

氏 名 (本籍)	キム 金	ジョン 鐘	マン 萬
学位の種類	農	学	博 士
学位記番号	農 博 第	2 4 7	号
学位授与年月日	昭和 5 5 年 3 月 2 5 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	水稻個体群における環境と個葉の生産 ・消費活動との関係		
論文審査委員 (主 査)	教授 佐藤 庚 教授 角田重三郎 教授 堀 裕		

論文内容要旨

圃場における環境条件は絶えず動いているし、作物とは作用・反作用の相互関係をもちながら作物の生産・消費などの生活様式を規制する。本研究は、圃場条件下における水稻個葉の光合成、呼吸速度の日変化および、それらと日照、気温、CO²濃度との関係を生育時期別に調査し、また、栽植密度と施肥量を異にした圃場において、葉位別、生育時期別に個葉の光合成、呼吸作用および葉身内の化学成分の変化と、ポット植えの個体を対象として温度および遮光の影響を明らかにし、生活環境と水稻個葉の生産・消費活動との関係をより深く調べることによって、個体群の生活を理解するための基礎資料を得ようとしたものである。

1. 圃場における気象環境と個葉の光合成、暗呼吸速度との関係

個体群内のCO²濃度の分布は、夜間に激しい変化を示した場合が多く、昼間は上層にくらべて中、下層で最大25ppm程度低かった。気温の日較差は生育時期別の変化は大きかったが、光合成が盛に行われる時間帯(8時~17時)の気温の時刻による変化は2~5℃で小さかった。暗呼吸速度は夜温と密接な関係があった。照度の変化に伴って光合成速度は各葉位とも変化した。下位葉ほど反応が鈍い傾向があった。

第1表 圃場条件における光合成、暗呼吸の時期別、葉位別比較
(mgCO²/dm²葉面積/日)

測定日	第1葉			第3葉			第4葉			第5葉		
	P*	R**	R/P***	P	R	R/P	P	R	R/P	P	R	R/P
7. 4 (曇天)	276 (100)	24 (100)	8.7	198 (72)	21 (88)	10.6	122 (44)	13 (54)	10.6			
7. 5 (晴天)	330 (100)	27 (100)	8.2	215 (65)	23 (85)	10.7	139 (42)	16 (59)	11.5			
7. 25 (晴天)	281 (100)	24 (100)	8.5	190 (68)	20 (83)	10.5	129 (46)	14 (58)	10.9			
7. 28 (曇天)	136 (100)	21 (100)	15.4	97 (71)	17 (80)	15.5	70 (51)	12 (57)	16.7			
8. 18 (曇天)	109 (100)	17 (100)	15.6	66 (61)	13 (76)	19.7	37 (34)	9 (53)	24.3	14 (13)	6 (35)	42.9
8. 25 (晴天)	242 (100)	22 (100)	9.1	167 (69)	17 (77)	10.7	90 (37)	12 (55)	13.3	22 (9)	8 (36)	36.4

*P : 見かけの光合成, **R : 暗呼吸, ***R/P : 暗呼吸/光合成 (%)
葉位は完全展開最上位葉から数えたもの。
()内の数字は第1葉に対する相対値 (%)

1日当り単位葉面積当りのみかけの総光合成量と夜間の呼吸量からみると、上位葉光合成量(100%)に対する中、下位葉の相対的光合成量はそれぞれほぼ60~70%, 35~50%で、曇天日は晴天日より多少高かった。中、下位葉の呼吸量の上位葉に対する相対値は、それぞれほぼ80~90%, 50~60%であった。光合成量に対する暗吸呼量の比率は、晴天日には10%前後であったが、曇天日には晴天日より高く、また下位葉ほど高かった。枯死直前の最下位葉の総呼吸量は曇天日でも総光合成量の40%程度であって、これらの下位葉も「寄生的存在」ではなかった(第1表)。

2. 葉位別個葉の光合成, 呼吸に及ぼす温度の影響

昼/夜温を30/25℃, 25/20℃, 17/12℃にして連続処理した場合, 最上位展開葉の第10葉では,

第2表 各温度処理区における光合成速度に対する呼吸速度の比率(%)

葉位* 処理区	経 過 日 数												平均	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
10葉A	10.5		10.6	10.1		10.2		10.4		10.3				10.4
B	9.3		8.9	9.2		9.7		9.3		9.0				9.2
C	8.1		8.2	8.0		7.5		7.9		8.4				8.0
D		10.4	10.2		10.2		10.2		10.3		10.3			10.3
E		9.2	9.9		9.5		9.6		9.6		9.1			9.5
F				10.2	9.9	9.0		9.9		9.4		10.0		9.7
G				10.3	10.3	10.2		10.1		9.5		10.1		10.1
9葉A	10.1		10.3	10.2		10.3		10.2		10.1				10.2
B	9.1		9.0	9.9		9.1		8.5		8.9				9.1
C	7.7		8.3	7.6		8.5		8.3		8.3				8.1
D		10.5	10.2		10.1		10.3		10.3		10.6			10.3
E		9.2	9.1		9.5		9.6		9.3		9.3			9.3
F				10.4	10.1	10.2		10.3		10.3		10.7		10.3
G				10.3	10.1	10.3		10.4		10.2		10.7		10.3
8葉A	11.0		11.3	10.9		11.5		11.6		11.5				11.3
B	10.6		10.7	10.5		10.1		10.0		10.3				10.4
C	7.9		8.6	7.8		8.5		9.3		10.3				8.7
D		11.1	11.3		11.2		10.8		11.2		11.5			11.2
E		10.3	10.2		10.7		10.8		10.3		10.7			10.5
F				12.3	11.2	11.7		11.3		11.4		12.6		11.8
G				11.5	11.4	11.2		11.4		12.8		13.1		11.9

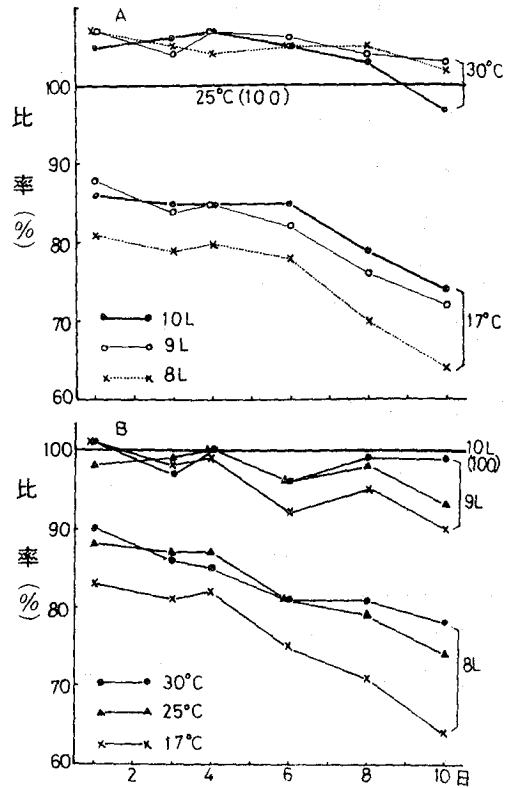
* A : 30/25℃連続区, B : 25/20℃連続区, C : 17/12℃連続区
 D, E : 17/12℃で 1日経過後それぞれ 30/25℃, 25/20℃に移した区
 F, G : " 3日 " "

光合成速度ははじめの6日間はほとんど変化がなく、それ以後減少した。各温度区とも下位葉ほど光合成速度が低く、かつ早くから減少した。25/20℃区的光合成速度を基準とする時、各葉位ともに、30/25℃における光合成速度の増加割合より17/12℃における減少割合の方が大きく、特に下位葉の第8葉は低温に対して敏感に反応して減少が著しかった(第1図)。17/12℃の低温で1日、または3日間経過後、30/25℃、または25/20℃に移した場合の光合成速度の回復は、低温遭遇期間が短いほど、また25/20℃よりは30/25℃の方が早かった。葉位別には古い葉ほど回復が遅く、低温の後作用を強く受けた(第2図)。

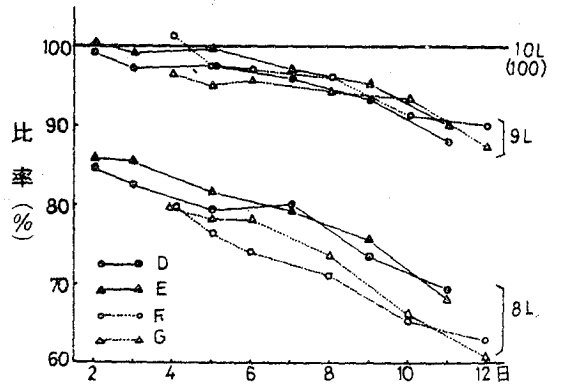
暗呼吸速度は高温ほど大きかったが、時日の経過に伴う変化は比較的小さく、温度の低下に対する呼吸速度の減少割合は光合成速度の減少割合より大きかった。第8葉の光合成速度に対する呼吸速度の比率は、第9、10葉より多少高かった(第2表)。

3. 葉位別個葉の光合成、呼吸に及ぼす遮光の影響

遮光区(遮光率約95%)の光合成速度は各葉位とも無処理区の20%前後で、時日の経過に伴って減少し、その程度は下位葉より中、上位葉の方が多少大きかった(第3図)。1ない



第1図 各葉位における25/20℃処理区的光合成速度に対する30/25℃、17/12℃区のその比率(A)、および各温度区における10葉の光合成速度に対する9、8葉のその比率(B)の経時的変化



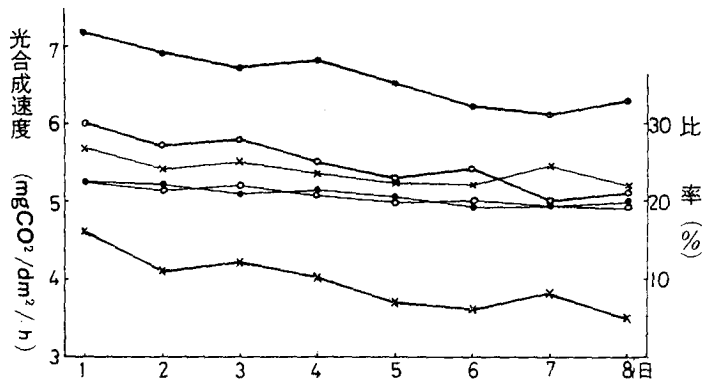
第2図 低温経過日数の異なる場合の各温度処理区における10葉の光合成速度に対する9、8葉のその比率(%)の経時的変化
D, E, F, G: 第2表参照

し2日間遮光後全光へ戻した場合の光合成速度には、どの葉位でも遮光の後作用はみられなかったが、3日間、または5日間遮光後全光にもどした場合には、光合成速度は全光下のそれに回復するのに時間がかかり、遮光の後作用は下位葉ほど強く受けた(第4図)。遮光によって呼吸速度は減少したが、全般に光合成速度の変化と呼吸速度の変化はパラレルであった。光合成速度に対する呼吸速度の比率は、全光下では8~12%で下位葉ほど大きく、遮蔽下では上、中位葉は26~33%、下位葉は36~40%に達した(第3表)が、光合成と呼吸の相互関係からみる限り、下位葉といえども寄生的生活を営んではいないと考えられた。

第3表 遮光処理が光合成速度に対する呼吸速度の比率(%)に及ぼす影響

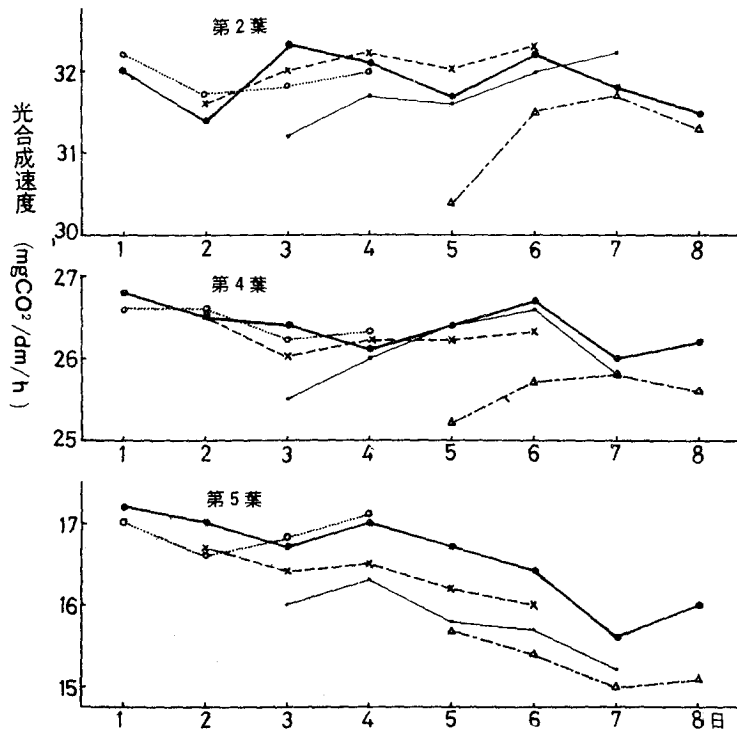
葉位および 処理*	経 過 日 数								平均
	1	2	3	4	5	6	7	8	
第2葉									
A	9.7	8.9	9.3	9.3	9.5	9.6	8.8	8.9	8.2
B	29.2	29.0	26.9	26.5	30.8	30.6	26.2	27.0	28.3
C	9.3	9.5	10.1	9.4					9.6
D		9.8	9.4	9.3	10.0	9.9			9.7
E			9.6	9.8	10.1	10.0	9.6		9.8
F					10.2	9.5	9.5	9.9	9.8
第4葉									
A	10.1	10.6	10.2	11.1	9.8	10.9	10.4	9.5	10.3
B	33.3	29.8	29.3	32.7	30.2	25.9	30.0	29.4	30.1
C	10.9	11.3	9.9	10.3					10.6
D		10.6	10.8	10.3	9.5	9.9			10.2
E			9.8	10.8	10.2	9.4	9.3		9.9
F					10.3	9.7	8.9	9.0	9.5
第5葉									
A	11.6	10.6	12.6	11.5	13.2	12.8	11.5	11.3	11.9
B	39.1	36.6	38.1	40.0	37.8	36.1	36.8	37.1	37.7
C	10.0	11.4	11.0	10.5					10.7
D		10.8	10.4	10.9	11.1	10.6			10.8
E			11.7	12.3	10.8	10.8	10.5		11.2
F					11.5	11.0	11.8	10.4	11.2

*A:全光区, B:連続遮光区, C, D, E, F:それぞれ1, 2, 3, 5日遮光後全光に移した区。葉位は完全展開最上位葉から数えたもの。



第3図 連続遮光区の葉位別光合成速度の変化およびそれぞれの葉の全光下の光合成速度に対する比率(%)

●第2葉, ○第4葉, ×第5葉, —光合成速度, -比率.

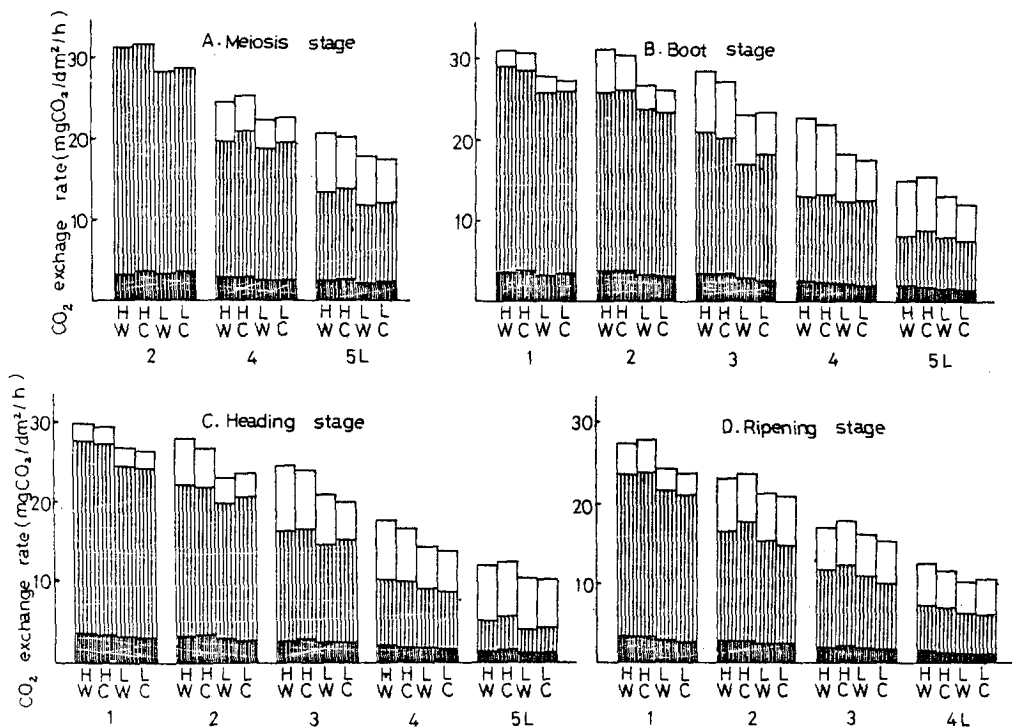


第4図 0～5日遮光後全光に移した場合の葉位別光合成速度の経時的変化

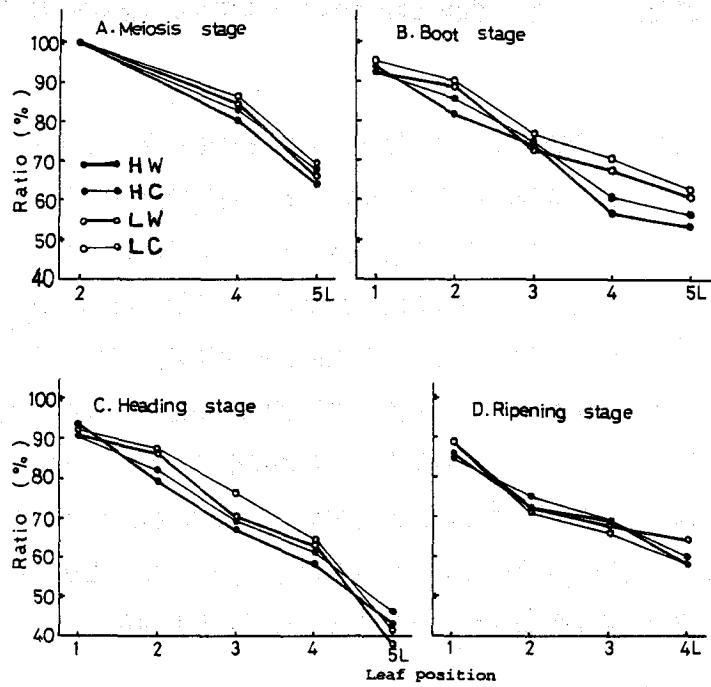
●無処理区, ○, ×, △:それぞれ1, 2, 3, 5日遮光後全光に移した区

4. 栽植密度と施肥量を異にする個体群内個葉の葉位別、時期別の光合成・呼吸の変化

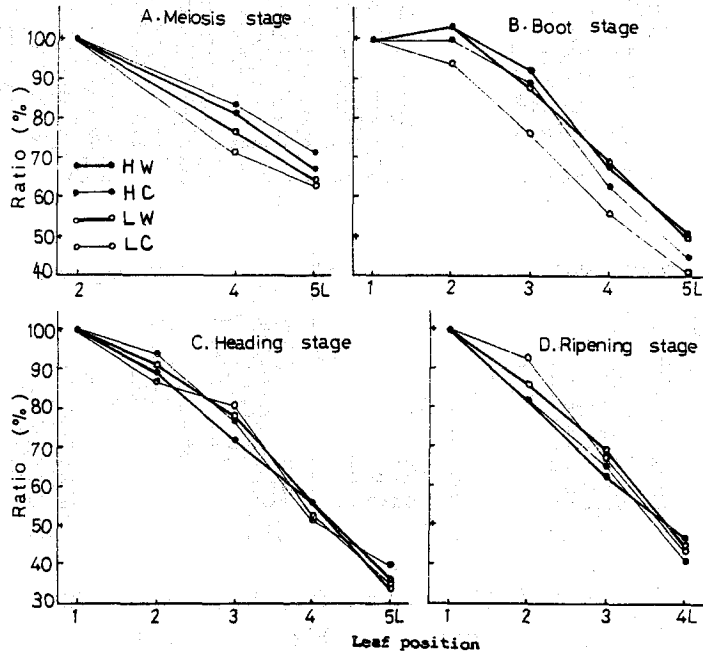
全光下における上位葉の光合成速度の最大値を、その葉の光合成最大能力と考え、それに対する下位の各葉の全光下の光合成速度の比率をそれぞれの個葉の活力とみなして時期別、処理別、葉位別に比較した。また、個体群内の相互遮蔽などによる下位葉の光合成速度の減少を外部要因による影響とみて、立毛のままの個葉間の生産能力や役割の相対的差異をしらべた(第5図)。減数分裂期の場合、中、下位葉はそれぞれ上位葉の約80%、67%の活力をもち、相互遮蔽下で中、下位葉はそれぞれ全光下の光合成速度の約80%、65%であった。全期間にわたって少肥区より多肥区の方が高かったが、栽植密度による差は小さかった。一般に、全光下、遮蔽下ともに光合成速度は1葉位下がるごとに約20%減少した(第6図)。葉位別の暗呼吸速度も下位葉ほど低下し、ほぼ全光下の光合成速度に比例した(第7図)。最下位葉の暗呼吸速度はその葉の遮蔽下の光合成速度の約30%未満で、下位葉といえども寄生的存在ではなかった。



第5図 圃場における葉位別、時期別光合成、暗呼吸速度の変化
 H：多肥， L：少肥， W：疎植， C：密植
 □：全光下の光合成速度， ▨：相互遮蔽下の光合成速度
 ■：暗呼吸速度。葉位は止葉から数えたもの。



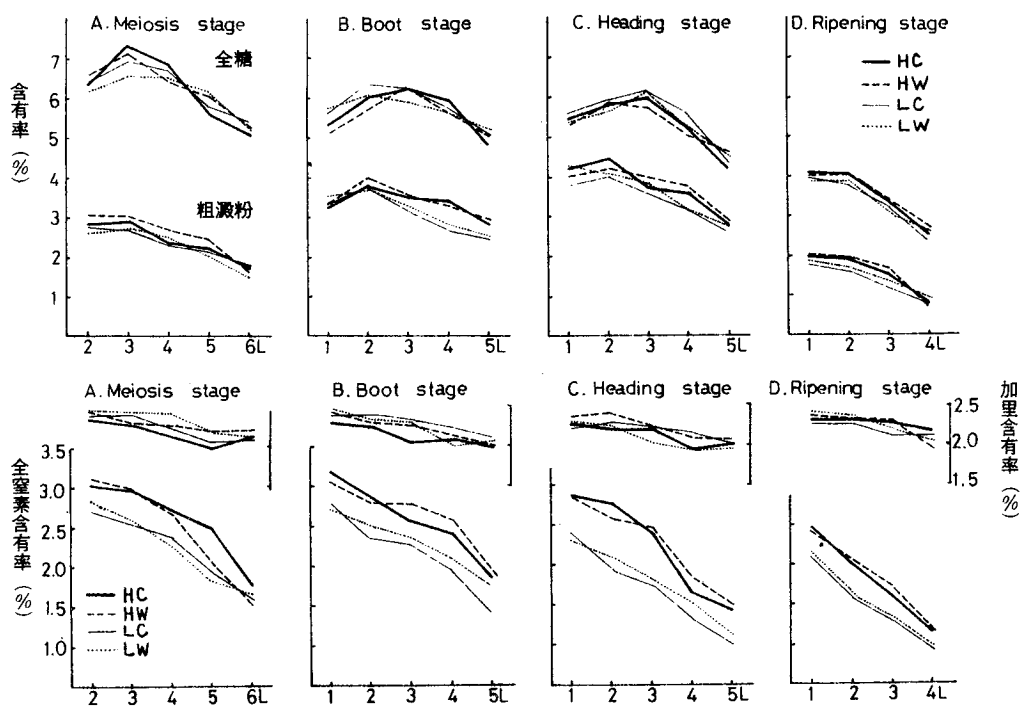
第6図 全光下の光合成速度に対する相互遮蔽下のそのの比率(%)
H, L, W, C: 第5図 参照



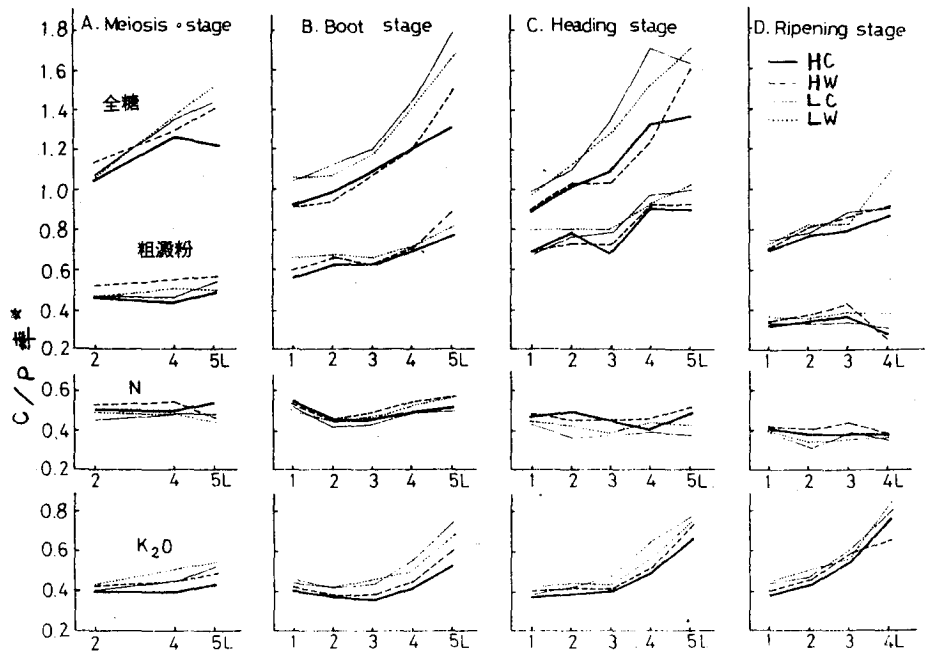
第7図 最上位葉の暗呼吸速度に対する各葉位葉のそのの比率(%)
H, L, W, C: 第5図参照

5. 栽植密度と施肥量を異にする個体群内個葉の二、三化学成分の葉位別、時期別変化

減数分裂期の葉位別全糖含有率は最高約7%から最低約5.0~5.5%で、登熟期まで生育がすすむにつれて減少した。粗澱粉含有率は出穂期までは増大し、登熟期には出穂期の約半分に減少した。窒素の含有率は上位葉ほど高く、多肥区は少肥区より著しく高かった。加里の含有率は実験全期間にわたって2.0~2.5%で時期別差異は少なく、葉位別には上位葉ほど僅かながら高かった(第8図)。炭水化物、窒素、加里ともに、減数分裂期を除外すると含有量は疎植区の方が密植区より高い傾向であった。光合成速度は窒素の含有量と平行的であったが、糖、澱粉、加里などとは直接的な関係はみられず、上位葉ほど光合成速度に対する各成分の含有量の比率が低い傾向をしめした(第9図)。



第8図 葉位別、生育時期別全糖、粗澱粉、全窒素、加里含有率の変化
H, L, W, C: 第5図参照



第9図 光合成速度に対する各成分の含有量の比率の変化

H, L, W, C : 第5図参照

$$*C/P \text{ 率} = \frac{\text{成分の含有量 (mg/dm}^2 \text{葉面積)}}{\text{見かけの光合成速度 (mgCO}_2\text{/dm}^2\text{/h)}}$$

審 査 結 果 の 要 旨

本研究は水田における環境と水稻個葉の生産・消費活動との関係を葉位別・経時的にガス代謝の面からしらべ、個体群の生産・消費活動をより深く理解する資料を得ようとしたものである。

普通の水田では大気のコ₂濃度、温度は光合成速度の制限因子とはなりにくく、光合成は主に日照に支配された。一方、夜間の呼吸はその時の気温と密接な関係を示した。

然し、東北にしばしば訪れる低温および曇・雨天時の光合成の減退は葉位によって異なり、下葉の古い葉ほど低温、低照度に対する抵抗力あるいは適応力が弱く、ガス代謝は著しく減退する。また、低温、低照度に遭遇後常温、高照度に戻る場合には、遭遇期間が長いほど、また下位葉ほどガス代謝の回復はおそく、または回復が見られない。夜間の呼吸速度も低温・低照度で減少し、光合成の減少とほぼ平行であった。一般に日中の光合成速度と夜間の呼吸速度は、生育ステージ、葉位を問わず平行であったが、 R/P 比 ($\frac{\text{呼吸量(夜)}}{\text{光合成量(昼)}}$) 比は下位葉ほど高い。光を殆ど受けなない最下位葉でも R/P 比はせいぜい 0.4% 前後であって、このような弱光下の下葉もいわゆる "parasitic" な生活を営むものではない。

生育期間の全期、多肥区の各葉の光合成速度は少肥区より大きいが栽植密度による光合成速度の変動は小さい。葉身の窒素含量と光合成速度は全生育期間どの葉位でもほぼ平行に変動したが、K、全糖、デンプン含量と光合成速度は平行でなく、これらの蓄積は下位葉ほど相対的に多い。

群落内各葉の全光下あるいは相互遮蔽下の光合成速度はともに葉位が下るにつれて直線的に減少した。夜間の呼吸速度も下位葉ほど減少したが呼吸速度/光合成速度比は下位葉ほど高かった。

以上の結果は、水稻個体群の生産・消費を考える上でいくつかの基礎的新知見を加えたものであり、農学博士の学位に十分値する業績であると考えられる。