

氏名(本籍) かん ばやし み ほ こ
上 林 美 保 子

学位の種類 農 学 博 士

学位記番号 農 第 241 号

学位授与年月日 昭和 58 年 3 月 10 日

学位授与の要件 学位規則第 5 条第 2 項該当

学位論文題目 水稻の穂形質の品種間差異に関する研究
－穂軸節位別の二次枝梗数による
穂型の分類－

論文審査委員 (主 査)

教授 角田重三郎 教授 佐藤 庚

教授 高橋成人

論文内容要旨

稲は、小麦に次いで生産量の多い主要穀物である。稲の生産力の向上は、食糧危機が憂慮されている今日、世界的に重要な課題である。稲の生産力は、いわゆる草型改良によって飛躍的に増大した。しかし、稲の生産力をより高めるためには、茎葉同化部の改良とともに、稲の最終産物である穂の構造、穂サイズ、籾サイズに関する研究が重要である。

Engledow and Wadham (1923) の提唱した収量構成要素の概念にもとづいて、籾数を株当たりおよび穂当たり総籾数として取扱う方法は、収量解析の方法として農学研究の中で広く採用されてきた(角田、1958)。しかし、稲 (*Oryza sativa* L) においては、総籾数として取扱われる籾は、一次、二次さらに品種によっては三次枝梗籾から構成される。これまでの研究において、水稻では、一次枝梗に着生する籾数は約 5.5 粒で、広範囲の品種で大きな変動がみられないこと(真中・松島、1971)、栽培技術的に籾数を变化させた場合、総籾数の変動は一次枝梗数よりも二次枝梗数の変動により強く依存すること(松島、1971)が指摘されてきた。さらに、穂軸節位によって、また一次と二次枝梗によって、籾の登熟速度と最終乾重に差異のあることが長戸(1944)をはじめ、多くの研究によって明らかにされてきた。一方、育種的には、総籾数を確保しつつ、その中で登熟に有利な一次枝梗籾数の割合を増加させる育種の方向が示唆されてきた(榎淵、1976)。

本研究は、穂軸節位ごとの一次枝梗籾数、二次枝梗数と二次枝梗籾数の変動および穂形質の品種・生態種間差異、二次枝梗籾数の穂軸節位における分布パターンによって分類した穂型の遺伝と栽培条件による変動、穂型および穂形質と登熟速度の関係を検討したものである。

1 穂軸節位別二次枝梗籾数による穂型の分類

穂型の分類には、日本型 10 品種、陸稲 3 品種、日印交雑種 2 品種、大粒種 8 品種、インド型 9 品種を用いた。二次枝梗数および二次枝梗籾数の穂軸節位による変動パターンによって稲の穂型を分類した。

なお、穂型の分類においては穂軸節位比も参考とした(第 2 図の R)。穂型の表示方法は第 1 図に示した。

稲の穂は I~V の 5 つの穂型に分類される。I 型は二次枝梗籾着生下位優勢型(以下、下位優勢型とする)、III 型は同じく中位優勢型(以下、中位優勢型とする)、V 型は同じく上位優勢型(以下、上位優勢型とする)、II と IV 型はそれぞれ I と III および III と V 型の中間型である。

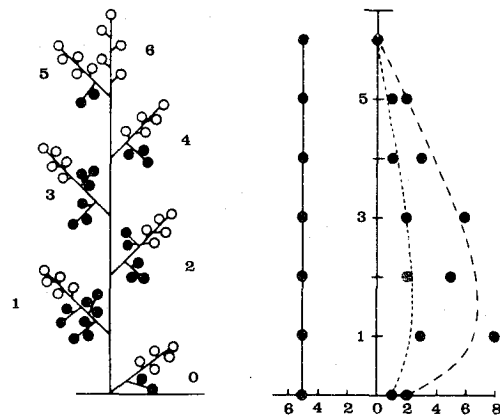


Fig. 1. Diagrammatic representation of ear type
 ●—● : number of grains on the primary rachis-branch
 ●---● : number of grains on the secondary rachis-branch
 ●.....● : number of the secondary rachis-branch
 Abscissa indicates ordinal number of the primary rachis-branch. Ordinate indicates number of grains and secondary rachis-branch

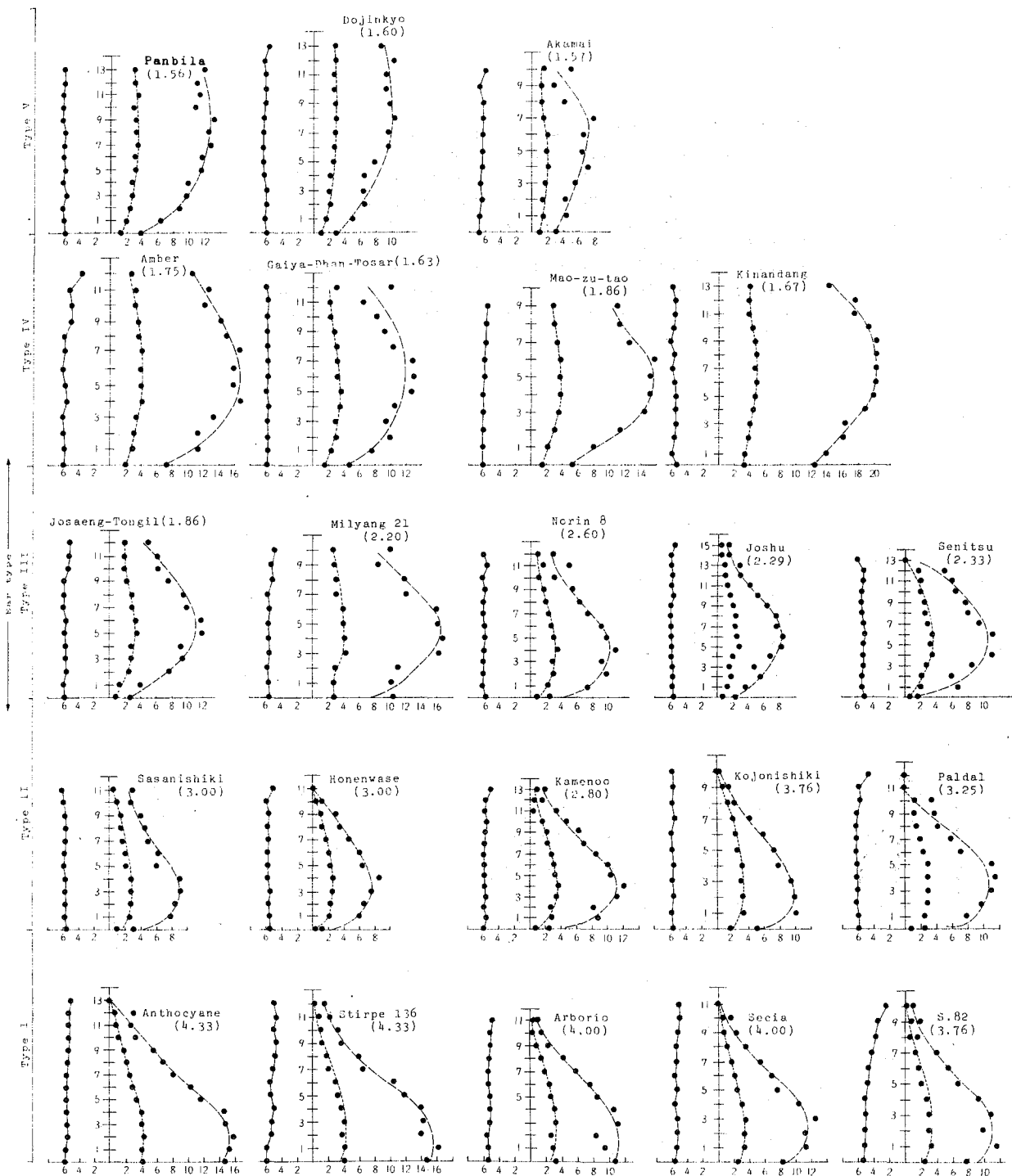
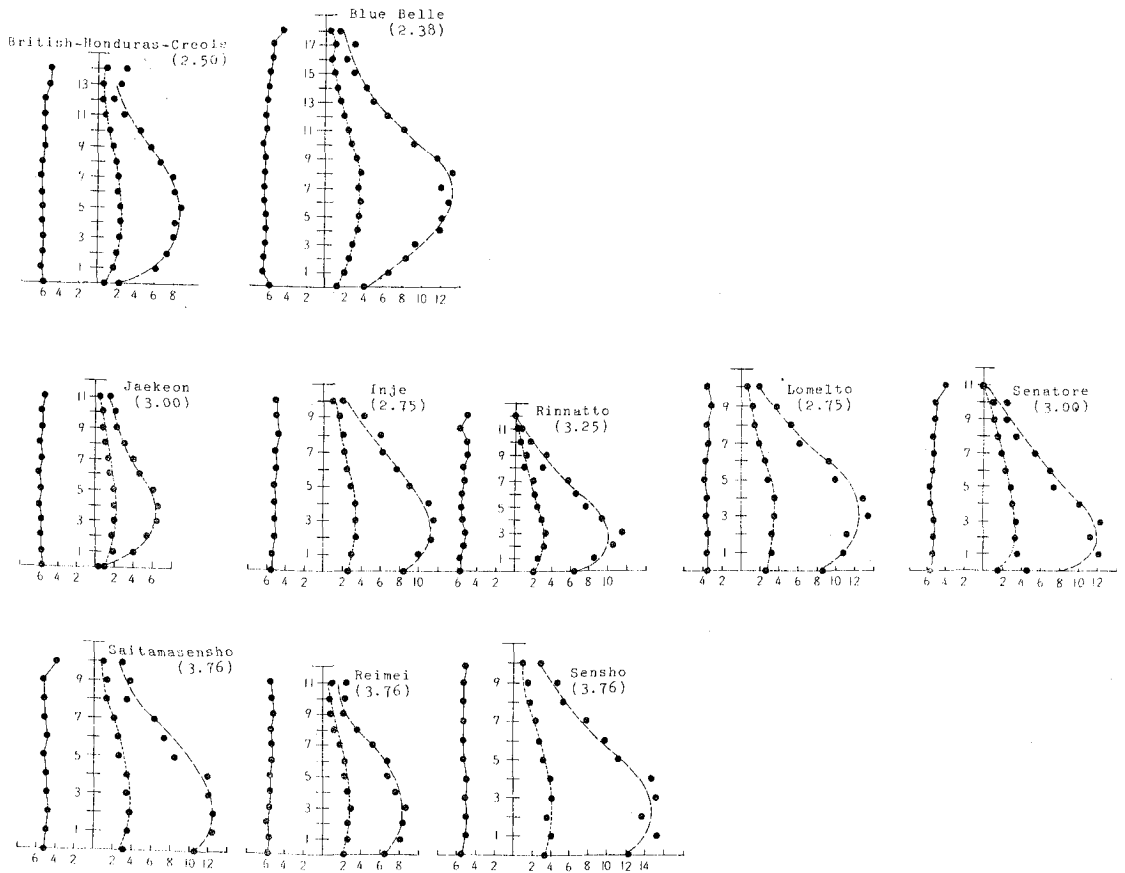


Fig. 2. Classification of ear type by number of grains on the secondary rachis-branch

- : number of grains on the primary rachis-branch
- : number of grains on the secondary rachis-branch
- : number of the secondary rachis-branch

Numerals in the parentheses under each variety's name indicate $R = TN/MN$. TN: total number of the primary rachis-branch per ear. MN: a nodal number of the primary rachis-branch having the maximum number of grains on the secondary rachis-branch



EAR TYPE	V			24. Dojinkyo 25. Panbila 26. Akamai	
	IV			27. Amber 28. Gaiya Dhan Tosar 29. Mao-zu-tao 30. Kinandang	
	III	b	1. Sen-ichi	14. Milyang 21 15. Josaeng Tongil	
		a	2. Joshu 4. Norin 8		31. Blue Belle 32. British Honduras Creole
	II	b	10. Jaekeon 11. Inje 9. Paldal 5. Honenwase 6. Sasanishiki 3. Kamenoo		
		a	16. Lomelto 17. Rinnatto 18. Senatore	8. Kojonishiki	
	I	b	19. S.82 20. Secia	12. Saitamasensho 7. Reimei	
		a	21. Arborio 22. Stirpe 136 23. Anthocyane	13. Sensho	
			Large grain varieties	<i>japonica</i>	<i>indica-japonica</i> hybrid
					<i>indica</i>

ECO species

Fig. 3. Relationship between ecospecies and ear type.

EAR TYPE	V			25. Panbila	24. Dojinkyo 26. Akamai	
	IV			27. Amber 28. Gaiya Dhan Tosar 29. Mao-zu-tao	30. Kinandang	
	III	b	14. Milyang 21 1. Sen-ichi	15. Josaeng Tongil		
		a		2. Joshu 4. Norin 8 32. British Honduras Creole		31. Blue Belle
	II	b	11. Inje	10. Jaekeon 9. Paldal 5. Honenwase 6. Sasanishiki 3. Kamenoo		
		a	17. Rinnatto 18. Senatore	8. Kojonishiki 16. Lomelto		
	I	b	19. S.82	12. Saitamasensho 7. Reimei 20. Secia		
		a		13. Sensho 21. Arborio 22. Stirpe 136 23. Anthocyane		
			4.5-5.0	5.1-5.5	5.6-6.0	6.1-6.5

Mean grain number on the primary rachis-branch

Fig. 4. Relation of ear type to number of grain on the primary rachis-branch.

各穂型の穂軸節位比はⅠ型は4.3～3.8、Ⅱ型は3.8～2.8、Ⅲ型は2.6～1.9、Ⅳ型は1.9～1.6、Ⅴ型は1.6以下であった(第2図)。

生態種は、それぞれ特徴ある穂型を示した(第3図)。すなわち、大粒種は下位優勢型(Ⅰ～Ⅱ型)、日本型品種は中位優勢型(Ⅱ～Ⅲ型)、インド型品種は上位優勢型(Ⅳ～Ⅴ型)を示した。各穂軸節位の一次枝梗粒数はどの穂型の品種でも大きな変動を示さないが、多い品種と少ない品種では約2粒の差があり、インド型品種で多い傾向がみられた(第4図)。

2 穂型の遺伝

上位優勢型の帽子頭と下位優勢型のレイメイを交雑し、両親、F₁およびF₂世代の穂型を調査した。(第5図)。F₁世代の穂型が母本の帽子頭と同じ上位優勢型を示したことから、上位優勢型が遺伝的に優性な形質であると推察される。一方、各穂軸節位の一次枝梗粒数は両親はもちろん、F₁、F₂世代においても約6粒でほとんど変化しなかった。それ故、この形質は優性な1遺伝子によって強力に支配されていると考えられる。

穂型の遺伝様式は、F₁の穂型およびF₂の各穂型の出現頻度からA、B、Cの3遺伝子が関係する2遺伝子劣性上位と推察される(第6図)。

一方、二次枝梗粒に比較して登熟が有利であると考えられる一次枝梗粒は、F₁、F₂世代とも穂軸節位によってほとんど変動を示さず、一次枝梗粒数を増加させるための遺伝子源の探索の必要性を示唆している。

3 栽植密度、肥料水準を変えた場合の最長稈の穂型の変動

下位優勢型のⅠ型からStirpe 136とAnthocyane、Ⅱ型から密陽23号と再建、中位優勢型(Ⅲ型)の早生統一と農林8号、上位優勢型(Ⅴ型)のPanbilaと導人橋の8品種を用いて栽植密度、肥料水準の変化にともなう最長稈の穂の穂型の変動を検討した。

栽植密度、肥料水準と穂型の関係をStirpe 136、農林8号、Panbilaについて第7図に例示した。どの穂型の品種でも、同じ肥料水準で栽植密度を高めた場合、同じ栽植密度で肥料水準を高めた場合よりも、穂当たり一次枝梗数、各穂軸節位の二次枝梗数と二次枝梗粒数が大巾に減少した。とくに下位優勢型の品種では、下位穂軸節位の二次枝梗数と二次枝梗粒数が顕著に減少し、中位優勢型に変化する傾向がみられた。中位優勢型の品種は栽植密度、肥料水準による変化が少なかった。上位優勢型の品種は、とくに、下位穂軸節位の二次枝梗数と二次枝梗粒数が減少したが、上位優勢型であった。上位穂軸節位の二次枝梗数と二次枝梗粒数は上位優勢型の品種でも、下位優勢型の品種でも栽植密度、肥料水準による変動が少ないことが認められた。また、各穂軸節位の一次枝梗粒数はどの品種でも約6粒であり、いづれの区においても変動しなかった。

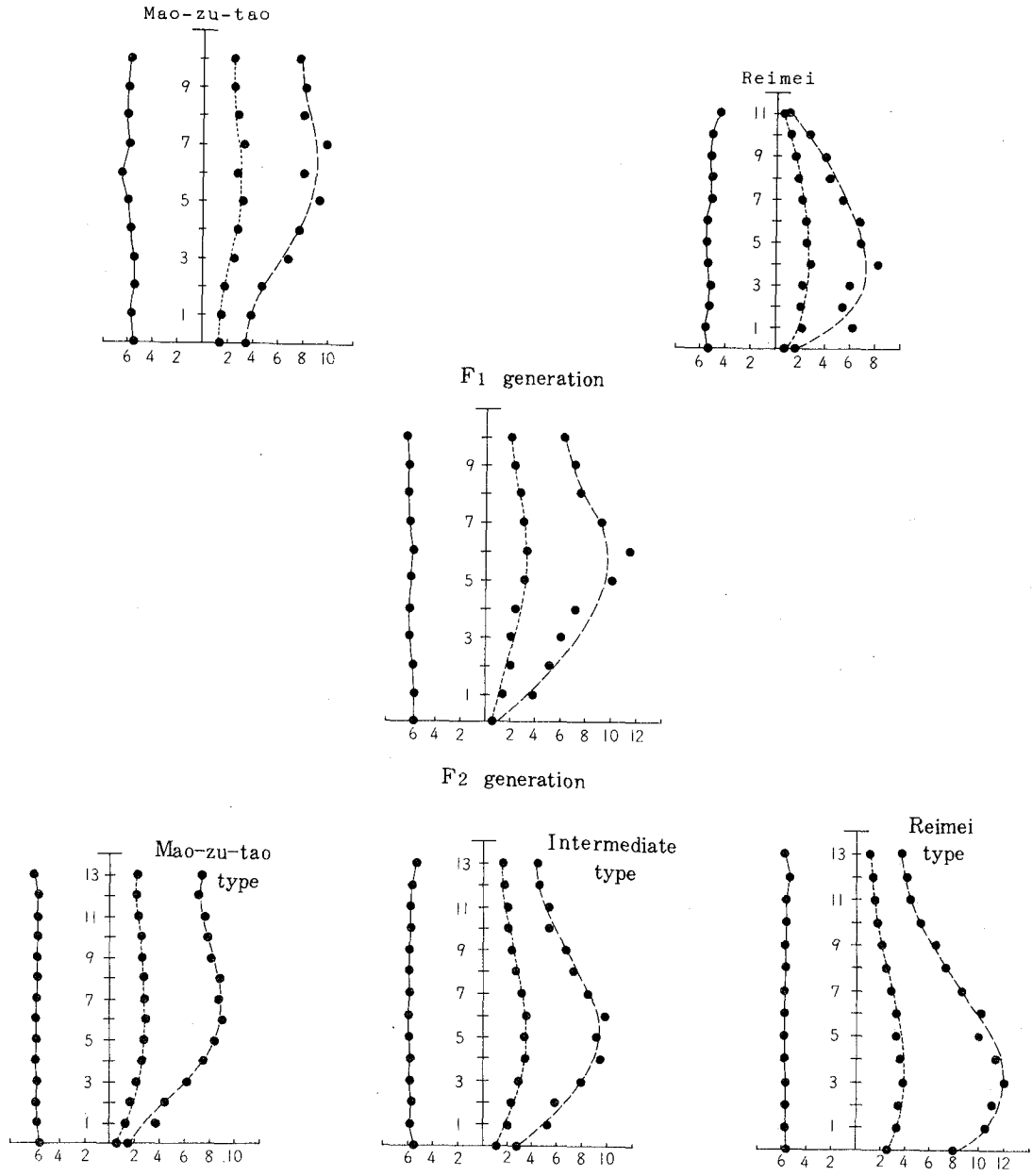
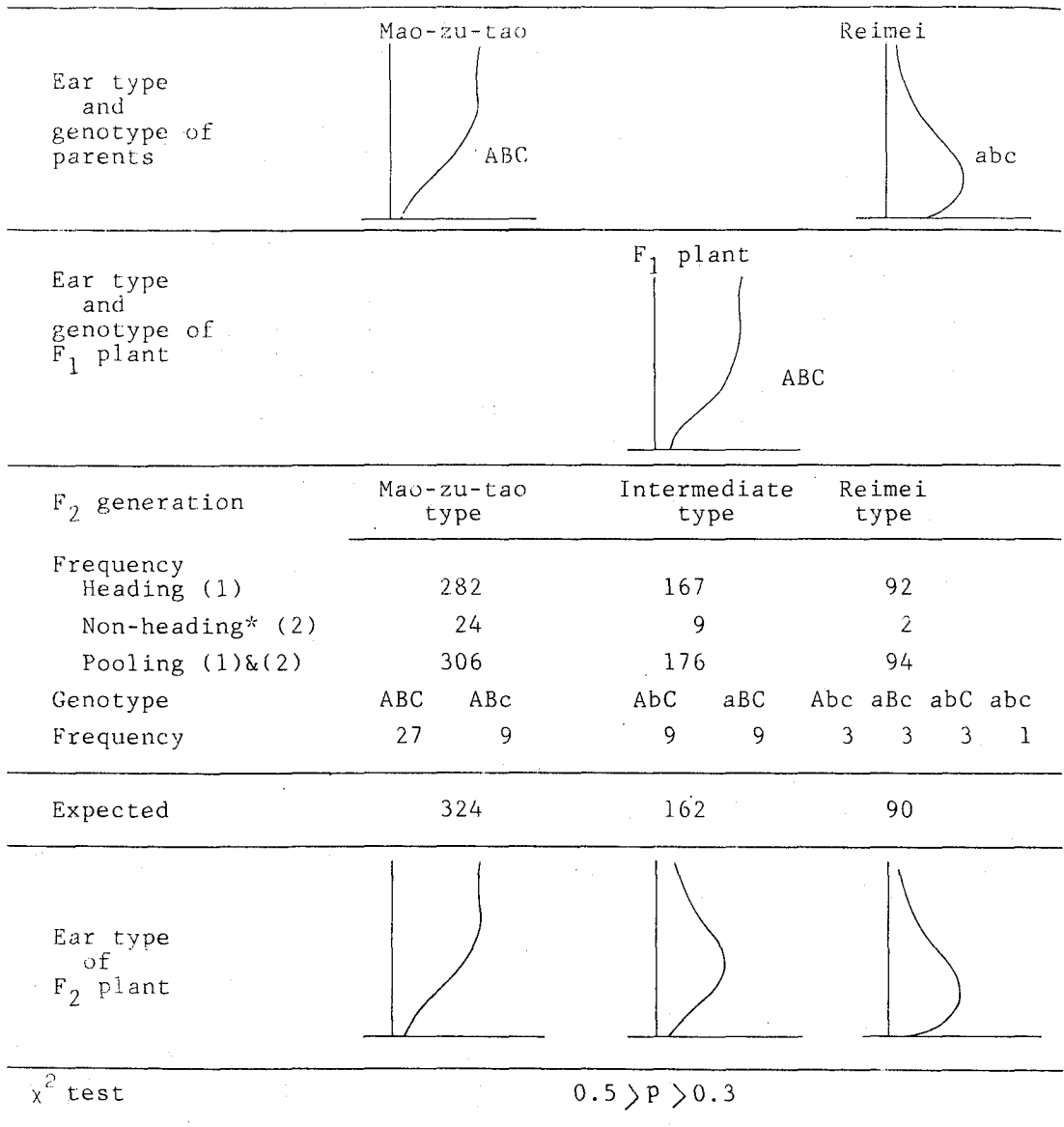


Fig. 5. Ear type of Mao-zu-tao, Reimei and their progenies.



*distributed proportionally to the number of heading.

Fig 6. A mode of inheritance of ear type estimated from a cross between Mao-zu-tao and Reimei.

(A) Stirpe 136

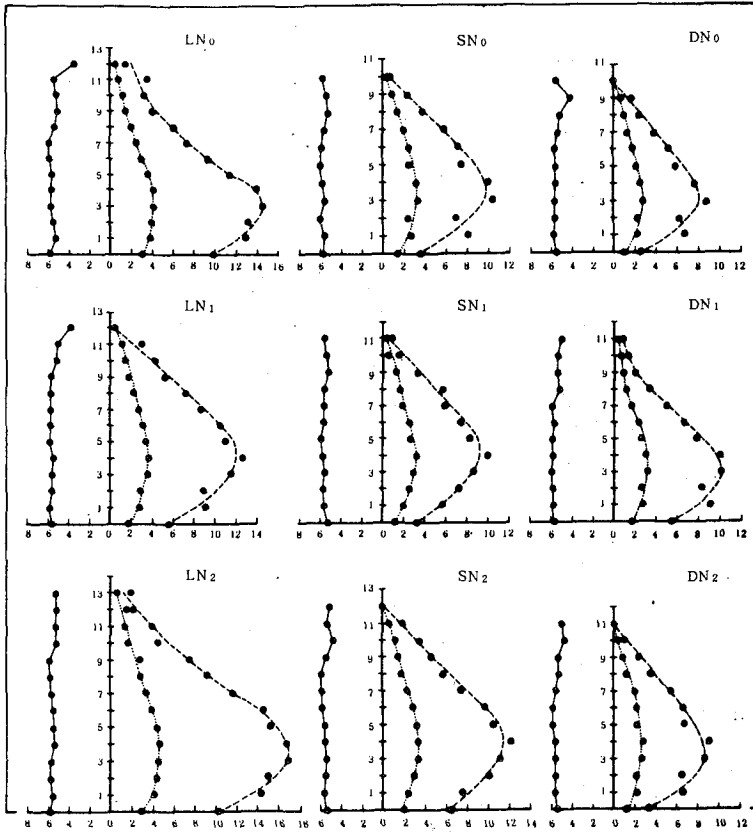


Fig. 7. A—C Changes in number of grains on the primary rachis-branch, the secondary rachis-branch and grains on it, and ear type as influenced by fertilizer level and planting density.

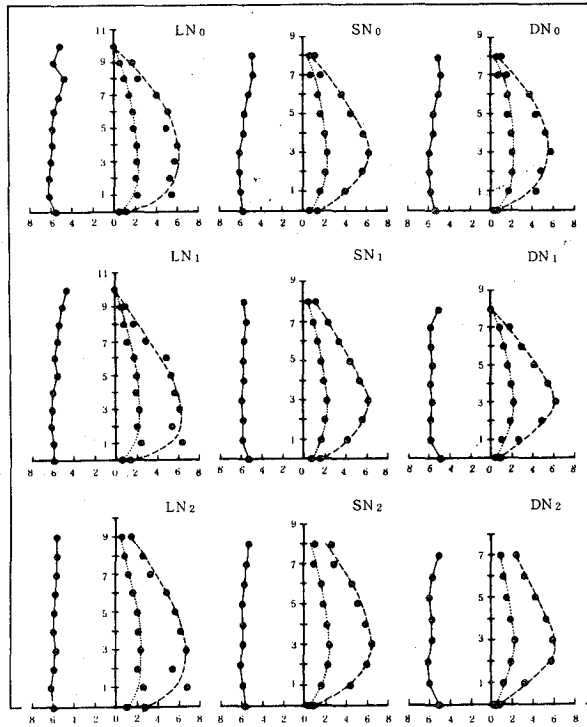
●—● : number of grains on the primary rachis-branch.
 ●- - -● : number of grains on the secondary rachis-branch.
 ●.....● : number of the secondary rachis-branch.

L: sparse planting, S: standard planting, D: dense planting. N₀: non-fertilizer, N₁: standard fertilizer, N₂: heavy fertilizer.

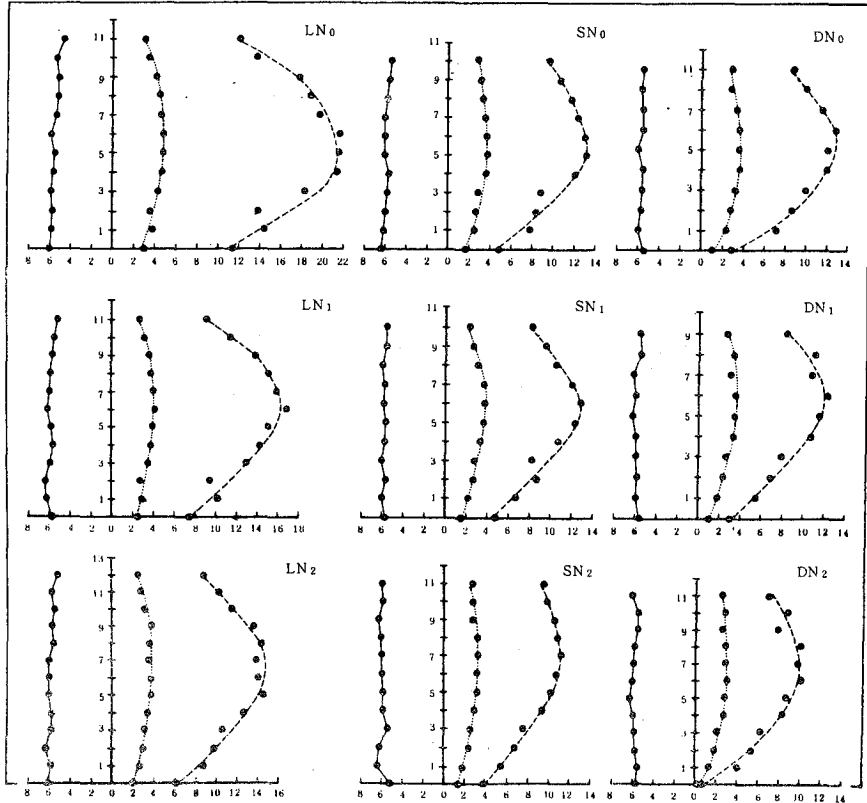
Ordinates: nodal number of rachis.

Abcissae: number of grains and rachis-branch.

(B) Norin 8



(C) Panbila



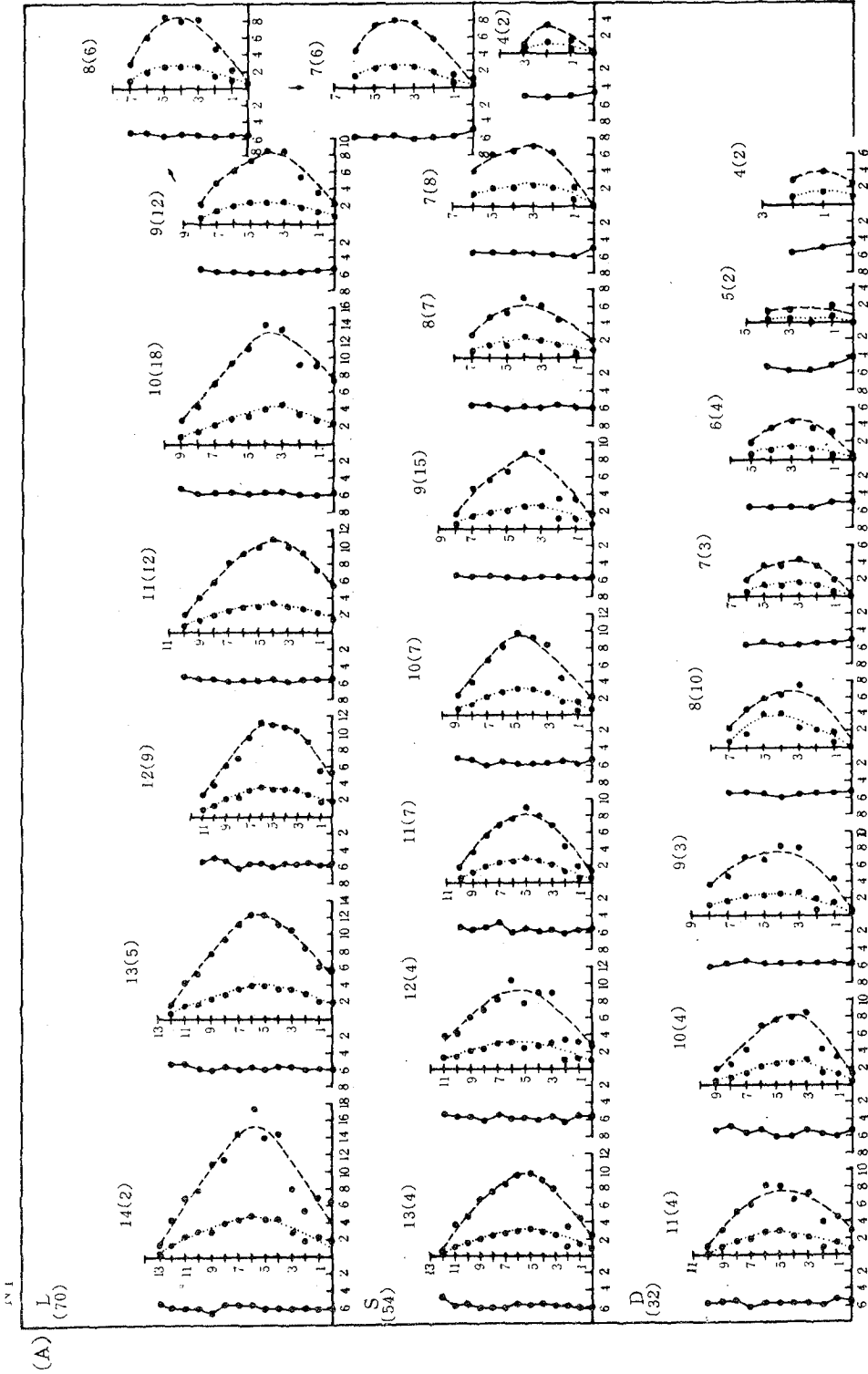


Fig. 8. A-B Changes in number of grains on the primary rachis-branch, the secondary rachis-branch and grains on it, and ear type with reduction of number of the primary rachis-branch per ear.

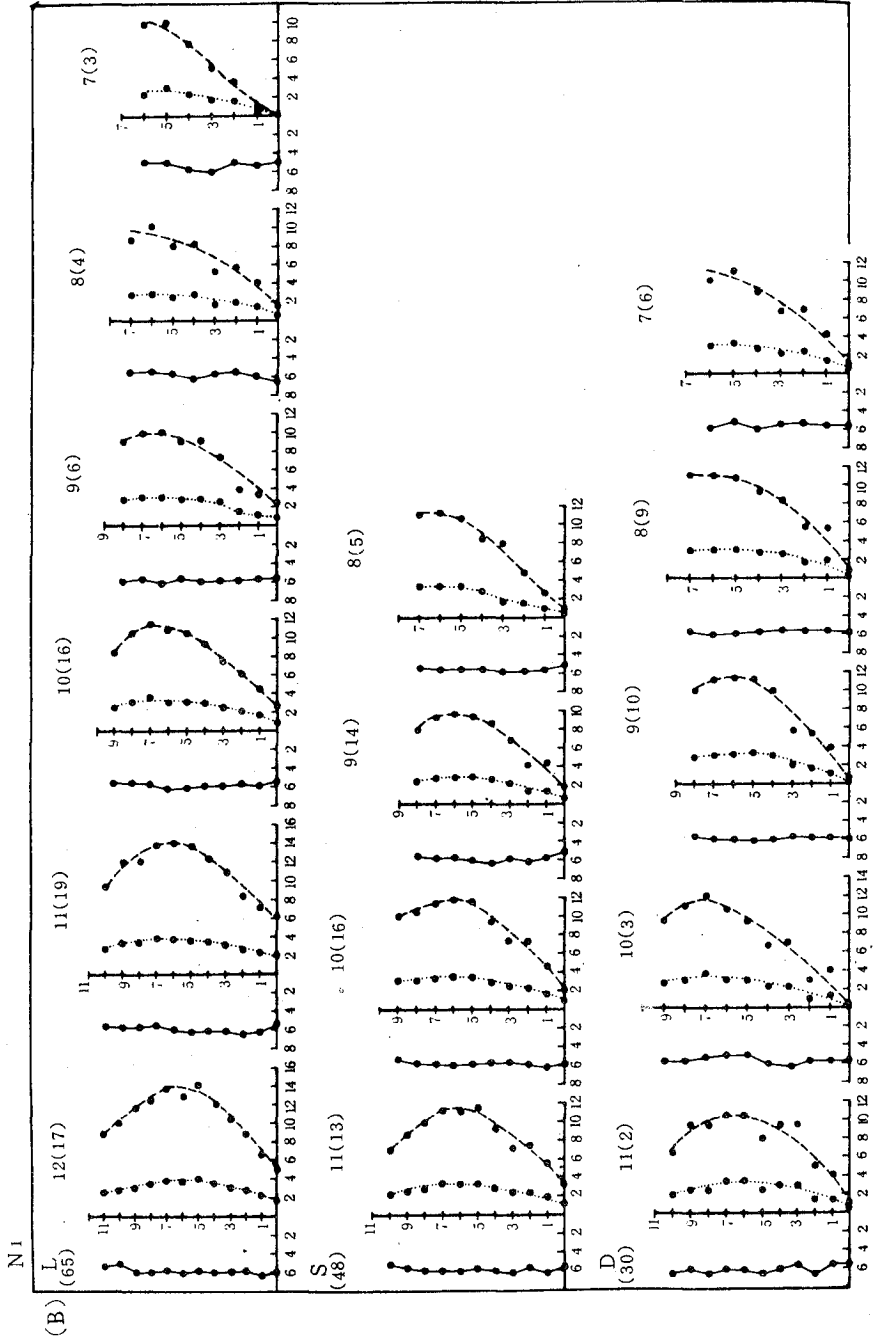
L: sparse planting, S: standard planting, D: dense planting. N0: non-fertilizer, N1: standard fertilizer, N2: heavy fertilizer. Numerals in the parentheses under L, S and D are total number of tiller in four hills. Numerals out and in the parentheses in the figure are number of the primary rachis-branch per ear and the tiller, respectively.

A : Anthocyane

B : Panbala

Ordinates : nodal number of rachis.

Abscissae : number of grains and rachis-branch.



4 栽植密度、肥料水準をかえた場合の穂型の株内変動

下位優勢型の Anthocyane と上位優勢型の Panbila を用いて、栽植密度、肥料水準をかえた場合の株内の同じ一次枝梗数を有する穂ごとに、各種軸節位の一次枝梗粒数、二次枝梗数および二次枝梗粒数を調査した。両品種とも標肥区のみ第 8 図に例示した。

Anthocyane では一次枝梗数の少ない穂になるにしたがって、全穂軸節位とくに、下位穂軸節位の二次枝梗数と二次枝梗粒数が顕著に減少して中位優勢型となり、さらに、一次枝梗数の少ない穂では上位優勢型となった。

Panbila でも一次枝梗数の少ない穂になるにしたがって、全穂軸節位の二次枝梗数と二次枝梗粒数が減少し、とくに下位穂軸節位の二次枝梗数と二次枝梗粒数の減少が顕著であった。しかし、Anthocyane の場合とちがって、どの栽植密度、肥料水準においても、株内の一次枝梗数の異なるすべての穂が上位優勢型を示した。各種軸節位の一次枝梗粒数は約 6 粒で、どの区のどの一次枝梗数の穂でも大きい変動がみられなかった。

栽培条件による最長稈の穂型の変動と株内分けつ茎の穂型の変動から二次枝梗粒数の安定性に注目すれば、穂型は次のように要約されよう

- ① 下位優勢型の品種は上位劣勢型である。
- ② 中位優勢型の品種は上位劣勢型であるとともに下位劣勢型である。
- ③ 上位優勢型は安定した形質である。

5 穂形質の品種間差異

穂形質についてみると、生態種によって次のような特徴ある差異が観察された。

- 1) 大粒種、日印交雑種、インド型品種は穂体積が大きいことが認められた。
- 2) 大粒種は粒の大きさと重さに関する形質すなわち、100 粒体積と 1000 粒重が大きいために穂体積が大きい。一穂あたり総粒数は日本型品種と同程度であった。
- 3) インド型品種と日印交雑種は、一穂当たり総粒数が多く、特に二次枝梗粒数が多いために穂体積を大きくしていた。粒の大きさと重さに関する形質は日本型品種と同程度であった。
- 4) 穂体積の大きい大粒種、日印交雑種、インド型品種は、枝梗が太く、また、穂首の大維管束数が多く、断面積も大きかった。

6 登熟期間中における穂重増加速度、わら重減少速度および収穫時穂重

日本型 11 品種（日印交雑種の密陽 23 号を含む）、大粒種 9 品種およびインド型 7 品種を供試した。水稻の登熟期を穂重増加速度の異なる 3 つの相に分類した（第 9 図）。供試した多くの品種では、L I P（登熟盛期）で収穫時穂重の 50 % 以上が蓄積される。

登熟盛期の日数はインド型品種よりも日本型品種と大粒種で長かった。この時期の穂重増加速度は、日本型品種より、インド型品種と大粒種がより大きな値を示した。収穫時穂重と登熟盛期の穂重増加速度は高い正の相関（ $r = 0.754$ ）を示した（第 10 図）。日本型品種は収穫時穂重と登熟盛期の穂重増加速度の両者とも小さい傾向を示した。

登熟盛期の穂重増加速度は、同じ時期のわら重減少速度とも正の相関（ $r = 0.612$ ）を示した（第 11 図）。大粒種は出穂以前に貯蔵された同化産物とともに、より多く登熟盛期に新たに生産された同化産物で穂重増加が進行する傾向を示した。

インド型品種は登熟盛期の穂重増加速度が大きかった。インド型品種は sink size を二次枝梗籾数で拡大し、しかもその二次枝梗籾の着生の仕方が上位優勢型であることによって apical dominance の効果を楽しんでいると考えられる（位置効果）。

下位優勢型の大粒種もインド型に属する品種と同じ高い登熟速度を示した。大粒種は、一粒籾 size を大きくすることで上位の sink size を大きくするかたちで上位優勢型の態勢となり、apical dominance の効果を楽しんでいる（size 効果）。このため籾の数は日本型に属する品種と同じでもその登熟速度を大きくしている（第 12 図）。

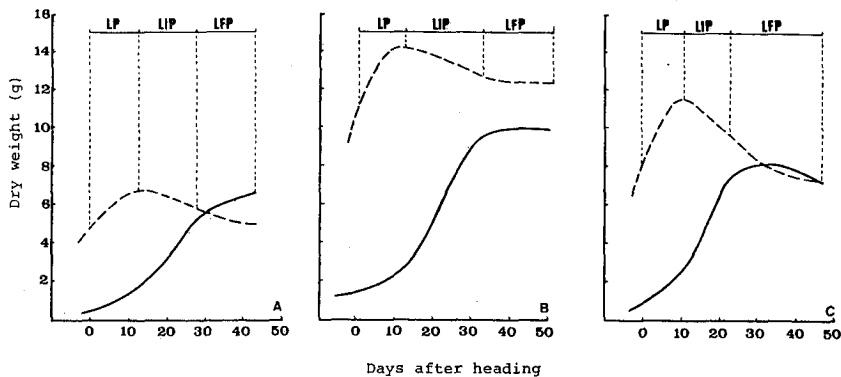


Fig. 9. Changes in dry weight of ear (—) and straw (---) after heading. LP (lag phase): ear weight increases slowly while straw weight increases rapidly, LIP (the maximum increasing period): ear weight increases rapidly while straw weight decreases rapidly, and LFP (late filling period): the increasing rate of ear weight become small and at the same time the decreasing rate of straw weight also become small. A: Sasanishiki, B: Alolio and C: Dojinkyō.

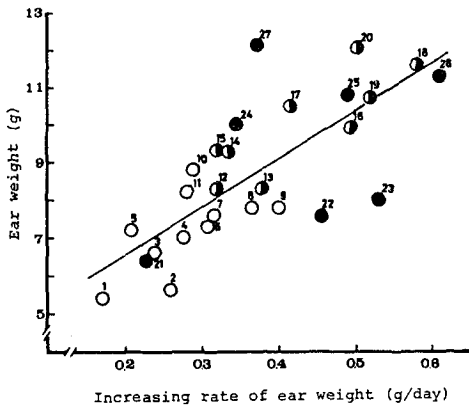


Fig. 10. Relationship between final ear weight and increasing rate of ear weight at the maximum increasing period.

Solid line: $Y=12.605X+4.071$

japonica (○)

1. Senitsu
2. Honenwase
3. Sasanishiki
4. Paldal
5. Miyakoganemochi
6. Kamenco
7. Otonemochi
8. Reimci
9. Kojonishiki
10. Juhceung
11. Milyang 23

Large grain variety (●)

12. Senatore
13. S. 82
14. Secia
15. Alofo
16. Rizzotto
17. Rinnatto
18. Lomelto
19. Anthocyane
20. Stirpe 136

indica (●)

21. Akamai
22. Dojinkyō
23. Mao-zu-tao
24. Kinandang
25. Blue Belle
26. Gaiya Dhan Tosar
27. Amber

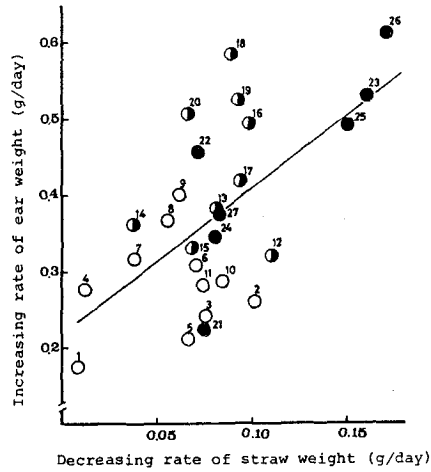
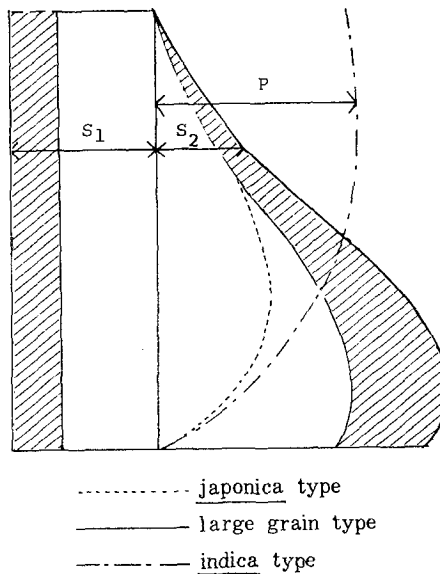


Fig. 11. Relationship between increasing rate of ear weight and decreasing rate of straw weight at LIP.

Solid line: $Y=1.916X+0.218$

The symbols are the same as in Fig. 10



..... japonica type
 ————— large grain type
 - - - - - indica type

Fig. 12. A model of size and position effect related with the grain filling rate and period in different ear types

P: position effect in indica type (high rate and short period). S1 and S2: size effect in large grain type (high rate and long period)

審査結果の要旨

本研究は、穂長の他、穂軸節位別の一次枝梗粒数、二次枝梗数、そして特に穂軸節位別の二次枝梗粒数、の変動パターンにより稲の穂型を分類することを提起し、この穂型の品種間差異、遺伝、環境変異、登熟との関係について検討を加えたものである。

第一に、以上のような一つの新しい穂型分類法を提示していることを評価できる。著者は二次枝梗着生下位優性型（Ⅰ型）から、同上位優性型（Ⅴ型）にいたる5型を一応類別している。

第二に、大粒種、日本型品種、インド型品種が夫々以上の穂型について特性を異にしており、大粒種は下位優性型（Ⅰ～Ⅱ型）、日本型は中位優性型（Ⅱ～Ⅲ型）、インド型は上位優性型（Ⅳ～Ⅴ型）であることを指摘していることを評価できる。稲の生態型分化に一つの知見を加えたものといえよう。

その他、以上の穂型の遺伝についても解析の第一歩を加えていること、栽植密度、肥料水準を変えた場合、また株内の茎のちがいによる非遺伝的な穂型の変化の程度を観察していること関連穂形質（穂体積、籾体積、等々）についての調査結果をも加えて穂型と登熟、特に登熟速度、登熟期間の長さなどとの関連性を考察していることなども、あわせて評価できるであろう。

稲の多収を実現するためには、茎葉同化部の改良と共に、主目的である米の容器のサイズ、籾サイズ、籾数、穂サイズが重要であることは広く認められている。本研究は、籾サイズ、籾数、穂サイズだけでなく、籾の着生位置が品種群により異なっていること、それに基づいて一つの穂型分類ができることを指摘し、さらにその遺伝、環境変動、登熟との関連性などについても検討を加えたものであり、稲育種に有用な新知見を加えており、著者に対して農学博士の学位を授与して然るべきものと認めた。