

氏 名 (本籍)	ほし の つぐ ひろ 星 野 次 汪 (山形県)
学位の種類	農 学 博 士
学位記番号	農 博 第 1 3 6 号
学位授与年月日	昭和 4 9 年 3 月 2 6 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当
研究科専攻	東北大学大学院農学研究科 (博士課程) 農 学 専 攻
学位論文題目	混植された稲の競争・協同効果に関する研究

	(主 査)		
論文審査委員	教授 角田重三郎	教授 輪 田 潔	
		教授 神田巳季男	

論 文 内 容 要 旨

遺伝子型の異なる植物を混植すると、それらの植物は互いに影響し合つて単植のときとは異なる生長の様式を示し、またその形質も変化する。混植による相互作用は競争と協同とに分けられる。競争とは混植された2種の植物の一方が有利になり他方が不利になることであり、協同とは混植が単植に比べて有利になるか不利になる現象である。

本研究の目的はイネの雑種後代系統および栽培品種を材料とし、混植された遺伝子型間の相互作用を競争および協同の両面について観察したものである。さらに、栽培品種についてはヒエと混植した場合の反応を平行して観察した。

1. 混植による相互作用分析のモデル

従来、大部分の研究者は競争の強さ（競争力）を、ある遺伝子型が異なる遺伝子型に囲まれることによつて生じる形質量の増減（その遺伝子型の単植下の形質量に対する）で示した。しかし、囲まれる個体だけでなく、囲む個体にも形質量の増減が生じる。筆者は混植された2つの遺伝子型の形質変化を総合的にとらえ、それらの間の相互作用を明らかにするために、次に示すモデルを用いた。これは、Jacquard (1970) が多数品種をダイアレル組み合わせで混植した時のデータを分析するために考えたモデルと本質的に同じである。

		囲まれる品種		侵 略 力
		A	B	
囲む品種	A	A(A)	B(A)	$\beta_A = B(A) - B(B) = \alpha_B$
	B	A(B)	B(B)	$\beta_B = A(B) - A(A) = \alpha_A$
抵抗力		$\alpha_A = A(B) - A(A)$	$\alpha_B = B(A) - B(B)$	

A(A)、B(B) : A、Bの単植値

A(B) : Bに囲まれた時のAの値

$B(A)$: A に囲まれた時の B の値

α_A : B に囲まれた時の、A の B に対する抵抗力

α_B : A に囲まれた時の、B の A に対する抵抗力

β_A : B に囲まれた時の、A の B に対する侵略力

β_B : A に囲まれた時の、B の A に対する侵略力

2 品種が混植されると、競争のため一方の形質が増加し、他方の形質が減少する。A と B の競争効果は A の B に対する抵抗力 α_A と侵略力 β_A との差で表わした。これは 2 品種の抵抗力 (あるいは侵略力) の差に等しい。また、協同効果は A の B に対する抵抗力 α_A と侵略力 β_A との和で表わした。これは 2 品種の抵抗力 (あるいは侵略力) の和に等しい。

競争効果 :

$$\begin{aligned}\alpha_A - \beta_A &= \beta_B - \alpha_B = \alpha_A - \alpha_B = \beta_B - \beta_A \\ &= [A(B) - A(A)] - [B(A) - B(B)] \\ &= [A(B) - B(A)] - [A(A) - B(B)]\end{aligned}$$

協同効果 :

$$\begin{aligned}\alpha_A + \beta_A &= \beta_B + \alpha_B = \alpha_A + \alpha_B = \beta_B + \beta_A \\ &= [A(B) - A(A)] + [B(A) - B(B)] \\ &= [A(B) + B(A)] - [A(A) + B(B)]\end{aligned}$$

上式が示すように、競争効果は混植されたときの 2 品種の差と、単植されたときの 2 品種の差との比較であり、また、協同効果は混植されたときの 2 品種の和と、単植されたときの 2 品種の和との比較であるともいえる。

2 雑種後代系統と両親との間に見られる競争と協同効果

材料として用いたのは、日本型の台中 65 号 (T 65) とインド型の白穀 (108) を交雑し、特に選抜を加えることなく系統として F_{11} まで維持してきたものからランダムに選んだ 10 系統 (試験系統) である。それらの 10 系統を

両親（検定系統）のそれぞれと混植した。

抵抗力および侵略力は系統によつて異なつた。抵抗力の強い系統は侵略力も強い傾向を示した。このことは一方の増加が他方の減少に結びついていることを示す。しかし、一方の増加は他方の減少を完全に補えるだけの増加を示さなかつた場合がほとんどであつた。

競争および協同効果を分散分析したところ、多くの形質において競争効果は系統間に有意差を示し、この効果は遺伝的に支配されていることがわかつた。また、協同効果はほとんどの形質で負の値を示した。すなわち、この材料では混植するとそれぞれの単植の和より悪くなる場合が多い。しかし、生育中の乾物重のデータから各系統の生長曲線を計算し比較したところ、混植された2系統の間で、最大生長率を示す日がずれているほど、正の協同効果を示す傾向が認められた。このことは棲み分けによる有効な環境利用が協同効果の要因の1つであるらしいことを示唆している。

抵抗力の強い系統は単植での収量が劣る傾向が見出された。このことから、集団育種法では収量の高い遺伝子型を残すには、競争に強い個体を取り除く必要があると思われる。

3 7品種ダイアレル混植実験の分析

草型の異なるインド型イネ7品種（TKM6、Sigardis、Dawn、IR20、Taichung Native 1（TN1）、BPI121-407（BPI）、SML Awini）を用い、各品種の単植区と2品種ずつのすべての可能な組み合わせ（ダイアレル）の混植区を設けた。

各品種について、他の6品種のそれぞれと混植されたときの平均的な抵抗力、侵略力、競争効果、協同効果を計算した。TKM6、TN1、およびBPIの3品種は他の品種より抵抗力が大きく、かつ正の競争効果を示した。また、協同効果はBPI以外の品種では負の値を示した。抵抗力の強い上述3品種のうち、

TN1は白葉枯病に、BPIはバイラスによるTungro病、Grassystunt病に著しく弱い品種である。これら2品種は混植で単植より被害が軽かつた。このことは耐病性多系品種の育成、利用が有効な手段となることを示唆している。

ダイヤレル表にまとめたデータを分散分析したところ、穂重、わら重に特定競争効果が認められた。これは一般に、強い競争効果を示す品種でも混植相手によつては弱くなることを意味している。

種々の品種と混植されたときに示す各品種の形質の安定性を、Eberhart and Russe1 (1966)のモデルに従つて回帰係数で表わすことを試みた。その結果、混植における形質の安定性は品種により、形質により異なり、また、この安定性は抵抗力あるいは競争効果とは無関係であることがわかつた。

供試7品種の各形質の優先力を求めた。優先力とは $\frac{\text{混植値}}{\text{単植値}}$ の値を混植された2系統の間で較べ、大きい方を勝ち、小さい方を負けとして表を作り、総合的な得点で優先の程度を表わしたものである (Jacquard 1970)。この優先力は形質の間で互いに相関しており、かつ、抵抗力あるいは競争効果と有意な相関を示すことが明らかになつた。

4. ヒエと混植されたイネ品種の生存率と生育

上述(3)の実験と同じイネ7品種を用い、各品種の単植区と、ヒエの種子を撒播した混植区とを設け、イネの生存株数と成熟時の各種形質を調査した。

混植区においてイネに死滅個体が生じた。生存率は品種により異なり(53%~27%)、その差は統計的に有意であつた。生き残つた個体の各種形質におけるヒエ抵抗力においても品種間差が認められた。

イネの生存率は単植の各種形質値、(3)で求めたイネ品種間抵抗力、およびイネのヒエに対する抵抗力と、有意ではないが正の相関を示した。生存率にこれらの性質が何んらかの形で関与しているのであろうが、決定的に生存率を支配している1つの単純な形質は認められなかつた。また、イネ品種間抵抗力

とヒエに対する抵抗力との間に正の有意な相関が見出された。このことはイネの種内抵抗力とヒエ抵抗力とは同一の遺伝的機作により支配されていることを示唆する。

5 栽培条件の影響

台中65号×白穀の F_{11} （2の実験に用いた）試験系統のうちで、抵抗力の弱かつた M_5 と強かつた M_{179} の2系統を選び、台中65号および白穀と混植した。栽培環境は水田、礫耕（標準区・多肥区）、ポット、苗箱である。ポット条件とは1ポット当り1株1本植えを行つたのち、寄せ集め混植群落を作つた。

各種栽培環境における4系統の優先力を求めた。各環境下で得られた4系統の優先力の順位を次に示す。

水田	$108 > T65 > 179 > 5$
礫耕標準区	$108 > 179 > 5 > T65$
多肥区	$179 > 108 > 5 > T65$
苗箱	$108 > T65 > 5 > 179$ （但し、差わずか）
ポット	$T65 > 5 > 108 > 179$ （但し、差わずか）

混植による相互作用は水田、礫耕で顕著であつた。水田で大きな優先力を示した108は、養分についての競争が軽微とみられる礫耕でも大きな優先力を示した。しかし一方、光についての競争が軽微で、養分についての競争が強く起るよう設定された苗箱試験でも、この系統の優先力は高かつた。ポット試験では各系統間の優先力の差が少なく、生育速度と優先力との相関も見られなかつたが、初期生育が旺盛で養分吸収が盛んな場合に次第に養分レベルが低下するよう設定であつたことが、この結果に影響していると思われる。

6 栽植密度の影響

中国のインド型在来イネ Hung とインド型×日本型より育成された改良品種 IR667 の単植と混植を、2種の栽植密度（密植区：20cm×20cm、疎植区：50cm×50cm）に行つた。

先に述べたモデルに密度効果を加えたモデルを考え、それに基づいて混植における抵抗力、密度反応、抵抗力の密度反応の3つのパラメータを推定した。その結果、Hung は IR667 より抵抗力および密度反応がともに大きかつた。また、密植により Hung の抵抗力がさらに強くなり、IR667 のそれは小さくなつた。言いかえるならば、疎植より密植で混植の影響が強くなつた。

IR667 と Hung の混植で、前者の乾物量は単植と比べて著しく減少し、後者のそれは増加した。IR667 は混植されると、最大生長率と高生長率持続日数が低下した。Hung は混植されると、高生長率持続日数は長くなるが、最大生長率はほとんど変らなかつた。

混植により、IR667 は密植区で播種後60日、疎植区で70日に単植と比べて乾物量の減少をひき起し、Hung は密植区で80日、疎植区で90日から乾物量の増加をもたらした。このように、一方の乾物量の減少と他方の増加は同時に起らない。このことは協同効果を負にする一原因ともみられる。また、密植は疎植より約10日早く混植の影響を表わした。

審 査 結 果 の 要 旨

本論文は、混植されたイネの遺伝子型間の相互作用を取扱ったものである。

分析モデルとしてはJacquard のモデルと同様のものを使用しているが、Jacquard のとりあつかったパラメーター（抵抗力、侵略力）を基礎として、さらに新しいパラメーター（競争協果、協同協果）を定義し、使用している点で新味がある（第1章）。第2章は、イネの1交雑組合せの後代系統と親品種との間に見られる競争・協同効果を観察したもので、混植で抵抗力の強い系統は単植での収量が劣る傾向を見ている。この現象は、すでに他の研究者によっても品種比較などで認められているが、交雑後代の系統間で得られた本実験の結果は直接交雑後代集団の遺伝子型のゆがみを示唆する事例となろう。また、協同協果は、ほとんどの形質（収穫時）で負になること、ただし最大生長率を示す日がずれているほど正の協同効果を示す、1種の棲み分け効果を認めた。第3章では、7品種についてのダイアレル混植実験を行っている。ここで穂重、わら重につき、特定競争効果につき有意の結果を得ていることが注目される。また白葉枯病あるいは2種のバイラス病に弱い品種が混播で単播より被害が軽くなったことを見ている。また形質の安定性を Eberhart らの方法、優先力を Jacquard の方法により求め、抵抗力、競争協果との関係を追究している。第4章は同じ7品種とヒエの混植実験で、イネの種内抵抗力と別種のヒエに対する抵抗力は平行的であることを認めた。第5章は混植による相互作用におよぼす栽培条件の影響を見たもので、第6章では特に栽植密度の影響について、収穫時の諸形質の測定値について、密度効果を加えて統計分析すると共に、生育中の乾物増加経過を追究し、一方の乾物重が混植下で単植下よりも減少しても、他方の増加は同時には起らないことを認め、協同協果が負になる傾向と関係づけて考察している。

以上、本論文はイネの混植の収穫時諸形質に及ぼす影響を種々の遺伝子型を材料として新しいパラメーターをも加えて統計的に分析すると共に、生育中における乾物増加経過との関係についても観察を加えており、また種内抵抗力と別種のヒエに対する抵抗力との関係も観察しており、得られた知見は特に植物育種の推進上有用と認められる。よって審査員一同は農学博士の学位を授与するに値すると認定した。