正逆交雑の差についてはホウヨクと農林18号の正逆交雑間にかなりの差がみられたが有意ではなかった。

Table 35. Heterosis of the number of spikelets per panicle (% toward the mid-parent)

| ♂ \ ♀ | Omachi | Mihoni-shiki | Benisen-goku | Nōrin 18 | Hōyoku | Shira-tama | Akebono | Mean |
|-------------|--------|--------------|--------------|----------|--------|------------|---------|------|
| Omachi | | 97 | 100 | 101 | 104 | 95 | 105 | 100 |
| Mihonishiki | 98 | | 101 | 94 | 107 | 99 | 101 | 100 |
| Benisengoku | 104 | 101 | | 105 | 118 | 104 | 103 | 106 |
| Nōrin 18 | 97 | 95 | 103 | | 95 | 102 | | 98 |
| Hōyoku | 104 | 101 | 122 | 107 | | 117 | 110 | 110 |
| Shiratama | 101 | 107 | 106 | 106 | 111 | | 97 | 105 |
| Akebono | 101 | 99 | 107 | 96 | 102 | 103 | | 101 |
| Mean | 101 | 100 | 107 | 102 | 106 | 103 | 103 | |

Table 36. Diallel table of the number of spikelets per panicle

| ♀ \ ♂ | Omachi | Mihoni-shiki | Benisen-goku | Nōrin 18 | Hōyoku | Shira-tama | Akebono | Mean |
|-------------|--------|--------------|--------------|----------|--------|------------|---------|------|
| Omachi | (200) | 180 | 163 | 191 | 165 | 185 | 183 | 178 |
| Mihonishiki | 182 | (173) | 150 | 164 | 155 | 178 | 162 | 165 |
| Benisengoku | 169 | 150 | (124) | 158 | 142 | 163 | 142 | 154 |
| Nōrin 18 | 183 | 165 | 156 | (177) | 140 | 187 | | 166 |
| Hōyoku | 164 | 146 | 147 | 158 | (117) | 179 | 147 | 157 |
| Shiratama | 197 | 193 | 164 | 194 | 170 | (189) | 165 | 181 |
| Akebono | 177 | 159 | 147 | 158 | 136 | 175 | (150) | 159 |
| Mean | 179 | 166 | 155 | 171 | 151 | 178 | 160 | |

3) 穂数

穂数のヘテロシスについては表37に示し、 F_1 と親の穂数は表38に示した。中間親を凌いだのは13組合せしかなく、一般にヘテロシスは低い。特定組合せ能力については雄町×農林18号、ベニセンゴク×雄町およびアケボノ×雄町の3組合せにおいて比較的ヘテロシスの程度は高くなっているが、8%程度の増加で大きいとはいえない。また、これらの3組合せの F_1 を上回る穂数を持つ F_1 もかなりみられ、これらの3組合せが必ずしもよいとはいえない。一般組合せ能力についても特に高いものはなく、7品種の中では雄町、アケボノが比較的好く、ミホニシキは低い。また、穂数自体はベニセンゴクとホウヨクがよかった。正逆交雑間に有意差のある組合せはみられなかった。

Table 37. Heterosis of the number of panicles per plant
(% toward the mid-parent)

| ♀ \ ♂ | Omachi | Mihoni-shiki | Benisen-goku | Nōrin 18 | Hōyoku | Shira-tama | Akebono | Mean |
|-------------|--------|--------------|--------------|----------|--------|------------|---------|------|
| Omachi | | 95 | 99 | 108 | 105 | 99 | 105 | 102 |
| Mihonishiki | 96 | | 93 | 91 | 100 | 98 | 90 | 95 |
| Benisengoku | 108 | 90 | | 98 | 100 | 99 | 104 | 100 |
| Nōrin 18 | 93 | 88 | 99 | | 98 | 98 | | 95 |
| Hōyoku | 98 | 89 | 98 | 95 | | 104 | 103 | 98 |
| Shiratama | 104 | 89 | 93 | 99 | 97 | | 101 | 97 |
| Akebono | 108 | 91 | 102 | 104 | 100 | 104 | | 102 |
| Mean | 101 | 90 | 97 | 99 | 100 | 100 | 101 | |

Table 38. Diallel table of the number of panicles per plant

| ♂ \ ♀ | Omachi | Mihoni-shiki | Benisen-goku | Nōrin 18 | Hōyoku | Shira-tama | Akebono | Mean |
|-------------|--------|--------------|--------------|----------|--------|------------|---------|------|
| Omachi | (15.9) | 18.0 | 19.5 | 18.2 | 20.0 | 18.7 | 18.2 | 18.8 |
| Mihonishiki | 18.2 | (21.9) | 21.0 | 18.1 | 22.1 | 18.3 | 18.8 | 19.4 |
| Benisengoku | 21.1 | 20.4 | (23.4) | 20.2 | 23.0 | 19.4 | 22.4 | 21.1 |
| Nōrin 18 | 15.8 | 17.6 | 20.4 | (17.9) | 19.6 | 16.3 | | 17.9 |
| Hōyoku | 18.8 | 19.7 | 22.4 | 19.0 | (22.2) | 19.7 | 21.6 | 20.2 |
| Shiratama | 16.4 | 16.6 | 18.1 | 16.5 | 18.3 | (15.5) | 17.7 | 17.3 |
| Akebono | 19.3 | 18.9 | 22.1 | 19.6 | 21.1 | 18.3 | (19.7) | 19.9 |
| Mean | 18.3 | 18.5 | 20.6 | 18.6 | 20.7 | 18.5 | 19.7 | |

4) 千粒重

千粒重におけるヘテロシスについては表39に示し、親とF₁の千粒重は表40に示した。特定組合せ能力については全組合せが中間親以上になっているが、ヘテロシスの程度は概して低かった。組合せ能力の最も高いのは雄町×ホウヨクで、このF₁はヘテロシス程度および千粒重自体も最も優れていた。一般組合せ能力についてはヘテロシスでみるとホウヨクが優れていたが、千粒重自体は雄町を片方の親に含む組合せの方が優れていた。また、アケボノとベニセンゴクおよびアケボノとホウヨクの正逆交雑間には有意差がみられた。

Table 39. Heterosis of the one thousand kernels weight (% toward the mid-parent)

| ♂ \ ♀ | Omachi | Mihoni-shiki | Benisen-goku | Nōrin 18 | Hōyoku | Shira-tama | Akebono | Mean |
|-------------|--------|--------------|--------------|----------|--------|------------|---------|------|
| Omachi | | 101 | 101 | 102 | 109 | 101 | 103 | 103 |
| Mihonishiki | 101 | | 104 | 101 | 107 | 101 | 104 | 103 |
| Benisengoku | 103 | 105 | | 106 | 106 | 103 | 104 | 105 |
| Nōrin 18 | 101 | 102 | 104 | | 106 | 104 | | 103 |
| Hōyoku | 106 | 104 | 106 | 105 | | 103 | 107 | 105 |
| Shiratama | 101 | 103 | 106 | 103 | 103 | | 101 | 103 |
| Akebono | 104 | 102 | 109 | 107 | 102 | 100 | | 104 |
| Mean | 103 | 103 | 105 | 104 | 106 | 102 | 104 | |

Table 40. Diallel table of the one thousand kernels weight (g)

| δ ♀ | Omachi | Mihoni- shiki | Benisen- goku | Nōrin 18 | Hōyoku | Shira- tama | Akebono | Mean |
|---------------|--------|------------------|------------------|----------|--------|----------------|---------|------|
| Omachi | (28.3) | 28.0 | 26.7 | 27.7 | 28.4 | 28.4 | 27.9 | 27.9 |
| Mihonishiki | 27.9 | (26.8) | 26.7 | 26.7 | 27.1 | 27.6 | 27.4 | 27.2 |
| Benisengoku | 27.3 | 27.1 | (24.6) | 26.8 | 25.8 | 26.9 | 26.1* | 26.7 |
| Nōrin 18 | 27.5 | 27.0 | 26.3 | (25.9) | 26.4 | 28.0 | | 27.0 |
| Hōyoku | 27.6 | 26.3 | 25.7 | 26.2 | (23.9) | 26.8 | 26.7* | 26.6 |
| Shiratama | 28.3 | 28.0 | 27.7 | 27.6 | 26.7 | (27.8) | 27.2 | 27.6 |
| Akebono | 28.1 | 26.9 | 27.5* | 27.6 | 25.3* | 26.9 | (25.8) | 27.1 |
| Mean | 27.8 | 27.2 | 26.8 | 27.1 | 26.6 | 27.4 | 27.1 | |

Note. * indicates significant difference between reciprocal crosses at 5% level.

5) 稈 長

稈長におけるヘテロシスを表41に示し、親と F_1 の稈長を表42に示した。最もヘテロシスの高いホウヨクとベニセンゴクの正逆交雑においては13%の増加がみられたが、その他の組合せでは数パーセント程度のヘテロシスであった。ホウヨクおよびベニセンゴクのような短稈品種では母本および父本のいずれに用いてもヘテロシスは高く、雄町のように長稈品種を一方の親に用いた組合せにおいてはヘテロシスは低くなる傾向を示した。正逆交雑間には有意差はみられなかった。

Table 41. Heterosis of the culm length (% toward the mid-parent)

| δ ♀ | Omachi | Mihoni- shiki | Benisen- goku | Nōrin 18 | Hōyoku | Shira- tama | Akebono | Mean |
|---------------|--------|------------------|------------------|----------|--------|----------------|---------|------|
| Omachi | | 101 | 104 | 99 | 103 | 100 | 100 | 101 |
| Mihonishiki | 100 | | 106 | 100 | 104 | 99 | 100 | 102 |
| Benisengoku | 104 | 108 | | 105 | 113 | 105 | 106 | 107 |
| Nōrin 18 | 99 | 98 | 106 | | 106 | 102 | | 102 |
| Hōyoku | 103 | 103 | 113 | 105 | | 106 | 106 | 106 |
| Shiratama | 101 | 102 | 109 | 103 | 105 | | 103 | 104 |
| Akebono | 100 | 100 | 108 | 103 | 107 | 100 | | 103 |
| Mean | 101 | 102 | 108 | 103 | 106 | 102 | 103 | |

Table 42. Diallel table of the culm length (cm)

| ♀ \ ♂ | Omachi | Mihonishiki | Benisengoku | Nōrin 18 | Hōyoku | Shiratama | Akebono | Mean |
|-------------|--------|-------------|-------------|----------|--------|-----------|---------|------|
| Omachi | (116) | 106 | 101 | 104 | 98 | 114 | 103 | 104 |
| Mihonishiki | 105 | (93) | 91 | 94 | 88 | 103 | 92 | 96 |
| Benisengoku | 101 | 93 | (78) | 91 | 87 | 100 | 89 | 94 |
| Nōrin 18 | 104 | 92 | 91 | (95) | 91 | 106 | | 97 |
| Hōyoku | 99 | 87 | 87 | 89 | (76) | 100 | 88 | 92 |
| Shiratama | 115 | 106 | 104 | 107 | 99 | (114) | 105 | 106 |
| Akebono | 103 | 92 | 91 | 96 | 89 | 102 | (90) | 96 |
| Mean | 105 | 96 | 94 | 97 | 92 | 104 | 95 | |

6) 異なる栽培条件下での正逆交雑の差異

表34の収量において正逆交雑間で比較的大きな差のみられた農林18号と雄町およびミホニシキとホウヨクとの正逆組合せ、さらにほとんど差のみられなかったアケボノとミホニシキおよびベニセンゴクと農林18号との正逆組合せの合計8組合せについてⅢと同様な栽培条件下で試験を実施した結果とⅣにおける上記8組合せの結果を表43に示した。正逆交雑間でかなりの差がみられた農林18号と雄町の組合せについては表34では雄町×農林18号のF₁がかなり収量は高いが、本実験ではむしろその逆交雑の方がいくらか収量が高く、ミホニシキとホウヨクの組合せでは標肥密植区 (B区)、と5月29日播種で6月29日移植区 (F区)を除くと表34と同様にミホニシキ×ホウヨクのF₁収量が高かった。しかし、いずれの場合も統計的に有意ではなかった。さらに、表34で正逆交雑間にほとんど差のないものとして選んだ組合せについても栽培条件や栽培時期によって多少の変動はみられたが統計的に有意なものではなかった。

Table 43. Reciprocal difference of grain yield under different cultural conditions, and different seeding and transplanting time

| Cross combinations | Different cultural conditions | | | | |
|------------------------|-------------------------------|------|------|------|------|
| | A | B | C | D | Mean |
| Nōrin 18 × Omachi | 44.7 | 42.4 | 44.2 | 42.0 | 43.3 |
| Omachi × Nōrin 18 | 40.6 | 40.4 | 38.8 | 44.0 | 40.9 |
| Mihonishiki × Hōyoku | 36.3 | 37.4 | 38.2 | 46.6 | 39.6 |
| Hōyoku × Mihonishiki | 33.1 | 40.8 | 29.3 | 34.2 | 34.3 |
| Akebono × Mihonishiki | 39.0 | 35.6 | 37.3 | 34.0 | 36.4 |
| Mihonishiki × Akebono | 32.8 | 37.4 | 34.7 | 36.2 | 35.2 |
| Benisengoku × Nōrin 18 | 38.2 | 44.4 | 35.4 | 47.0 | 41.2 |
| Nōrin 18 × Benisengoku | 27.6 | 37.0 | 35.3 | 37.2 | 34.2 |

Table 43. Continued

| Cross combinations ~ | Different seeding and transplanting time | | | |
|------------------------|--|------|------|------|
| | E | F | G | Mean |
| Nōrin 18 × Omachi | 29.1 | 23.1 | 20.6 | 24.2 |
| Omachi × Nōrin 18 | 28.2 | 21.8 | 20.1 | 23.3 |
| Mihonishiki × Hōyoko | 27.1 | 23.6 | 20.0 | 23.5 |
| Hōyoku × Mihonishiki | 24.6 | 24.0 | 18.6 | 22.4 |
| Akebono × Mihonishiki | 23.7 | 24.0 | 21.1 | 22.9 |
| Mihonishiki × Akebono | 25.5 | 20.2 | 21.0 | 22.2 |
| Benisengoku × Nōrin 18 | 26.2 | 24.2 | 18.3 | 22.9 |
| Nōrin 18 × Benisengoku | 24.0 | 22.8 | 21.6 | 22.8 |

Notes. A: Standard level fertilizer with the standard planting density.

B: Standard level fertilizer with a high planting density.

C: High level fertilizer with the standard planting density.

D: High level fertilizer with a high planting density.

E: May 12th seeding and June 12th transplanting.

F: May 29th seeding and June 29th transplanting.

G: June 15th seeding and July 16th transplanting.

4 考 察

日本水稻 7 品種間の二面交配を行ない、組合せ能力および正逆交雑の差異について検討を行なった。その結果一般および特定組合せ能力にかなりの差異がみられ、分散分析の結果も有意であった。とくに一般組合せ能力に関しては全形質で 1%水準の有意性を示した。一般組合せ能力は一つの親を固定して他のすべての親と組合せた時、その固定親の平均効果の間に差があるかどうかを示す値であり、この値が高い有意性を示したということは交配に際しては一般組合せ能力の高い品種を選んで、これに有望と思われる品種を交配すれば目的とする F_1 が得やすいことが考えられる。

正逆交雑間の差は交配に際して組合せ能力の高いものとして選定した品種を母本あるいは父本のどちらに用いた方がより効果的であるかを判断する際の重要な基準をなすものであるが、この点についても多くの研究報告がある。例えば、Rhoades³⁸⁾ はトウモロコシの実験で正逆交雑間に差がみられたと報告し、Ali and Lewis²⁾ も陸地綿の種間交雑で形質によっては正逆交雑間に有意差が認められたと述べている。また、渡部⁵⁹⁾ は蚕の実験で蟻蚕体重は母体に影響されるので正逆交雑で差を生じると述べている。本実験の分散分析の結果では千粒重の特定な正逆交雑間で有意差を生じたにすぎなかった。ところが個々の組合せについてみると 2・3 の組合せでかなりの差を生ずるものもみられた。そこで収量の二面表においてかなりの差を生じたものおよびほとんど差を生じなかったものの中からそれぞれ 4 組合せを選び栽培条件および栽培時期を変えて試験を実施してみたが、やはり正逆交雑間に有意差はみられなかった。

このように、本実験結果からするとイネの実用的形質に関しては交配の方向を問題にしなればならないほどの正逆交雑間差異はないものと思われる。

VI 品種の類縁関係とヘテロシス

1 緒言

これまでにイネにおいても顕著なヘテロシスが現われることを明らかにし、しかも実用品種の経済的栽培条件下においても顕著なヘテロシスが現われることを明らかにしてきた。また、品種の一般および特定組合せ能力に有意差があることから、親品種の選定が重要であることも述べてきた。

本実験は品種の系譜的類縁関係から近縁係数を求め、これとヘテロシスの関係を明らかにすると共に、一方の親に外国品種を用いた組合せについても試験を行ない、交配親の選定に当って有効な知見を提供することを目的とした。

2 材料および方法

近縁係数とヘテロシスに関する実験については系譜的に類縁関係のある品種間で表44に示したような12組合せの F_1 雑種を作成し実験に供した。また、近縁係数は酒井⁴⁴⁾の提案に従って求めた。実験は1971年九州大学農学部付属農場で3反復の乱塊法で実施し、施肥量および栽植密度は慣行法に従って行なった。調査は乾物重、精籾収量、1穂粒数、1株穂数、千粒重および稈長について行なった。

また、一方の親に外国品種を使用した実験は1970年に九州大学農学部付属農場で慣行法に従って2回反復で実施し、収量についてのみ調査した。

Table 44. Cross combinations and coefficients of relationship

| Cross combinations | Coefficients of relationship |
|---------------------|------------------------------|
| Rikuu 132 × Nōrin 1 | 0.50 |
| " × Tonewase | 0.25 |
| " × Koshisakae | 0.125 |
| " × Nōrin 22 | 0.125 - 0.0625 |
| " × Manryo | 0.125 - 0.0625 |
| Senichi × Nōrin 6 | 0.50 |
| " × Koganenami | 0.25 |
| Nōrin 22 × Nōrin 25 | 0.3125 |
| " × Koganenami | 1.00 |
| " × Ginmasari | 0.25 - 0.1875 |
| Shinriki × Nōrin 18 | 0.50 |
| " × Mihonishiki | 0.25 |

3 実験結果

近縁係数とヘテロシスとの関係を検討するために各調査形質について相関図を作成した。乾物重においては同一親を一方の親に持つ組合せごとに検討してみると近縁係数が大きくなるほどヘテロシス程度は低くなる傾向がみられ、また、全組合せを通じて求めた相関係数も有意ではないが負の高い値を示した(図23)。収量、1穂粒数および稈長においても同様な傾向がみられ相関係数はいずれも有意であった(図24, 25および26)。穂数については明瞭な相関はなく(図27)、千粒重では低い正の相関を示した(図28)。 F_1 収量と近縁係数の大小との関係については全組合せを通じて求めた相関係数は負の値を示すものの有意ではなかったが、同一親を一方の親に持つ組合せ間の比較では近縁係数が高いほど F_1 収量は低くなる傾向がみられ高い負の相関を示した(図29)。

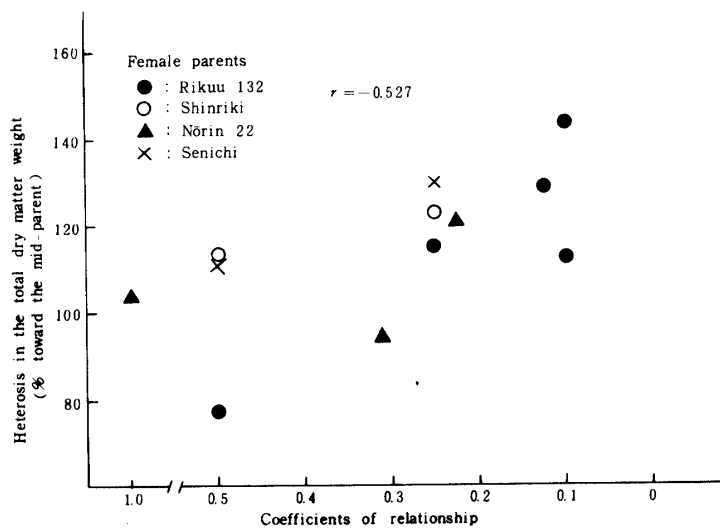


Fig. 23. Relationship between the heterosis in the total dry matter weight and coefficient of relationship

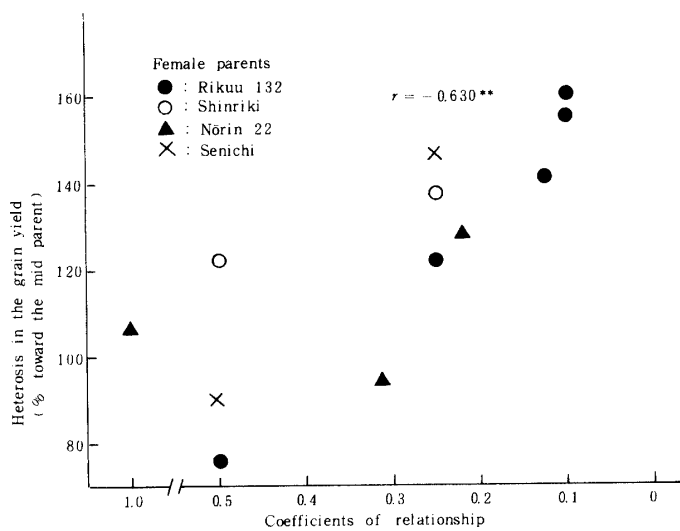


Fig. 24. Relationship between the heterosis in the grain yield and coefficient of relationship

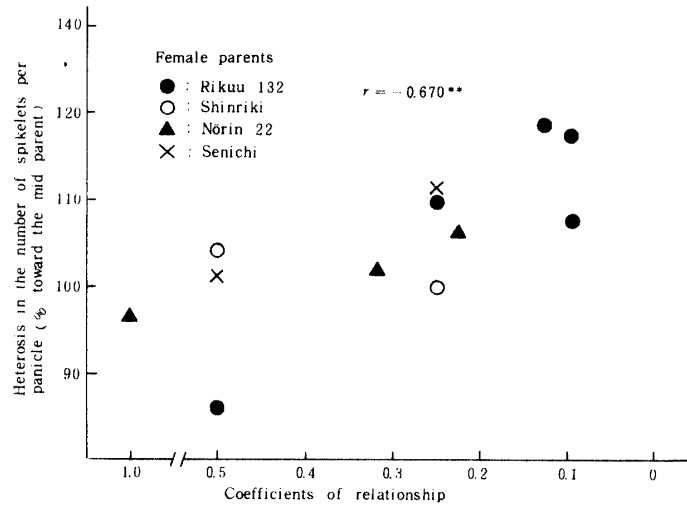


Fig. 25. Relationship between the heterosis in the number of spikelets per panicle and coefficient of relationship

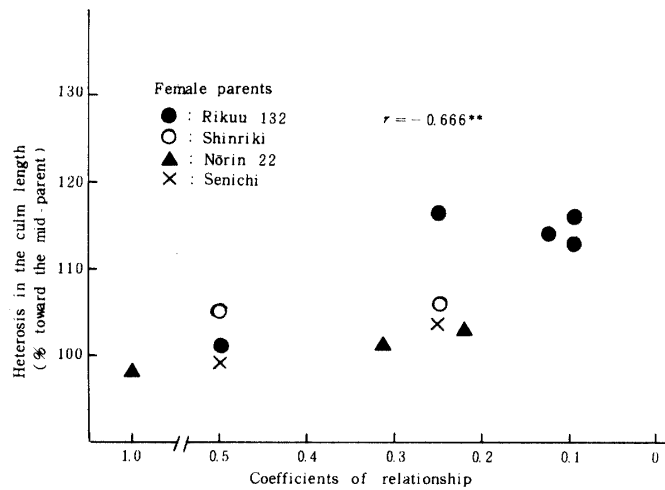


Fig. 26. Relationship between the heterosis in the culm length and coefficient of relationship

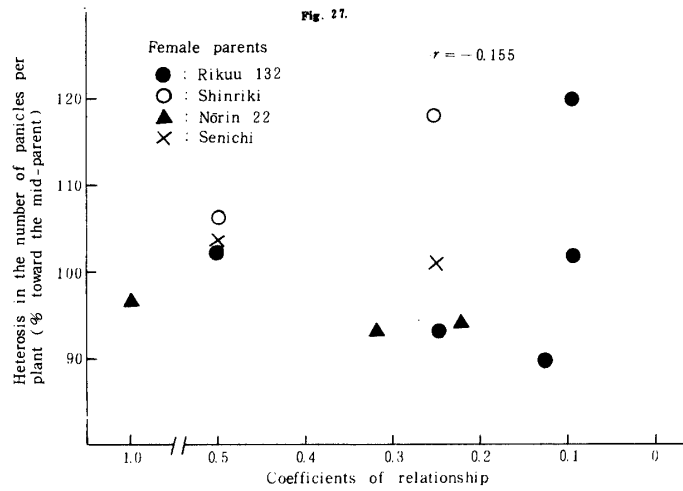


Fig. 27. Relationship between the heterosis in the number of panicles per plant and coefficient of relationship

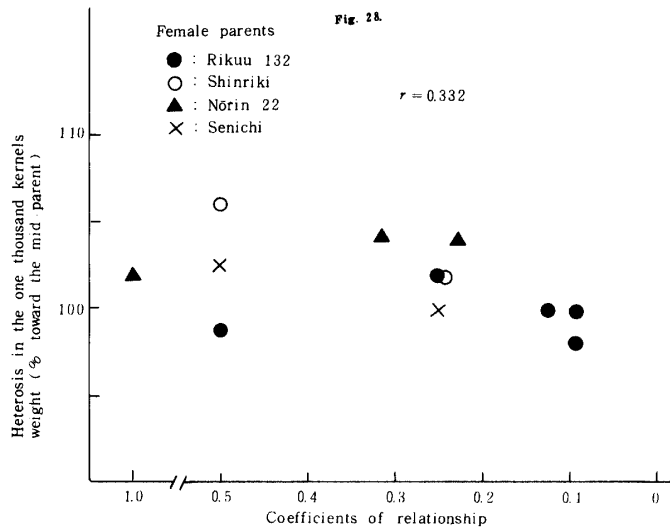


Fig. 28. Relationship between the heterosis in the one thousand kernels weight and coefficient of relationship

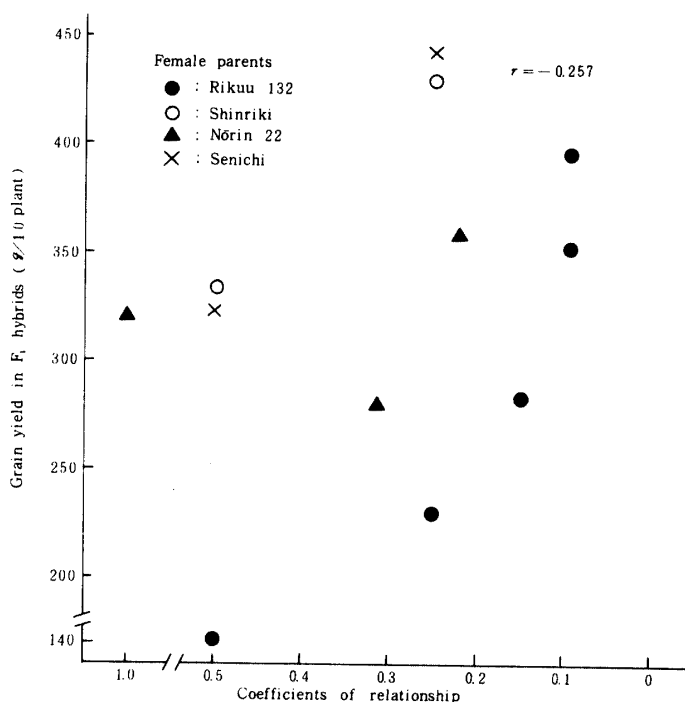


Fig. 29. Relationship between the grain yield and coefficient of relationship

つぎに外国品種を一方の親に持つ場合の実験結果については表45に示した。いずれもヘテロシス程度は高く、最もヘテロシス程度の低いアケボノ×Zenith CI 7787のF₁においても中間親および高い方の親をそれぞれ29%および14%凌ぎ、全組合せの平均ヘテロシスも中間親および高い方の親をそれぞれ約49%および37%凌駕し、IIにおける日本品種間の組合せより約20%近くも高くなっていた。また、株当たり収量も金南風×IR 72のF₁以外はすべて供試品種中最高収量を示したベニセンゴクの収量を上回っていた。

Table 45. Heterosis of F₁ hybrids between Japanese and Foreign varieties

| F ₁ hybrids and parental lines | Grain yield (g/plant) | Heterosis | |
|---|-----------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | F ₁ /M.P. (%) | F ₁ /H.P. (%) |
| Mihonishiki × Zenith CI 7787 | 62.4 | 179 | 168 |
| Nōrin 22 × " | 57.8 | 170 | 155 |
| Hōyoku × " | 49.6 | 133 | 132 |
| Benisengoku × " | 46.5 | 122 | 120 |
| Nōrin 22 × CI 9300 | 44.9 | 155 | 146 |
| " × CI 9502 | 44.2 | 144 | 144 |
| " × PI 215936 | 44.2 | 145 | 144 |
| Akebono × Zenith CI 7787 | 42.4 | 129 | 114 |

Table 45. Continued

| F ₁ hybrids and Parental lines | Grain yeild (g/plant) | Heterosis | |
|---|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | F ₁ /M. P. (%) | F ₁ /H. P. (%) |
| Nōrin 22 × IR 72 | 39.9 | 162 | 130 |
| Benisengoku | 38.7 | | |
| Hōyoku | 37.5 | | |
| Zenith CI 7787 | 37.2 | | |
| Kinmaze × IR 72 | 33.7 | 146 | 121 |
| Mihonishiki | 32.4 | | |
| Nōrin 22 | 30.8 | | |
| CI 9502 | 30.6 | | |
| PI 215936 | 30.0 | | |
| Akebono | 28.6 | | |
| Kinmaze | 27.9 | | |
| CI 9300 | 27.1 | | |
| IR 72 | 18.3 | | |
| Mean | 38.3 | 149 | 137 |

Notes. M. P. = Mid-parent, H. P. = Higher parent.

4 考 察

系譜的に類縁関係のある品種間で交雑した F₁ 雑種におけるヘテロシスと近縁係数の大小との関係を検討すると種数および千粒重においては高い相関はみられなかったが、収量、1穂粒数および稈長においては高い負の相関を示し、相関係数はいずれも有意であった。また、これらの形質においては同一親を一方の親に持つ組合せ間の比較でも一般に近縁係数が大きくなるほどヘテロシス程度が低くなる傾向がみられた。この事実は近縁係数の大きい品種間の交配で得られた F₁ では顕著なヘテロシスはあまり期待できないことを示すものといえよう。

Tsunewaki⁵⁷⁾ は小麦で日本品種同志間、日本品種とアメリカ品種間およびアメリカ品種同志間で交配を行ない、前二者では10%以上最高収量品種を上回ったものがそれぞれ15組合せ中5組合せおよび36組合せ中6組合せ得られたが、後者では1組合せも得られなかったことから、実用的 F₁ を得るためには少くとも一方の親は日本品種であることが必要であると指摘した。また、Nettevich³²⁾ は同じく小麦で生態型の等しい品種間および異なる品種間の F₁ について比較し、前者では高い方の親を16%凌ぎ、後者では20%も凌いだと報告した。本実験においても外国品種を一方の親に使用した組合せの F₁ は日本品種間の F₁ より平均ヘテロシスが高くなる傾向がみられた。

以上の結果は遺伝的に近縁な品種間の F₁ よりも遠縁な品種間の F₁ においてより顕著なヘテロシス現象が得られやすいことを物語るものであろう。このことは実用的 F₁ を得るための交配親決定に際して有効な知見と考えられる。

Ⅶ 総合考察

イネのヘテロシスについて種々な視点から検討を行ってきたが、ここでは F_1 の実用的利用の立場から考察する。

1 ヘテロシスの程度とその発現の様相

Ⅱで明らかにしたように、イネにおいても組合せによっては多くの形質でヘテロシスがみられ、とくに、いくつかの形質の総合形質として把握される収量や乾物重におけるヘテロシスは顕著で、親品種のみならず、実用品種を有意に凌駕する F_1 もみられた。 F_1 の実用面からいうと、経済的栽培条件で実用品種の収量を有意に凌駕する必要がある。ところが、Ⅱの実験の栽培条件は、必ずしも経済的栽培条件とはいえなかったので、実用品種の経済的栽培条件の範囲に含まれる条件を設定して実験を行なった結果、どの栽培条件でも顕著なヘテロシスを示した F_1 が得られ、実用品種にとって、より経済的栽培条件と考えられる多肥密植区あるいは早植区においては、ヘテロシス程度は高まる傾向さえみられた。標肥区に対する多肥区の収量の比率は、 F_1 の方が中間親より約10%近くも高く、普通植区に対する密植区の増加率も F_1 の方がやや高くなっていった。その傾向は施肥量および密度を伴った標肥普通植区に対する多肥密植区の増加率においてはさらに強くなっていった。これらの事実は、非経済的栽培条件ではヘテロシス現象が起きても、実用品種の経済的栽培条件ではヘテロシスは起こらなくなるとされてきた従来の報告^{19,24,42)}と異なる結果である。

栽培時期を変えた場合、普通植区に対する早植区の収量の増加率はほとんどの組合せで親品種より F_1 が高く、逆に、晩植の場合は親品種が若干高まる傾向がみられた。

施肥は多肥に過ぎると過繁茂になるため、不授精籾が多くなったり、あるいは、単位面積当りの粒数は増加するが、その割には転流がそれにとまわなくなるような現象がみられ、その結果、不稔や登熟不良籾が増加したりして減収の原因となるが、ある程度多肥は多収の大きな要因であると考えられる。また、早植の場合には、栄養生長期が長くなるため、出穂期頃の最大葉面積が大きくなるとか、生長の最も旺盛な幼穂形成期から出穂期にかけての乾物生産速度が早く、出穂期の乾物重が大きくなるといったように、多収につながる多くの特徴がある。このように、多収の大きな要因と考えられる多肥密植区や、早植区における収量増加率が、親品種と比べて F_1 がより高くなる傾向を示したことは、栽培法の改良によっては、 F_1 が本研究でみられた以上に、実用品種を凌ぐ可能性があることを示すものといえよう。

収量におけるヘテロシスの原因については、収量におけるヘテロシスと収量構成要素におけるそれとの相関の結果から、個々の収量構成要素におけるヘテロシスの相加的または相乗的効果によるもので、個々の形質の中では1穂粒数の寄与が大きいと指摘したが、栽培条件の異なる試験で、1穂重、1穂粒数および穂数について、標肥普通植区に対する多肥密植区の比率を求めた結果、1穂重においては、その比率が中間親より F_1 の方が高い組合せが他の形質より多かった。これは多肥密植区におけるヘテロシスに対する寄与は、1穂重が他の形質よりも強いことを意味するが、1穂重が1穂粒数に粒重が加わった形質であることを考慮すると、当然予想されたことであり、何もこの場合に限った現象ではなからう。また、収量におけるヘテロシスが、早植区において高くなった原因としては、穂数における普通期植に対する早植の比率が、中間親より F_1 が高いことから推測して、穂数におけるヘテロシスの高まりによる寄与が大きいと考えられる。

さらに、親品種群と F_1 群における形質間相関を比較すると、1穂粒数と穂数の間には親品種群では負の高い表現型相関および遺伝相関を示していたが、 F_1 群では相関の程度は低くなり、遺伝相関については両者間にかなりの差異がみられた。このことは一般の品種では収量構成要素間に高い負の相関がある

ため、収量構成要素のいずれもプラスの方向に選抜することが極めて困難であるが、 F_1 ではその問題がかなり緩和され、収量構成要素のいずれもプラスの効果をもつ新しい型の植物を生じる可能性を示唆しているものと考えられる。このように、新しい型の植物を生じた結果、 F_1 の収量において顕著なヘテロシス現象を示したものと思われ、 F_1 利用上重要な知見と言えよう。

2 組合せの方向性の検討

二面交配の分散分析の結果、一般および特定両組合せ能力に有意差を生じ、交配親の選定が重要であることが判明した。どのような品種間で交配を行えば顕著なヘテロシスを示す F_1 が得られやすいかを検討するため、品種の類縁度とヘテロシスの関係を明らかにした。その結果、近縁係数の大きい品種間の F_1 ほどヘテロシス程度が低下する現象がみられた。また、日本品種と外国品種の交配による F_1 では、日本品種間の F_1 より平均10数パーセントヘテロシスが高まる傾向が認められた。

このような事実から、実際の F_1 利用において交配組合せを決定する場合には、類縁度の高い品種間の交配を避け、できるだけ外国品種との間に交配を行なった方が目的とする F_1 が得られる可能性が高いことが伺われる。外国品種もインド型イネとの F_1 では稔性が著しく低下してくる場合が多いことを考えると、日本型の外国品種を一方の親に用いる必要がある。本実験で使用した外国品種はいずれも日本型であったため、親品種と比べて F_1 において稔性が低下することもなく、最も有望な組合せと思われた鈴成×Zenith CI 7787の F_1 は、両親品種より数パーセント稔性は高くなっていた。

さて、交配親の選定も済み交配の段階になると、正逆交雑間に差を生じる場合には、同じ品種でも、何れを母本にし何れを父本にするかを考慮しなければならない。そこで、二面交配により正逆交雑間の差について検定すると、千粒重について2・3の組合せで正逆交雑間に有意性を生じたのみで、他の形質については有意ではなく、交配の方向を左右するほどの重要性は指摘できなかった。しかし、収量の場合、有意差はみられなかったが、2・3の組合せではかなりの差を生じたのもあり、なお検討を要する問題であると考えられる。

組合せ能力の高い F_1 が得られても、栽培条件の違いによってヘテロシスの発現に大きな変動をもたらすとすると、組合せ能力検定のための試験も種々の栽培条件を設定して行う必要にせまられ、そのために多大の労力を必要とすることになり、 F_1 利用にとって不利な要因となりうる。ところが施肥量や栽植密度および栽培時期を変えた試験の結果、ヘテロシス程度の栽培条件間相関が有意であった。このことはある条件で顕著なヘテロシスを示した F_1 は、他の条件でも同様な傾向を示すことを意味し、組合せ能力検定の試験は一つの栽培条件における結果だけでも十分であることを示唆するものである。したがって、実際の F_1 利用においては、ある栽培条件で組合せ能力の検定を行ない、その結果有望と思われる F_1 を種々の栽培条件で試験し、その F_1 にとって最も経済的な栽培法の確立に努力すればよいと思われる。

3 F_1 利用の可能性

イネの一代雑種が実用的に利用されるためには、これまで述べてきたような経済的価値のある F_1 がえられるほか、容易に大量に F_1 種子を採種しうる方法の開発が重要である。このためには、まず、遺伝的有害作用のない雄性不稔細胞質を探索し、実用品種に導入すること、さらに、ヘテロの状態で花粉稔性を十分回復する稔性回復因子を探索し、これを実用品種に導入することに成功しなければならない。また、実用的雄性不稔母本からの F_1 採種が経済的に引き合うものであることも重要である。新城^{48, 49, 50, 51)}は雄性不稔細胞質と稔性回復因子の探索に成功しており、今後実用品種への導入が待たれるところである。雄性不稔イネの他殖率に関する報告は例を見ないが、片山(未発表)は温湯除雄株を除雄しない株間に放置した場合は、品種および除雄日で変異はあるが、最高80%の他殖を示す結果を得ている。コムギでは雄性不稔系統の自然交雑率に関して2・3の報告がある。たとえば、Wilson and Ross⁶¹⁾は母

本と父本の栽植比率を1:1, 2:1および3:1の3段階で実験を行ない、いずれも約70%の自然交雑率を得たと報告している。また、常脇⁶⁶⁾は実用品種の雄性不稔系統と花粉親系統を畦間60cmで栽植し、自然交雑率を調べた結果、品種間に大きな変異があるものの、70%以上の自然交雑率を示した系統は全体の半数に及び、既存品種の簡単な選抜によって、平均自然交雑率が80%程度の雄性不稔系統を育成することはそれほど困難ではなからうと述べている。

このような事実から考えると、イネにおいても実用品種の雄性不稔系統で、対照の正常系統とほとんど遜色のない稔実率を示す系統の選抜も可能であろうと期待される。

以上のことからF₁種子の採種に関して、なお多くの問題が残っているものの、この問題の解決に明るい見通しがついてきたことからして、F₁の実用化も将来有望であると思われる。

VIII 摘 要

イネの一代雑種利用に基礎的素材を提供するため、本研究では経済的条件を含む種々の栽培条件で実験を行ない、ヘテロシスの程度およびその発現の様相について詳細な検討を行なうとともに、組合せの方向性の問題についても若干の検討を行なった。その結果次のような成果が得られた。

1) ヘテロシスの程度とその発現の様相について2・3の検討を行なうために、1967年と1968年の2年にわたって実験を実施した結果、収量において顕著なヘテロシスがみられた。'67年の実験では33組合せ中27組合せが高い親を凌駕し、うち8組合せでは有意差がみられた。最も組合せ能力の高い農林22号×荒木のF₁は中間親および高い親よりそれぞれ76%および50%増収であった。'68年の実験では45組合せ中33組合せが高い親を凌駕し、うち6組合せは有意差を示した。最も組合せ能力の高い鈴成×Zenith CI 7787のF₁は中間親、高い親および奨励品種を含む供試品種中の最高収量品種をそれぞれ84%、64%および35%凌駕していた。収量構成要素の中では1穂粒数におけるヘテロシスが最も高く、穂数および千粒重において低かった。

収量におけるヘテロシスと各収量構成要素におけるヘテロシスとの関係を検討してみると、1穂粒数におけるヘテロシスとの相関が最も高く、相関係数は1%水準で有意であった。さらに各収量構成要素におけるヘテロシスの積との相関は極めて高く、1%水準で有意な相関を示した。このことは収量におけるヘテロシスは各収量構成要素におけるヘテロシスの相加的または相乗的效果によってもたらされるが、とりわけ1穂粒数におけるヘテロシスの寄与が大きいことを示唆するものといえよう。

親品種群でみられた形質間の遺伝的相関がF₁群で破れる傾向がみられた。とくに1穂粒数と穂数の相関は親品種群では負の高い相関($r = -0.693$)を示したのに対してF₁群ではかなり低く($r = -0.211$)になっていた。このことはF₁群において1穂粒数が相当増加しても穂数が減少しないか、あるいは逆に穂数が相当増加しても1穂粒数が減少しない新しい型の植物を生ずる可能性を示唆しており、注目に値する現象と思われる。

2) 栽培条件によって、ヘテロシスの発現がどのように変化するかを検討するために、実用品種の経済的栽培条件の範囲に含まれる標肥普通植区、標肥密植区、多肥普通植区および多肥密植区の4条件で試験した結果、一般に、ヘテロシス程度の高い組合せはどの栽培条件でも高いヘテロシスを示し、逆にヘテロシス程度の低い組合せはどの栽培条件でも低かった。標肥区に対する多肥区の収量の増加率は、親よりもF₁の方が高く、その傾向は標肥普通植区に対する多肥密植区の増加率においては一層強く現われていた。この事実から、実用品種の経済的栽培条件下においては、ヘテロシスの発現はさらに顕著になることが予想される。また、各形質のヘテロシスについて栽培条件間の相関係数を求めてみると千粒重以外の形質については相関は極めて高く、ほとんどが1%水準で有意であった。さらに、平均収量について有意性の検定を行なうと、鈴成×Zenith CI 7787のF₁は親品種および対照品種を通じて最高収量

を示した品種よりも $357g/m^2$ (42%)の増収を示し、統計的に有意であった。

3) 播種期および移植期の移動とヘテロシスの発現との関係については、ヘテロシスの高い組合せは播種期および移植期の移動に関係なくヘテロシスが強く、また、組合せ能力の低い組合せはどの場合でも低かった。さらに、普通期植に対する早植の収量の増加率は、多くの組合せにおいて親よりも F_1 が高くなり、早植の場合により一層ヘテロシス程度が高まる傾向がみられた。

4) 日本稲7品種間の二面交配実験を行なった結果、一般および特定組合せ能力には有意差がみられたが、正逆交雑間の差については千粒重の特定な正逆交雑間に有意差がみられただけで、他の形質については有意でなかった。

5) 近縁係数とヘテロシスの間には多くの形質で負の相関がみられた。また、日本品種間の F_1 より両親のいずれかに外国品種を持つ F_1 において、ヘテロシス程度は一層顕著であった。

6) 如何なる栽培条件においても、実用品種の収量を有意に凌ぐ組合せが得られ、しかも、実用品種の経済的栽培条件においては、ヘテロシス程度がより顕著になる傾向が得られたことから、 F_1 種子を容易に大量に採種できる方法が開発されれば、イネの一代雑種利用の可能性は明ると考えられる。

謝 辞

本研究は九州大学農学部永松土己教授(現名誉教授)の指導のもとで始められ、ひきつづき同片山平教授、大村武助教授および琉球大学農学部宮里清松教授の懇篤な指導のもとになされたものである。また、九州大学農学部武田友四郎教授には原稿校閲の労と有益な助言を賜わった。ここに深甚の謝意を表したい。さらに、本研究遂行上、多大の御援助と御鞭撻を賜わった九州大学伊藤健次元教授および福島栄二名誉教授に謹んで感謝の意を表する。九州大学農学部岩田伸夫助手、井之上準助教授、石川文雄教務員および同付属農場の松尾恒喜技官には有益な助言と協力をいただいた。ここで感謝の意を表する次第である。

なお、この研究の一部は文部省科学研究費交付金によってなされた。ここに謝意を表する。

引 用 文 献

1. Akihama, T. 1968. The influence of planting density, fertilizer level and light intensity on competitive ability of rice varieties. *Japan. J. Breed.* **18**:213-216.
2. Ali, M. and C. F. Lewis 1962. Effects of reciprocal crossing on cytological and morphological features of interspecific hybrids of *Gossypium hirsutum* L. and *G. barbadense* L.. *Crop Sci.* **2**:20-22.
3. Bartel, A. T. 1949. Hybrid vigor in sorghums. *Agron. J.* **41**:147-152.
4. Brown, F. B. 1953. Hybrid vigor in rice. *Malayan Agri. J.* **36**:226-236.
5. Chang, W. L., E. H. Lin and C. N. Yang 1971. Manifestation of hybrid vigor in rice. *J. Taiwan Agri. Res.* **20**:8-23.
6. Conner, A. B. and R. E. Kapper 1927. Hybrid vigor in sorghum. *Texas Agri. Expt. Sta. Bull.* **359**:1-23.
7. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics* **11**:1-42.
8. Eberhart, S. A. and W. A. Russell 1969. Yield and stability for a 10-line diallel of single-cross and double-cross maize hybrids. *Crop Sci.* **9**:357-361.
9. Falconer, D. S. 1954. Validity of the theory of genetic correlation. *J. Hered.*

- 45:42-44.
10. _____ 1960. Introduction to quantitative genetics. Oliver and Boyd, London. P. 312-329.
 11. Fonseca, S. and F. L. Patterson 1968. Hybrid vigor in a seven-parent diallel cross in common winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Crop Sci. 8:85-88.
 12. Hayman, B. I. 1954a. The analysis of variance of diallel table. Biometrics 10:235-244.
 13. _____ 1954b. The theory and analysis of diallel cross. Genetics 39:789-809.
 14. Hinson, K. and W. D. Hanson 1962. Competition studies in soybeans. Crop Sci. 2:117-123.
 15. Hsu, T. H., C. S. Huang, Y. C. Teng and S. M. Chiu 1971. Studies on heterosis in rice. II. Studies on the suitability of F₁ intervarietal rice hybrids under different cultural conditions. J. Taiwan Agri. Res. 20:1-8.
 16. 伊藤庄次郎 1961. 蔬菜におけるヘテロシスの利用、育雑 11:100-105.
 17. 井山審也 1958. 水稻の遺伝相関と環境相関、植物の集団育種法研究、養賢堂、東京、p. 146-152.
 18. 泉 有平 1936. 水稻におけるヘテロシスに関する研究、日作紀 8:504-515.
 19. Jennings, P. R. 1966. Evaluation of partial sterility in *Indica* × *Japonica* rice hybrids. Internatl. Rice Res. Inst. Tech. Bull. p. 35-38.
 20. Jinks, J. L. 1954. The analysis of continuous variation in a diallel cross of *Nicotiana rustica* varieties. Genetics 39:767-788.
 21. Johnson, H. W., H. F. Robinson and R. E. Comstock 1955. Estimates of genetic and environmental variability in soybeans. Agron. J. 47:314-318.
 22. Kapper R. E. and J. R. Quinby 1937. Hybrid vigor in sorghum. J. Hered. 28:82-91.
 23. Kawano, K. and A. Tanaka 1968. Growth duration in relation to yield and nitrogen response in the rice plant. Japan. J. Breed. 18:46-52.
 24. _____, K. Kurosawa and M. Takahashi 1969. Heterosis in vegetative growth of the rice plant. Japan. J. Breed. 19:335-342.
 25. 川瀬恒男・中島時雄 1970. 水稻の主要品種間の F₁ における雑種強勢について、育雑 20 別冊 2:100-101.
 26. 熊谷甲子夫 1970. 雑種コムギの栽培条件に対する変動、II. 収量とその構成形質との関係、育雑 20: 別冊 2:104-105.
 27. Lee Joshua, A., P. A. Miller and J. O. Rawlings 1967. Interaction of combining ability effects with environments in diallel crosses of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Crop Sci. 7:477-481.
 28. 松尾孝嶺 1959. 育種学、養賢堂、東京、p. 36.
 29. Mitra, G. N. 1962. Hybrid vigor and inheritance of height in rice. Nature 194:707-708.
 30. Nei, M. & K. Syakudo 1957. Genetic parameters and environments. II. Heritability

- and genetic correlation in F₂ of some agronomic characters in rice plant. Japan. J. Genet. **32**:235-241.
31. Nelson, L. R. and G. E. Scott 1973. Diallel analysis of resistance of corn (*Zea mays* L.) to corn stunt. Crop Sci. **13**:162-163.
32. Nettevich, E. D. 1968. The problem of utilizing of heterosis of wheat (*Triticum aestivum* L.). Euphytica **17**:54-62.
33. 西山市三・根井正利・宮司佑三・高杉喜一・飯塚宗夫、1958. 遺伝学的研究、日本の大根、日本学術振興会、東京。p. 98~131.
34. 岡 克、1959. 黄色種タバコ品種における量的形質の二面交雑による遺伝分析と栽植密度による遺伝構成要素の変異、岡山たばこ試験場報告 **17**:94~102.
35. Pawlish, P. E. and A. H. van Dijk 1965. Forage and grain production of four F₁ barley hybrids and their parents. Crop Sci. **5**:135-136.
36. Power, L. R. 1944-'45. An expansion of Jone's theory for the explanation of heterosis. Amer. Nat. **78**:275-280.
37. Purohit, D. C. 1972. Heterosis in rice. Madras Agri. J. **59**:335-338.
38. Rhoades, M. M. 1954. Chromosomes, mutations and cytoplasm in maize. Science **120**:115-120.
39. Robinson, H. F., R. E. Comstock and P. H. Harvey 1951. Genotypic and Phenotypic correlations in corn and their implications in selection. Agron. J. **43**:282-287.
40. Rojas, B. A. and G. F. Sprague 1952. A comparison of variance components in corn yield trials. III. General and specific combining ability and their interaction with locations and years. Agron. J. **44**:462-466.
41. Rosenquist, C. F. 1931. Hybrid vigor in wheat. J. Amer. Soc. Agron. **23**:81-105.
42. Rutger, J. N. and M. D. Davis 1973. Heterosis in rice (*Oryza sativa* L.). Genetics **74** (June supplement, 1973, No 2, part 2):237.
43. 酒井寛一 1957a. 植物育種法に関する理論的研究、IV、林木育種における遺伝相関の推定とその利用、育雑 **7**:83~86.
44. _____ 1957b. _____ V、自殖性植物の育種における近縁係数の応用、育雑 **7**:87~91.
45. Sen, P. K. and G. N. Mitra 1958. Inheritance of photoperiodic reaction in rice. Nature **182**:119-120.
46. Severson, O. A. and D. C. Rasmusson 1968. Performance of barley hybrids at four seeding rates. Crop Sci. **8**:339-341.
47. Shebeski, L. H. 1966. Quality and yield studies in hybrid wheat (*Triticum aestivum* L.). Can. J. Genet. Cytol. **8**:375-386.
48. Shinjyo, C. 1969. Cytoplasmic-genetic male sterility in cultivated rice, *Oryza sativa* L.. II. The inheritance of male sterility. Japan. J. Genet. **44**:149-156.
49. 新城長有、1970. 栽培イネにおける細胞質的雄性不稔性の研究、I、雄性不稔と花粉稔性回復系統の育成経過および自然環境に対するそれらの安定性、琉球大学農学部学術報告

- 17:261~272.
50. Shinjyo, C. 1972a. Distributions of male sterility-inducing cytoplasm and fertility-restoring genes in rice. I. Commercial lowland-rice cultivated in Japan. *Japan. J. Genet.* 47:237-243.
51. _____ 1972b. _____
II. Varieties introduced from sixteen countries. *Japan. J. Breed.* 22:329-333.
52. Smith, G. A., R. J. Hecker, G. W. Maag and D. M. Rasmusson 1973. Combining ability and gene action estimates in an eight parent diallel cross of sugarbeet. *Crop Sci.* 13:312-316.
53. Sprague, G. F. and W. T. Federer 1951. A comparison of variance components in corn yield trials. II. Error, year \times variety, location \times variety, and variety components. *Agron. J.* 43:484-488.
54. 赤藤克己・小堀乃 1958. 収量に関与する遺伝ならびに環境要因に関する統計的研究 (第I報)、播種期の移動に伴う水稻E₃及びE₅遺伝子の作用並びに遺伝的パラメーターの変異について、*育雑* 8:17~22.
55. _____・根井正利・福岡寿夫 1958. 遺伝的パラメーターと環境、植物の集団育種法研究、養賢堂、東京 p. 77~88.
56. 常脇恒一郎 1969. 一代雑種コムギの育成に関する研究、育種学最近の進歩、第10集、日本育種学会、東京 p. 3~21.
57. Tsunewaki, K. 1970. Basic studies on hybrid wheat breeding. III. Heterosis in F₁ hybrid between Japanese and U. S. A. varieties *Japan. J. Breed.* 20:69-74.
58. 浦野啓司 1961. 玉蜀黍におけるヘテロシスの利用、*育雑* 11:95~97.
59. 渡部仁 1959. 家蚕の正反交雑に於ける体重差と体重のヘテロシスに就て、*日蚕雑* 28:352~357.
60. White, T. G. and T. R. Richmond 1963. Heterosis and combining ability in top and diallel crosses among primitive, foreign and cultivated American upland cottons. *Crop Sci.* 3:58-63.
61. Wilson, J. A. and W. M. Ross 1962. Cross breeding in wheat, *Triticum aestivum* L.: II. Hybrid seed set on a cytoplasmic male-sterile winter wheat composite subjected to cross-pollination. *Crop Sci.* 2:415-417.
62. Yates, F. 1947. Analysis of data from all possible reciprocal crosses between a set of parental lines. *Heredity* 1:287-301.

Basic studies on utilization of hybrid vigor in rice

Seiichi Myrayama

Summary

The author carried out the experiments to obtain the fundamental knowledges for the utilization of heterosis in rice F_1 hybrids under various field conditions including economical conditions. Result obtained are as follows.

1) Two field trials were conducted to obtain the knowledge of the degree and behavior of heterosis in 1967 and 1968. In 1967, the grain yield showed marked heterosis, that is, 27 of 33 cross combinations exceeded the higher parent, and 8 of them showed significant differences. Heterosis was the highest in the F_1 of Norin 22 \times Araki, exceeding the mid and the better-parental values by 76 % and 57 %, respectively.

In 1968, 33 F_1 's of 45 cross combinations exceeded their higher parents, and 6 of them showed significant differences. The best F_1 Suzunari \times Zenith CI 7787, exceeded the mid-parent, the better-parent and also the best cultivar used in the present experiment by 84 %, 64 % and 35 %, respectively.

The correlation coefficients of the heterosis obtained between the yield and each one of characters, such as the number of spikelets per panicle, the number of panicles per plant and the one thousand kernels weight were 0.757, 0.619 and 0.462, respectively, in 1967. Almost all of those correlation coefficients were significant at the 1 % level. Such tendency was also seen in 1968. Furthermore, the high correlation was seen between the heterosis in the yield and product of heterosis in each yield component characters.

From these results, it was supposed that the heterosis in grain yield was brought about by the additive effect of the heterosis in yield component characters, especially by the heterosis in the number of spikelets per panicle.

In the F_1 hybrids, number of panicles per plant and the number of spikelets per panicle did not show such strong negative correlation as observed among ordinary rice varieties. This fact duly suggests the possibility that some F_1 hybrids will become to be a entirely new plant type which definitely differs from their parental varieties. This may be taken as one of the causes by which the heterosis in grain yield will result.

2) A study was carried out to determine the degree of heterosis occurred under 4 different cultural conditions which were economically adaptable for commercial varieties. The F_1 hybrid showing a high degree of heterosis under a certain cultural condition showed a higher degree of heterosis under any other cultural conditions as well. And besides, F_1 hybrid showing a low degree of heterosis under a certain cultural condition showed also a low heterosis under any other cultural conditions as well.

As compared the grain yield of high fertilizer-level plot with that of standard fertilizer-level plot, percentage of increases were greater in F₁ hybrids than in parental varieties. To obtain more advanced knowledges of the heterosis phenomena with those characteristics, the author calculated correlation coefficients with those heterosis value between each set of cultural conditions compared. In consequence, with those characteristics, such as the grain yield, the number of spikelets per panicle, the number of panicles per plant, and as the culm length, the degrees of heterosis observed under 4 different conditions were significantly correlated with one another.

Furthermore, the significance tests for the mean grain yield under 4 different cultural conditions were carried out. The F₁ hybrids of Norin 22 × Araki, Suzunari × Zenith CI 7787 significantly outyielded their parental varieties.

Within the scope of the present experiment, the best cross combination was Suzunari × Zenith CI 7787 which significantly outyielded the highest yielding variety, Benisen-goku, by 357 g/m² (42%).

3) In the grain yield, the panicle weight and the number of spikelets per panicle, the degrees of heterosis obtained under three different cultural times, differing in the sowing and the transplanting times as well, were significantly correlated with one another.

As compared the grain yield of the early-planting culture plot with that of normal-planting cultur plot, percentage of increases were greater in general in F₁ hybrids than in parental varieties.

This fact shows that the heterosis is higher in early-planting culture plot than in the normal-planting culture plot.

4) Forty-two F₁ hybrids obtained from the diallel crosses using 7 Japanese rice varieties were grown to obtain the specific-and general-combining abilities and make to clear the differences between reciprocal crosses. From the result of analysis of variance of the diallel tables by Hayman¹²⁾, the specific-and the general-combining abilities with all the characters investigated showed significant difference. But, the differences between reciprocal crosses were not significant excepting a character, the one thousand kernels weight.

5) Correlation coefficients between the coefficients of relationship and the degrees of heterosis attained negative values in a majority characters investigated. F₁ hybrids, whose one of parental varieties was of foreign origin, showed more remarkable heterosis as compared to those raised among Japanese varieties exclusively.

6) The fact that some F₁'s could exceed a certain commercial varieties in yield under economical cultural conditions will suffice to indicate that the hybrid vigor would be practically utilized in rice, if a certain economic way of producing a large amounts of F₁ seeds will come to be exploited in the future.