

水稻とヒエの人工群落における生態学的研究 (第1報)

窒素施用量, およびヒエの発生時期と密度が水稻に与える影響

奥 村 俊 勝*

Ecological studies on the plant community of rice plant and barnyardgrass (1)

Effect of planting time, spacing of barnyardgrass and
amount of nitrogen application on rice plant

Tosikatu OKUMURA

Synopsis

The yield and growth of rice plant in the competition with barnyardgrass were studied under conditions which were changed with amount of nitrogen application and planting time, spacing of barnyardgrass.

The results are summarized as follows :

1. Effect of the competition on the growth of rice plant is little until the middle stage of growing season. But, it is large after the middle stage of growing season. The number of tiller is affected remarkably by competition than plant height.
2. When barnyardgrass spacing is thin in the botanical composition, an injurious effect on the hulled rice yield was reduced by increasing of nitrogen application. When it is thick, however, this tendency is reverse.
3. Planting time of barnyardgrass is greater for effect of competition on the rice plant than its standing number.
4. In the competition, the decreasing of LAI, dry weight of the top, and productive structure were found.

緒 言

雑草除去の方法として化学的防除, 物理的防除, 生物的 (生態的) 防除が考えられるが, とくにその中で近年, 化学的防除が主要な方法として実際に数多く利用されている。しかし, いかなる防除法であっても, 作物と雑草との競合関係において, 作物がより競争に有利となるように防除を行なうのは, 作物栽培が群体として行なわれる普通農作物の場合, その本質においては変りはない。したがって, 雑草防除は作物栽培上では消極的な栽培技術であり, その成果に対する評価は経済的

* 農学科作物学研究室 (Crop Science Laboratory, Department of Agriculture)

な面からはほとんどなされていない。

荒井ら¹⁾は、耕地の雑草害は農業生産上、雑草発生による作物の生育、収量の被害が直接的でかつ最大であり、被害の原因は数多くあるが、光、水分、温度、養分等の作物個体外の要因に対する植物間の競合関係の結果による収量減少が最大であるとし、笠原²⁾によって、雑草と作物が同時に一定面積内に共存しても雑草害の生じない点、限界雑草量の概念が考えられた。作物収量が雑草により被害を受けない雑草量は零でないので、農業生産での限界雑草量以下の除草は経済的な不利益と推測され、さらに限界量がある条件下で決定されるものならば、条件の変化に伴う限界量の変化も考えられる。しかし、競合状態下における植物体の外部環境に対する反応は複雑で、とくに栽培対象物が種実作物の場合は、生育過程の量と成熟過程の量的諸形質との関係は直接的でなく、競合を統一して把握することを難かしくしている。

水稲とノビエの競合については数多く報告されているが、その競合が生ずる過程の生態についてはあまり報告されていない。そこで本研究は競合要因の解析を容易にするために一応地下部のみに限定し、人為的にイネとヒエの群体を作り上げてその影響下で生じた現象を水稲体を通じてとらまえることにした。

実験1は、水稲とヒエの競合状態を生態的にとらえ、雑草害を他の要因（本実験では窒素施用量の増加）でおぎなえる可能性の存否についての基礎的知識を得るために行ない、実験2では、ヒエの発生時期と密度を変化させ、実際栽培に則した限界雑草量と生態的雑草防除の可能性を追求した。これらの実験により若干の基礎的知見を得たので報告する。

実験材料および方法

実験1：窒素施用量と水稲の生育および収量との関係

水稲は新山吹、ヒエはタイヌビエ (*Echinochloa crusgalli*) を供試し、処理として「Table 1」に示す施用窒素量4区、雑草比の変化処理として「Table 2」のように3区、それらを組合せて合計12処理区を設定した。人工群落体を作るため60×60×30cmのコンクリート框ポットに水稲を3条播種し、同時に水稲のまき溝側方5cmに平行してヒエを播種した。水稲が第4葉期になった

Table 1. Design of nitrogen dressing. Amount of phosphorus (P₂O₅) and potassium (K₂O): 8 Kg/10a each as basal dressing

Treatment	Basal dressing	Topdressing at seedling stage	Topdressing at panicle formation stage	Total amounts
	N kg/10a	N kg/10a	N kg/10a	N kg/10a
A	0.00	0.00	0.00	0.00
B	1.25	2.50	1.25	5.00
C	2.50	5.00	2.50	10.00
D	5.00	10.00	5.00	20.00

とき一条当り 20 本に間引きし、その本数を基準にして「Table 2」に示す所定の実験区を作り上げ、その他は慣行法によった。調査は水稲の生育、収量について行ない、群落体全部の地上部乾物重も測定して収量一定の法則の検討に用いた。

実験 2：ヒエの移植時期と密度が水稲にあたる影響

材料は実験 1 と同様としたが、実際の農業生産に則するため 800 m² の水田を用い、一試験区を 25 m² とし 2 回反覆で行なった。水稲の栽植密度は 3.3 m² 当り 50 本とし、ヒエは水稲の栽植密度を基準として所定の本数を移植した。移植したヒエは水稲の大きさと同程度のものを 1 本植としたが、晩期に移植した区では水稲体に比べ非常に小さな個体となっている。実験に用いない周辺部は水稲のみを慣行法で栽培した。試験区は「Table 3」のように設定して合計 7 処理区とした。施肥量は全区とも N, P, K (成分) おおの 8 kg/10a に一定した。その他は慣行法により管理し、実験 1 と同様な調査をした。なお、生育途中の水稲体の生産構造、LAI、地上部乾物重などで生態的特性について若干の検討を加えた。

Table 2. Design of plant community. Weed is barnyardgrass (*Echinochloa crusgalli*)

Treatment	Botanical composition
a	Rice plant 5 : Weed 1
b	1 : 1
c	1 : 5

Table 3. Design of treatments

Treatment	Transplanting time of barnyardgrass
T ₁	The same time as rice plant transplanting (6/21)
T ₂	The tillering time of rice plant (7/20)
C	Control (rice plant only)

Treatment	Botanical composition
1/1	Rice plant 1 : Barnyardgrass 1
1/4	4 : 1
1/16	16 : 1

実験結果と考察

実験 1：窒素施用量と水稲の生育および収量との関係

生育初期には窒素施用量および雑草比の差による変化はほとんど認められなかったが、生育中期ごろから窒素施用量が多くなるほど草丈が高く葉も濃緑色を呈して来た。病虫害や倒伏などは生じなかったが、雑草比が大でかつ窒素量が多い区ほど外形的に徒長ぎみとなった。雑草比 a 区の窒素量変化に伴う草丈の推移と (Fig. 1)、窒素量 B 区での雑草比変化に伴う草丈の推移 (Fig. 2) との両区の傾向は、雑草比、窒素施用量の多少にかかわらず同様である。すなわち、生育初期の区間差は小さく、生育の進行と相まって差が生じるが、その変動巾は雑草比よりも窒素施用量の影響

を強く現わす。雑草比の多少は地下部で吸収される窒素絶対量の変化をもたらすことを考慮すれば、窒素施用量により差が大きく生じたことは、野田ら³⁾が指摘するように何らかの促進効果が群体内で働いたものか、山田ら⁴⁾のいう高等植物における草丈は伸長的性格を持ち競争によるひずみは小さい、ということによるかは明らかでない。しかし、草丈に関するかぎりでは窒素施用量を増加することにより競争害は少なくなると云いうる。

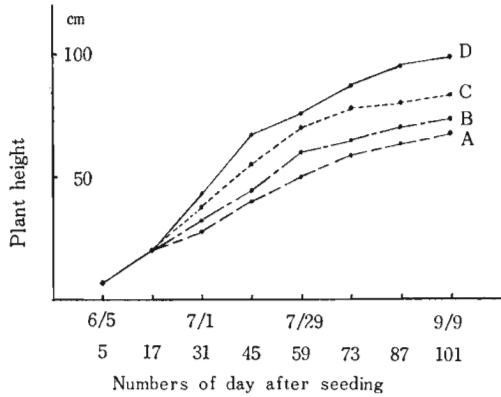


Fig. 1 Effect of weeds ("a" treatment) on plant height of rice plant

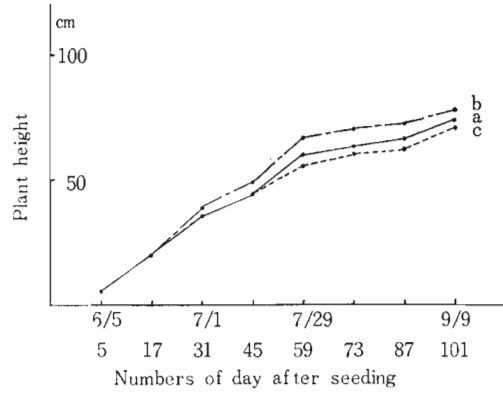


Fig. 2. Effect of weeds ("B" treatment) on plant height of rice plant

主稈葉数は草丈と同様な傾向を見せた (Table 4) ことは、主稈葉数も競争によるひずみをうけにくい性格であると推測される。

有効分げつ数は雑草が増加するにつれて減少し、とくに多雑草区では生育初期にはわずかの分げつ増加が見られたが、収量を決定すべき後期になると、いかなる窒素量においても有効分げつは消滅し主稈のみになってしまう (Table 5)。このことが収量決定に大きく関与してくるものと見られ、収量確保のためには茎数の維持に重点を置き、競合度合を示す外形的指標として茎数を第一義的に取扱う必要がある。

Table 4. Effect of weeds on leaf number on the main stem of rice plant

Treatment	A	B	C	D
a	12.00	12.00	12.17	12.88
b	11.75	12.00	12.25	12.42
c	11.00	11.75	12.00	12.00

Table 5. Effect of weeds on productive tiller number of riae plant

Treatment	A	B	C	D
a	1.68	1.75	1.75	2.75
b	1.00	1.17	1.17	1.68
c	1.00	1.00	1.00	1.00

玄米収量については窒素施用量と雑草比との関係は複雑であるが、雑草量が増加するほど窒素量に関係なく減収し $P=0.001^{**}$ の有意性を持つ (Table 6)。この関係を図示して見ると (Fig. 3), 雑草比が少ない場合は窒素施用量と玄米収量とは比例関係にあるが、雑草が多くなれば窒素が増加するにつれて収量は減少する。増収より減収に移る窒素絶対量は雑草比と逆の関係にある。このことより雑草が少ない場合は BLACKMAN⁵⁾ が大麦と雑草から得た雑草害を窒素でおぎなえるとい

う仮説を裏付ける。雑草が多い場合は BLEASDALE⁶⁾ がニンジンと雑草との関係から指摘するように種間競争は単なる土壤肥沃度だけが関係するのではなく、より複雑な状況を呈することになり、とくにノビエ、タマガヤツリなどは著しく競争害が大きいことを考え合わせれば、ヒエと水稲との群落構造体内での相互作用は大きく変動することが推測され、競争の出発点から終点への過程で、窒素を優先的に吸収した方が、それを利用して生育体を増加させ、窒素以外の外部要因の優先的利用にも都合のよい状態を作り上げるものと思われ、それらの相互作用で相乗的な効果が発見されてくるのであろう。

一般に、競合状態におかれた植物はその競争の影響を受けやすい部分とうけにくい部分にわかれるが、本実験においても草丈、葉数などはうけにくい性質として示され、茎数、玄米収量などはうけやすい性質となっており、水稲を生育機能部分と生殖機能部分とに単純に大別すれば、生殖機能

部分の方がより競争による影響が現われやすいとみなされる。植物群落体における一定面積当りの乾物総生産量はその構成植物体の如何によらずそれほど変化しないといわれるが、本実験での水稲とヒエの地上乾物重についてみると、その傾向が見られ、窒素施用量がある範囲以内であるならば、乾物重がそれに比例して増加しており雑草比による差異は一定の傾向を持たない。すなわち、ヒエによる水稲の生育量減少をヒエがおきなかったものと考えても良く雑草が少なければ窒素施用量を増すことが栽培作物の生育を良好にすることを示している (Table 7)。

以上のことから、窒素を吸収すべき地下部を競合状態においたとき初期生育期間中は競合要因の多少に拘らず水稲、ヒエともに順調な生育を行ない、この期間中はほとんど競争が生じない。しかし、窒素が栽培植物の生育に必要な量以下になると競争が生じてその外形的なひずみは茎数に強く現われて来る。とくにヒエが多い場合は水稲の生育に必要な窒素をヒエが優先して吸収し、光、温

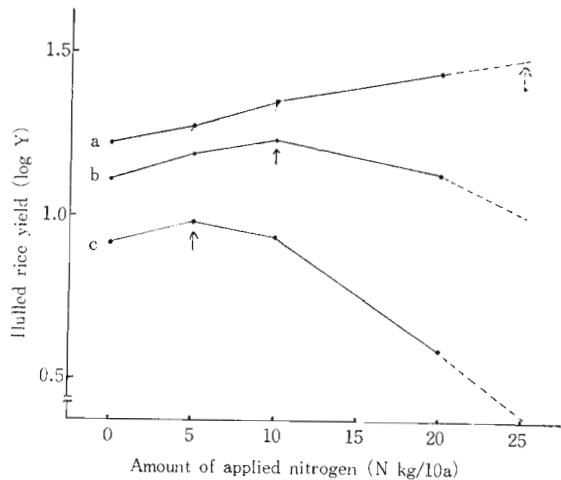


Fig. 3. Variation of hulled rice yield derived from the amount of applied nitrogen (Diagraming of Table 6)

Table 6. Effect of weeds on hulled rice yield (per 1/3 pot)

Treatment	A	B	C	D
a	17.1 g	19.2	20.5	26.9
b	13.3	16.5	17.0	14.2
c	8.0	9.9	9.4	3.8

Table 7. Total dry weight of the top of rice plant and barnyardgrass (per 1/3 pot)

Treatment	A	B	C	D
a	109.8 g	106.5	145.2	212.4
b	80.9	114.1	163.3	191.3
c	65.9	102.0	141.5	193.1

度、CO₂などの要因に対する競争力の強い姿勢を早く作り上げるため、水稻の生育は窒素吸収に対する競争力の減少とあいまって他の要因に対しても弱くなり、その結果、窒素施用量が多いほど、より生育が悪くなる。それが直接に収量の減収になって現われる。しかし、ヒエが少ない場合は窒素量増加による収量確保の可能性は存在し、一般の栽培において笠原が指摘した2%以内の雑草比ならば収量に影響がないという報告の傾向と同様で、少雑草で窒素を多く与えることで水稻収量の確保はある程度出来るものと思われる。

実験2：ヒエの移植時期と密度が水稻にあたる影響

草丈にあたる影響は実験1と同様に区間差は著しくないが、茎数では密度が高くなるほど減少割合が大きい。とくに同時移植でかつ高密度になると著しい減少を示し、競合がはげしくなる7月中旬頃からとくにこの傾向が目立ってくる (Fig. 4)。晩期移植ではそれほどの減少は見せないが、これはヒエを移植した時期には水稻体が十分に生育し、分けつもこの時期までにある程度確保されているためである。野田ら⁷⁾が指摘するように、茎数の減少が収量と直接的に関係することから、茎数の確保がある程度出来上がった状態で発生してくるヒエはそれほど水稻に影響を与えず、収量の減少も少ないことがうかがえる。

競争状態が最高度に達し、かつ水稻の収量に直接的に影響を及ぼすと思われる出穂前の1m²当り水稻地上乾物重はヒエの密度が密になるほど減少し、その傾向は同時移植の場合に著しく、しかも茎葉ともに大きく減少する (Fig. 5)。乾物量が減少する区ほど茎重と葉重との差が少なくなることは、競合がはげしいにもかかわらず草丈

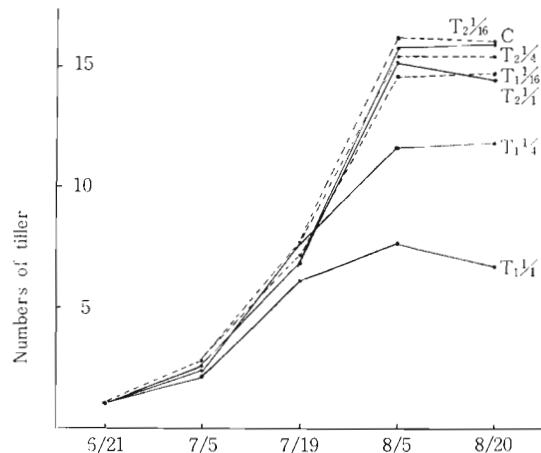


Fig. 4. Effect of weeds on number of tillers of rice plant

に大きな変化が見られなかったことと考え合せると、競合がはげしくなれば葉は著しく徒長し、しかもその葉の内容が極端に悪くなるものと見られる。密度が疎な区は対照区とほとんど同様な姿を取るが、密度が高くなると、ある程度の被害が見受けられる。

競合は移植時の水稻とヒエとの相対的な関係や、それ以後の生育中の種々の要因が関与して生ずるが、第一に関与するものはヒエの発生密度で、発生時期が水稻よりも遅くても高密度となれば競争に打勝つ方向に向かい、とくにヒエの場合は水稻よりも生活力が強いことから、この傾向は顕著に生じてくる。乾物重測定時の水稻のLAIを見ても乾物重と同様な傾向を見せ (Fig. 6)、このことは競争による徒長で葉の面積はある程度確保することが推測される。

群体内の植物体の光合成活動は群体内に透過する光量や質、CO₂、温度などの植物体外の環境と

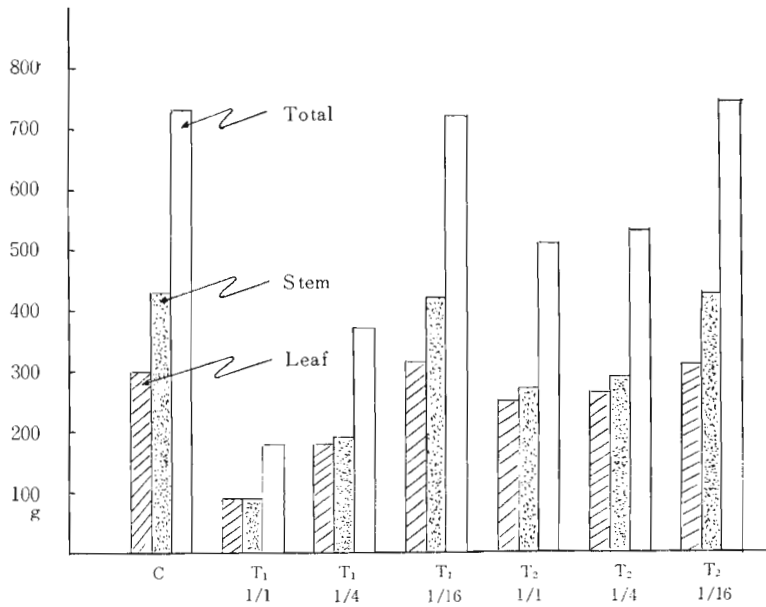


Fig. 5. Dry weight of the top of rice plants per 1 m² (booting stage)

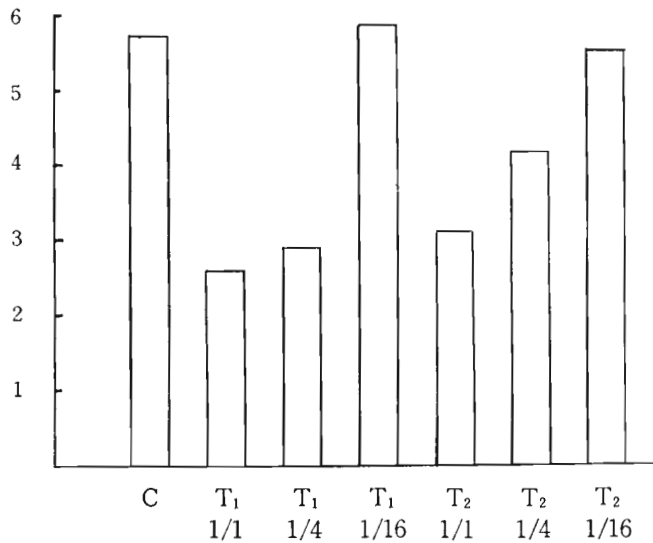


Fig. 6. Leaf area index of rice plant (booting stage)

それらの影響を受けて作り上げられた植物体の大きさや姿などの関係において決定されるが、同じ葉面積を持つ葉であってもそれが着生する部位やその葉の内容物などで生産活動に關与する割合は変化させられる。

著者は水稲体各部に含まれる窒素量やデンプン量などの単なる生理的な量のみでなく、その上にさらに生態的に關与する要因と体内成分との関係を、ある種の質的なものとして考えている。このことから競争害というものは単純な量的なものだけに生ずるのでなく、今回の実験では追究してい

ないが、なんらかの質的なものまでおよんでくることが推測され、この面での解析が今後の課題として残される。今回の実験では量的なものとして生産構造を取り出したが、図の左方点影部分は生葉を各部位別に取り出しそれを乾重で示し、右側は葉以外の地上部分の乾重を示すが、広葉植物では葉のみを同化部と考えてよいが、イネ科植物では前述したように着生する部位により同じ葉部分でもその働きは複雑で一概に葉のみを同化部とすることは危険がある。しかし、群体の生産力を分析する場合、詳細な生理的な追求方法には限度があるので、イネの実体をできるだけありのままにとらえ、かつ単純化して同化部すなわち葉身部とその支持機能を主体とする非同化部とに分けてそれらの縦方向の様態で同化部の生産能力を判定した (Fig. 7)。生産構造は地上部乾重と同様な傾向を取るが、同時移植で高密度になるにつれて生産力が高い部位の葉の減少が著しくなり、下部葉ではそれほど区間差はない。しかも群体内への光の透過量垂直分布もそれほど大きな差を見せないことから、強い競争状態におかれた水稲体は徒長的な生育をし、生産力のある葉は全葉面積のごくかぎられた葉位部分しか存在できない姿となる。密度が疎な区は対照区と同様な姿となり非同化部分も変化しない。すなわち、競争の生産構造への現われ方として量的な変化として顕著に出現す

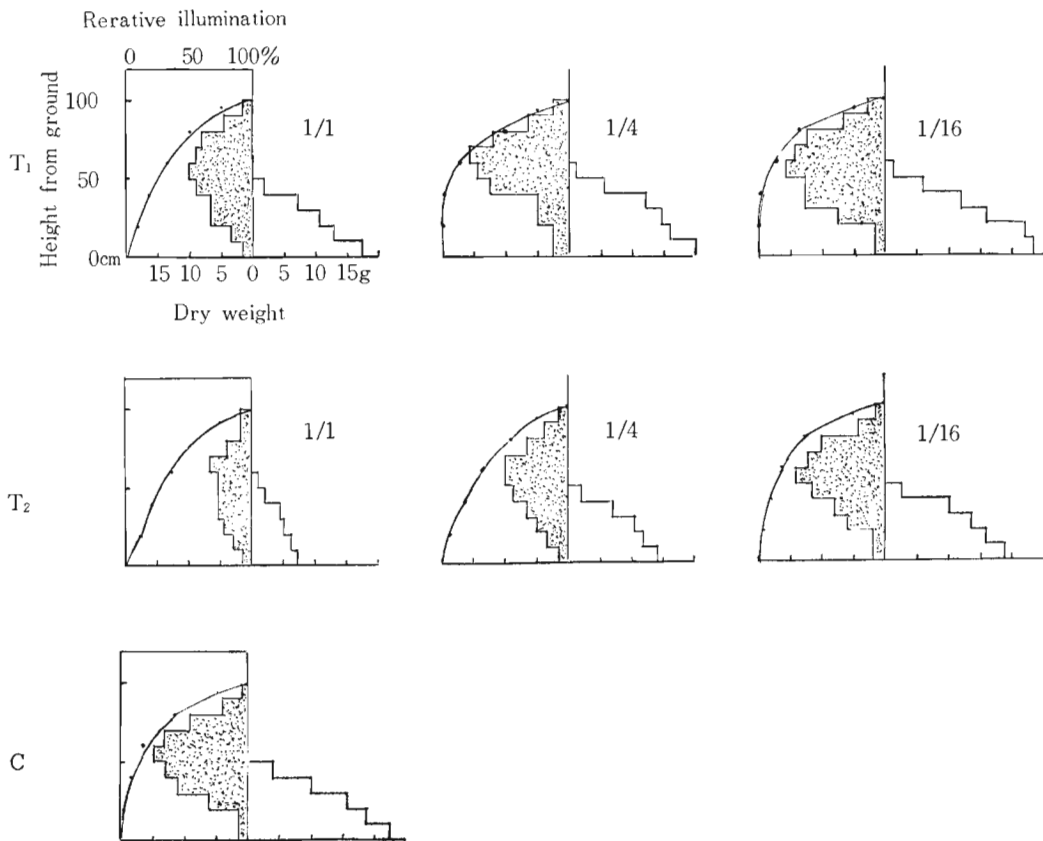


Fig. 7. Productive structure of rice plant at booting stage (pre 0.25 m)
The dotted part show assimilatory producer.

る。

Table 8. Yield and its components

水稲の収量および収量構成要素の一部について見れば (Table 8), 高密度で同時移植は極端な減収となる。しかし、それ以外ではそれほど減収とならず、とくに、とくに晩期移植で低密度の場合は対照区と変わらない収量がある。収量に關与する構成要素は一株平均穂数、一穂平均

Treatment		Hulled rice yield	Number of panicles per stub	Number of spikelets per panicle
C		471.2 kg/10a	16.3	134.7
T ₁	1/1	102.9	6.4	94.0
	1/4	374.8	11.8	132.0
	1/16	398.6	15.1	136.5
T ₂	1/1	374.2	11.9	117.6
	1/4	459.9	14.8	133.5
	1/16	465.3	16.1	125.6

穎花数、一穂平均稔実粒数、稔実歩合の順に相関があると云われているが、本実験においてもこのこととよく一致する。収量減の原因としては茎数の不足が第一であり、その上で穎花分化期頃には強い競争状態下となり体内養分が栄養体確保に使用され、さらに生産体制の弱化とあいまって不稔粒が多くなるものと推測される。

以上のことより、ヒエが水稲と同時に発生する場合は、生育初期段階でのヒエの除去は大きな意義を持つが、水稲の茎数が確保された時点で発生するヒエの除去は経済的な面から見てその意義は低い。また、ヒエの水稲への被害状態を考える場合、ヒエの発生本数のみを基準として考えることはかならずしも適当でなく、その発生時期の早晚、すなわち、ヒエの大きさを考慮した量を基準として水稲への影響を理解し、さらにその大きさの上に、ある種の質的な面を加えた基準を考える必要がある。

要 約

水稲とタイヌビエの人工群落において、窒素施用量の変化やヒエの発生時期および密度の変化が水稲の生理生態的条件や収量などにいかなる影響をおよぼすか観察した。

1. 生育初期には競争による生育体への影響は小さいが、生育の進行につれて大きくなって来る。とくにその場合、茎数へのひずみが強く現われ、これが水稲収量に大きく関係してくる。
2. 競争が生ずる場合、競争に勝る植物が他の植物を相乗的に圧迫するので、雑草比が少ない場合は窒素施用量の増加が収量につながって行くが、雑草比が大の場合は窒素施用量を増加するほど減収は著しくなる。
3. ヒエの水稲へ与える影響として、発生時期の差が大きな割合を占め、発生する時期が遅ければ発生本数がある程度多くてもそれほど水稲に影響をおよぼさない。
4. 競争がはげしい状態下の水稲体は、L A I、生産構造などの同化部分の量的な減少が大きく現われるが、それだけが競争によるひずみとするのではなく、生態的条件に加味された質的なひずみ

を考慮しなければならない。

文 献

- 1) 荒井正雄・川島良一：日作紀 25, 115～119 (1956)
- 2) 笠原安夫：農学研究 48, 199～236 (1961)
- 3) 野田健児・小沢啓男・茨木和典：雑草研究 7 49～53 (1968)
- 4) 山田豊一・堀内慎一：育種雑誌 2, 159～172 (1953)
- 5) BLACKMAN, G. E. : Jaur, Agr. Sci. 28, 247～271 (1938)
- 6) BLEASDALE, J. K. A. : Biology of Weeds 133～142 (1960)
- 7) 野田健児・小沢啓男・茨木和典：雑草研究 7 49～53