

氏 名(本籍)	うえ 上	の 塾	き 喜	はち 八
学位の種類	農	学	博	士
学位記番号	農	博	第 384	号
学位授与年月日	平	成	元	年 3 月 24 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	栽培イネ (<u>Oryza sativa</u> L.) の生態型分化 と根の伸長方向に関する研究			
論文審査委員 (主 査)	教授 菅 洋			
	教授 日向 康吉			
	教授 星川 清親			

論文内容要旨

Turesson (1922)は同一種に属する個体群が、従来とは異なる環境で生育したとき、その環境条件に適応して分化した性質が、淘汰圧により遺伝的に固定した型を認め、これを生態型と名づけた。さらに、上位の区分として生態種を設けている。

栽培イネ(*Oryza sativa* L.)はこれまで多くの研究者により分類が試みられてきた。その結果、現在では*Oryza sativa* L.は2, 3のグループに分けることができると考えられており、それらのグループには*indica*, *japonica*, *javanica*などといった名称が与えられている。また、*Oryza sativa* L.には農民により、栽培地域などにより区別される品種群がある。このように、イネには2つの分け方があり、一般に前者は生態種に、後者は生態型に相当すると考えられている。これまでの多くの研究にもかかわらず、上記の生態種と思われる分類と生態型と思われる分類との間の対応関係などイネの系統分化上明確になっていない部分がある。

この論文では、I イネの生態種と生態型との対応、II 異なる生態型における根の伸長方向について検討した。

I イネの生態種と生態型との対応

インドの生態型 *aus*, *aman*, *boro* インドネシアの生態型 *bulu*, *tjereh* および日本水稲、陸稲の計139品種について、これまで広く用いられてきた岡および松尾の方法で分類を試みた。

i) 岡の方法による生態型の分類

岡の方法では典型的なインド型は塩素酸カリ抵抗性が弱く、稃毛が短く、フェノールに染まる品種であり、典型的な日本型は典型的なインド型と全く逆の形質組合せを持つ品種である。*aus*, *bulu* および日本陸稲には、典型的なインド型および日本型とは、異なる形質組合せを持つ品種が認められた(第1図)。岡がイネの分類に用いた形質をもとに主成分分析により解析したところ、*aus*,

aman, boroに含まれる多くの品種がインド型に, buluが熱帯日本型に, また日本水稲は温帯日本型に属した. tjerehは77%の品種がインド型に, 23%が熱帯日本型に属し, 日本陸稲は58%がインド型に, 33%が温帯日本型に属した(第1表)

ii) 松尾の方法による生態型の分類

松尾がイネの分類に用いた形質の中で, 現在最も広く用いられている方法である粳の長さや幅を基にした分類をおこなった. aus, aman, boro, tjerehに含まれる品種の多くはc型(長粒型)となった. 日本水稲はa型(短粒型)だけが認められた. buluはb型(大粒型)の品種が32%, c型が60%となった. 日本陸稲はa型が42%, b型が42%であった. b型はaus, buluおよび日本陸稲にのみ認められた(第1表).

iii) 岡および松尾の方法による分類結果の一致率

一般に, 岡のインド型, 温帯日本型および熱帯日本型は, 松尾のc型, a型およびb型にそれぞれ対応すると仮定されている. 岡および松尾の分類法の一致率の最も高いのはboroで100%, 次いで日本水稲, aman, tjereh, aus, 日本陸稲, buluの順となった(第1表).

II 異なる生態型における根の伸長方向

陸稲の特徴を有している生態型buluが, 生育初期に "気根" (土壌の表面に表れる根) を形成することを見いだしたので, イネの系統分化における陸稲の位置づけを明確にするために地下部の形態に着目し解析を進めた.

i) 気根の形成と生育段階との関係

buluは3葉展開期において気根を形成することがわかった(第2表). 5葉展開期および播種後108日目においても, この現象はbuluに顕著に認められており, buluは生育全般を通し, 気根を形成することが分かった. また, 気根は地下部

がより嫌氣的な状態におかれた時、多く形成されることが分かった。

ii) 異なる生態型における種子根と冠根の伸長方向

buluの根が土壌表面に表れる要因の一つとして根の伸長方向が考えられる。そこで根の伸長方向の品種間差異を暗条件下において調べた。

ガラスビンに寒天を入れ、寒天の上に催芽種子を播種し、一定期間培養した後、根の伸長方向を調べた。その結果、冠根が主に下方向へ伸長する品種、横方向へ伸長する品種、一部の冠根が上方向へ伸長する品種など広い変異が認められた。写真1に冠根が主に下方向へ伸長する関山、横方向へ伸長するTepa I および一部の冠根が上方向へ伸長するGemdjah Betonを示した。供試した全ての品種において、種子根は下方向へ伸長した。冠根の場合、ausには、横方向へ伸長する品種から下方向へ伸長する品種へと、広い変異が認められた。amanおよびboroは、冠根は横方向へ伸長した。buluには、一部の冠根が上方向へ伸長する品種が認められた。tjerehは、冠根が横方向へ伸長する品種や、一部の冠根が上方向へ伸長する品種が混在していた。日本水稲はほとんどの品種の冠根が下方向へ伸長しており、また日本陸稲の場合、日本水稲ほど明確ではないが、下方向へ伸長する傾向があった(第2図)。

さらに、種子根から出た側根は冠根が上方向に伸長する品種では上方向への、また冠根が下方向に伸長する品種では下方向への伸長を示した(写真1)。

iii) 冠根の伸長方向の遺伝

Gemdjah Beton x 農林 1号のF₂およびF₃ 植物体を用いて、上方向へ伸長する冠根について遺伝を調べた。その結果、上方向に伸長する冠根を持つ系統と、持たない系統とは15 : 1の比で分離することが分かった。このことから、下方向へ伸長する冠根は2個の劣性遺伝子により支配されていることが示唆された。

iv) 冠根の重力反応

冠根の伸長方向に品種間差異が生じる原因を明かにするために、冠根の伸長

方向の異なる品種を用い、冠根の重力感受性について調べた。その結果、冠根が下方向に伸長した品種（主に日本水稲および陸稲）は重力感受性があり（写真 2）、冠根が横方向に伸長する品種（主に aus, aman, boro）および一部の冠根が上方向に伸長する品種（主に tjereh, bulu）には、重力感受性がほとんどないことが分かった（写真 2）。また、暗黒下での冠根の伸長方向の如何によらず、光を当てた場合、全ての品種の冠根は下方向へ伸長することが分かった（写真 3）。

v) メソコチールの長さとう冠根の伸長方向

これまでの実験の結果、冠根が横方向へ伸長する品種のメソコチールは伸びる傾向があった。これらの結果をふまえ、メソコチールの伸長量と横方向へ伸長する冠根の割合との相関を調べた（第 3 図）。その結果、相関係数は 0.64 と 1% 水準で有意であった。この結果から、冠根の伸長方向とメソコチールの伸長量との間に相関関係があることが示唆された。

総合考察

aman, boro, tjereh および日本水稲は水田で栽培されており、bulu および日本陸稲は陸稲の特徴を持っている。aus は水稲である Lowland aus と陸稲である Highlandaus とに分けられる。aman, boro, tjereh, 日本水稲および aus の半数はいわゆる indica あるいは japonica として明確に位置づけることができた。これに対し、bulu, 日本陸稲および aus の半数は明確に位置づけることのできない品種が多く認められた。これまでの生態種に関する岡および松尾の分類法は、水稲には対応するものの、陸稲には対応しえない分類法であるといえる。

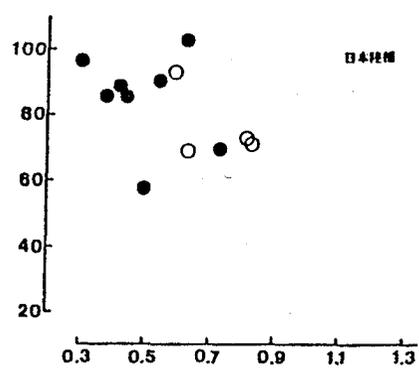
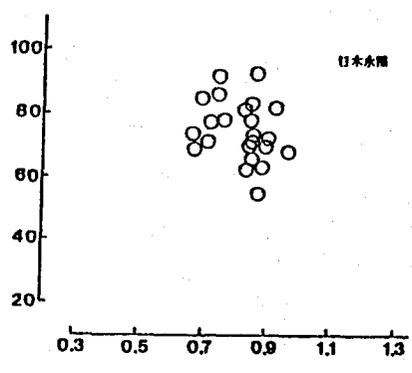
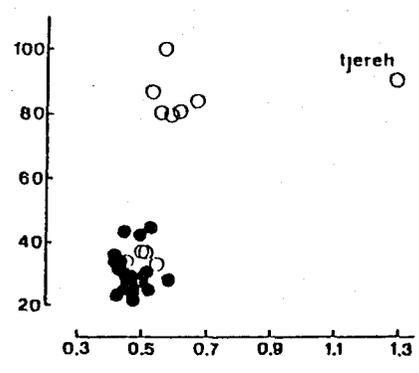
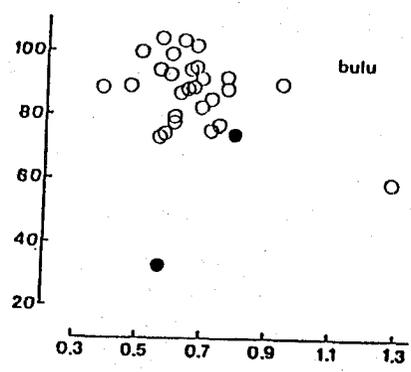
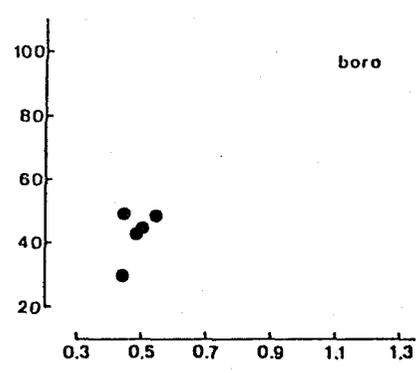
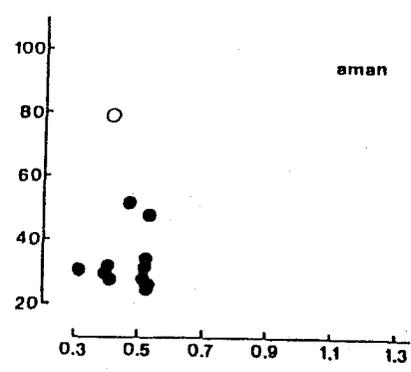
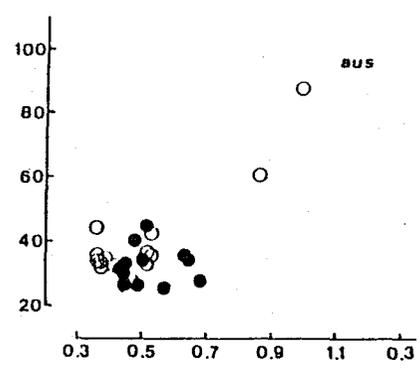
japonica は indica に比べ、嫌気条件に耐える能力が高いことが知られている。このことより、japonica は土壌中の酸素の少ない暗黒下において重力感受性を失わず、下方向に根を張ることができると考えられる。これに対し、indica および javanica (bulu) は冠根の重力感受性がなく、また嫌気条件に対する耐性が

低いことも起因し、冠根はより酸素の多い土壌表面近く、あるいは表面上に伸長することが考えられる。

tjerehは比較的近年に、中国やインドよりインドネシアに入った生態型である。tjerehには*indica*の特徴を持つ品種が多く認められる。しかし、冠根の伸長方向においてはインドネシアに古くより栽培されてきたbuluと同様、一部の冠根が上向きに伸長する品種が認められた。このことは、tjerehとbuluとの雑種後代、あるいは導入された遺伝的にヘテロな品種がインドネシアの栽培環境下で適応、選抜されたものと考えられる。さらにこの選抜が比較的短期間になされた要因としては、冠根の伸長方向は主動遺伝子の作用により決定され、関与する遺伝子の数が多くないためと思われる。

ブルネイなど熱帯島嶼部においては酸性土壌が多いため、植物体はリン欠になりやすい。このような環境下において栽培されてきたインドネシアの在来イネは気根を形成し、根が酸素不足になることを防ぎ、リン酸の吸収を確保していると考えられる。

IRRIの育成品種に代表されるような広域適応性の品種には限界もあり、今後は特定地域の特殊な生態的条件に適応し安定な高収量が上げられるイネ品種の育成が必要である。このような面からも、異なった生態環境に適応してきた在来品種が持つ遺伝的特性を明らかにすることは、イネの系統分化の解明のために留まらず重用性を増してくるものと思われる。



第1図 各生態型における塩素酸カリ抵抗性、浮毛長およびフェノール反応の関係
 横軸は浮毛長(mm) 縦軸は塩素酸カリ抵抗性を示す。
 黒丸はフェノール溶液が染まった品種であり、
 白丸はフェノール溶液が染まらなかった品種である。

第1表 各生態型の岡および松尾の分類法による位置づけ

		インド型**	熱帯日本型	温帯日本型	計	一致率 (X)
aus	a	2	-	1	3 (11.5)	78.9
	b	3	-	1	4 (15.4)	
	c	19	-	-	19 (73.1)	
	計	24 (92.3)	-	2 (7.7)	26	
anan	a	1	1	-	2 (18.7)	83.3
	b	-	-	-	-	
	c	10	-	-	10 (83.3)	
	計	11 (91.7)	1 (8.3)	-	12	
boro	a	-	-	-	-	100
	b	-	-	-	-	
	c	5	-	-	5 (100)	
	計	5 (100)	-	-	5	
bulu	a	-	1	1	2 (8.0)	32.0
	b	-	8	2	8 (32.0)	
	c	1	14	-	15 (60.0)	
	計	1 (4.0)	21 (84.0)	3 (12.0)	25	
ljereh	a	-	2	-	2 (6.5)	77.4
	b	-	-	-	-	
	c	24	5	-	29 (93.5)	
	計	24 (77.4)	7 (22.6)	-	31	
日本水稲	a	-	2	21	23 (100)	91.3
	b	-	-	-	-	
	c	-	-	-	-	
	計	-	2 (8.7)	21 (91.3)	23	
日本陸稲	a	2	-	3	5 (41.7)	41.7
	b	4	1	-	5 (41.7)	
	c	1	-	1	2 (16.7)	
	計	7 (58.3)	1 (8.3)	4 (33.3)	12	
計	a	5	8	28	37 (27.8)	89.4
	b	7	7	3	17 (12.7)	
	c	80	19	1	80 (59.7)	
	計	72 (53.7)	32 (23.9)	30 (22.4)	134	

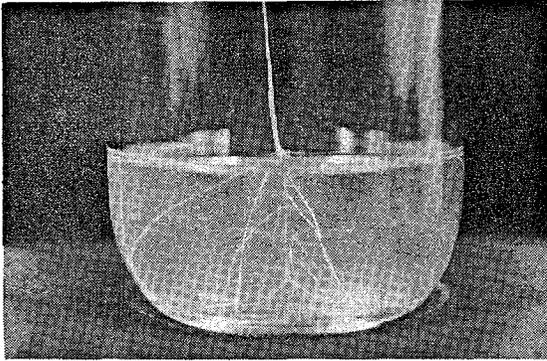
()内の数値は各生態型における百分率を示す。

- 松尾の粉型による分類を示す。a型は短粒，b型は大粒，c型は長粒である。
- 岡がイネの分類に用いた形質，塩素酸カリ抵抗性，稃毛長フェノール反応，胚乳のアルカリ崩壊度，メソコチールの長さおよび粉の長幅比を各品種について求め，主成分分析を行いインド型，温帯日本型および熱帯日本型に分けた。一致率は供試した品種数に対する，インド型でありかつc型である品種の数 + 温帯日本型でありかつa型である品種の数 + 熱帯日本型でありかつb型である品種の数の割合である。

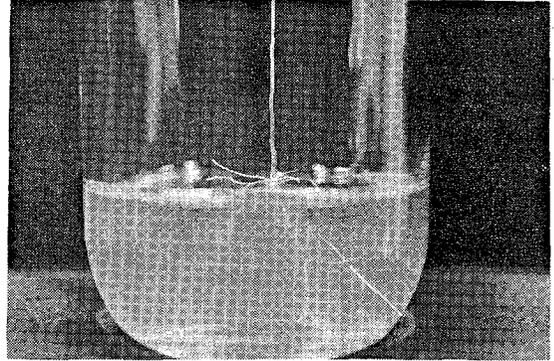
第2表 3葉展開期における各生態型の気根の形成数

	1988 8. 20 測定											
	対照区			半湛水区			湛水区			通気区		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
aus	5	0	0	5	0	0	5	0	0	5	0	0
aman	7	0	0	7	0	0	7	0	0	7	0	0
boro	5	0	0	5	0	0	5	0	0	5	0	0
bulu	1	7	0	1	7	0	0	4	4	1	6	1
tjereh	7	0	0	7	0	0	7	0	0	7	0	0
日本水稲	19	0	0	19	0	0	18	3	0	19	0	0
日本陸稲	5	0	0	5	0	0	4	1	0	5	0	0

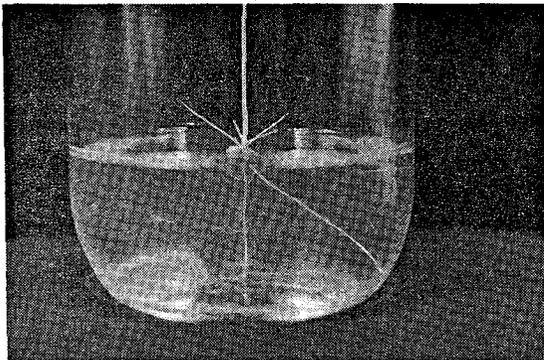
a; 気根形成なし b; 1個体あたりの気根形成数が0.2から2本の品種数
c; 1個体あたりの気根形成数が2.2から4本の品種数



関山 (日本水稲)



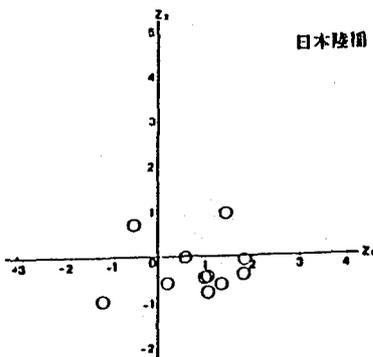
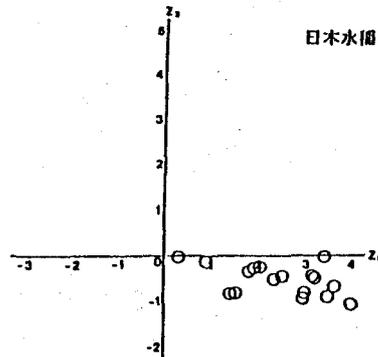
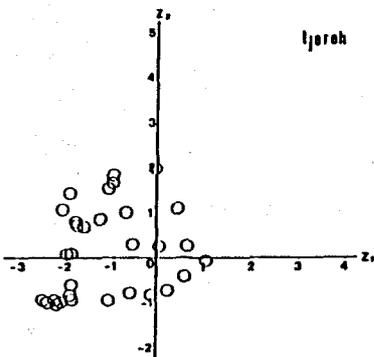
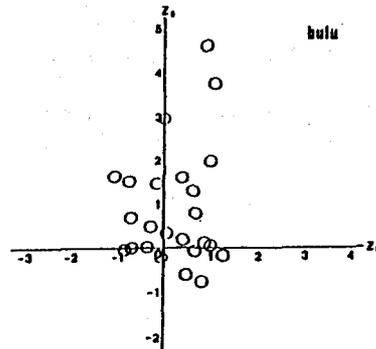
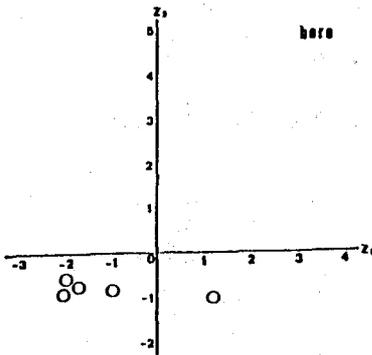
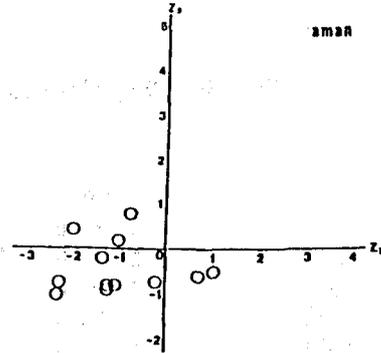
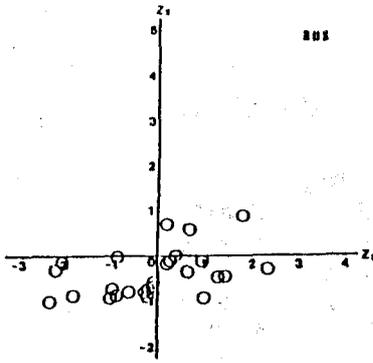
Tepa 1 (boro)



Gemdjah Beton (bulu)

写真1 根の伸長方向

ガラスビンに0.2%の寒天200 mlを入れ、寒天の上に催芽種子を固床した。その後、ガラスビンは28°Cの暗条件下に置き、5日後種子根および最初に出た冠根4本について伸長方向を調べた。



第2図 各生態型の根の伸長方向

各品種について

- 90° から -60° の方向に伸長した根の割合・・・①
- 60° から -20° の方向に伸長した根の割合・・・②
- 20° から 20° の方向に伸長した根の割合・・・③
- 20° から 60° の方向に伸長した根の割合・・・④
- 60° から 90° の方向に伸長した根の割合・・・⑤

としたとき

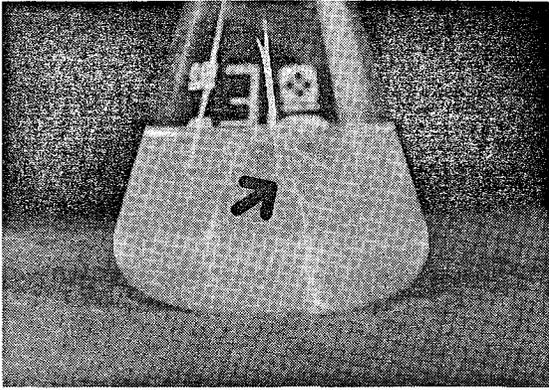
$$Z1 = 0.039 \times ① - 0.1237 \times ② - 0.6236 \times ③ + 0.5936 \times ④ + 0.4921 \times ⑤$$

であり、

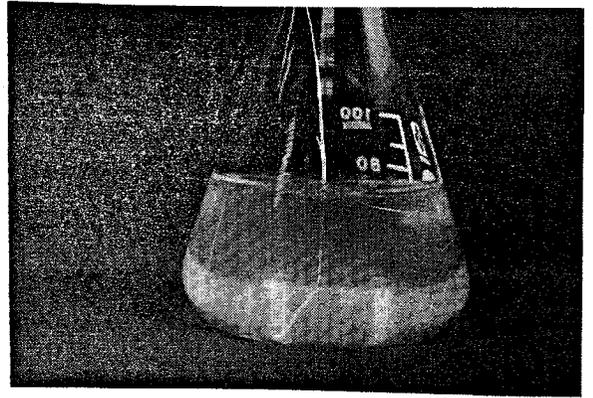
$$Z2 = 0.664 \times ① + 0.6631 \times ② - 0.259 \times ③ + 0.061 \times ④ - 0.2217 \times ⑤$$

である。

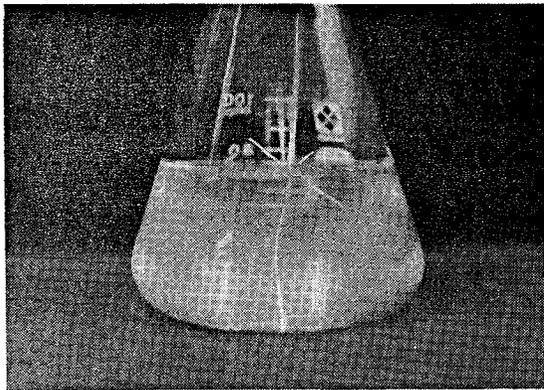
すなわち、Z1が大きい品種の場合冠根が下方(<20°)に伸長し、Z1が小さい品種の場合冠根が横方向(-20° < <20°)に伸長する傾向がある。また、Z2が大きい品種は冠根の一部が上方(-20° <)に伸長する傾向がある。



元禄 (日本水稻)



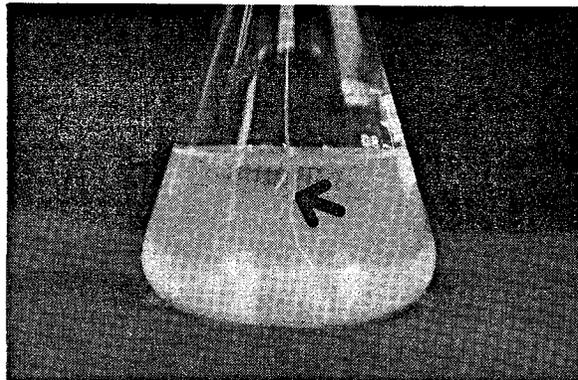
Daudin (aman)



Brondol Putih (bulu)

写真2 暗黒下における冠根の重力感受性

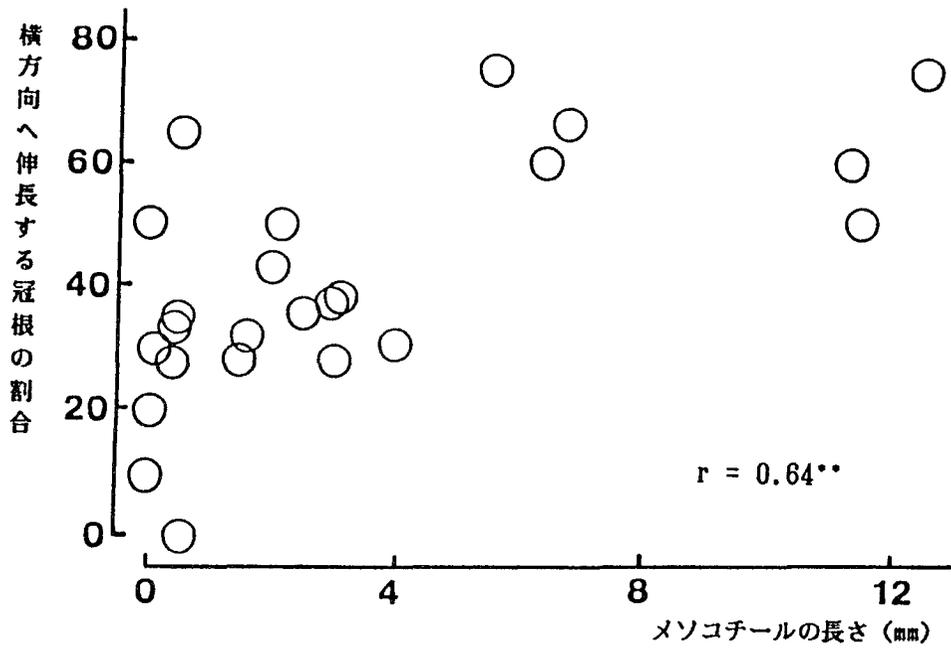
播種後、最初に出た冠根の長さが1 cm前後の時期に三角フラスコを約45°傾けた。
矢印は冠根の屈曲点を示す。



Daudin (aman)

写真3 光をあてた場合の冠根の重力感受性

まず、明条件下において培養し、最初に出た冠根の長さが1 cm前後の折り、暗条件に移し三角フラスコを約45°傾けた。
矢印は冠根の屈曲点を示す。



第3図 メソコチールの長さと同方向へ伸長する冠根の割合の相関図

審査結果の要旨

栽培イネにはこれまで多くの研究者により、性的親和性、形態的差異、生理的性質などにより分類された生態種としてジャポニカ、インディカ、ジャバニカなどがある。一方、栽培地域や作季などにより古くから農民により区別されてきた品種群（インドのアウス、アマン、ボロヤインドネシアのブル、チレー）があり、これは生態型にあたりと考えられている。この生態種と生態型がどのように対応しているかについては今までほとんど検討されていない。本研究は、この栽培イネの生態種と生態型がどのように対応しているかについて、岡や松尾が生態種の分類に用いた方法である塩素酸カリ抵抗性、フェノール反応、稈毛長、籾の形状を用いて研究し、主成分分析によりその位置関係を明らかにした。

ついで従来は注目されていなかった地下部形質の生態型間の差異について、特に根の伸長方向について研究した。異なる生態型の中でインドネシアの生態型のブルは生育初期に気根を形成することを明らかにした。さらに異なる生態型における種子根と冠根の伸長方向について検討し、各生態型に属する品種の根の伸長方向の特徴を明らかにした。

つぎに冠根の伸長方向の遺伝についてしらべ、下方向へ伸長する冠根は2個の劣性遺伝子により支配されていることを示唆した。

さらに冠根の動力反応について検討し、冠根が下方向に伸長した品種（主として日本水稲および陸稲）は重力感受性があり、冠根が横方向に伸長する品種では（主にチレー、ブルー）、重力感受性が少ないことを明らかにした。しかし光をあてると全ての品種の冠根は下方向へ伸長することを明らかにした。またメソコチルの伸長する品種では冠根が横方向に伸長する傾向があることが判明した。

以上のように本論文は、栽培イネにおける生態種と生態型がどのように対応しているかを明らかにしたものであり、イネの系統発生、生態分化の解明に貢献の大きなものである。また異なった生態型における根の伸長方向の有する意義の解明に端緒を与えたもので、イネ品種の環境適応の解明に資する所大である。よって著者に農学博士の学位を授与するに値すると判断した。