

# 高知県中部および東部平野部における作期別水稻の生育相の解析

山本 由徳・松浦 正視・西村 盛・横田 義明

(農学部附属農場)

## Analysis of Growth Patterns of Paddy Rice Plants in Various Cultivation Seasons in Central and Eastern Lowlands of Kochi Prefecture

Yoshinori YAMAMOTO, Masami MATSUURA, Sakan NISHIMURA  
and Yoshiaki YOKOTA

*Experimental Farm, Faculty of Agriculture*

**Abstract:** To clarify the growth patterns of paddy rice plants in various cultivation seasons in central and eastern lowlands of Kochi Prefecture, field investigations and experiments were conducted in Aki City and Experimental Farm of Faculty of Agriculture, Kochi University, Nankoku, in 1981, respectively. The results obtained were summarized as follows:

1. Generally, as the earlier the cultivation season, the less vigorous growth were rice plants in the early growth, due to the low temperature after transplanting, the marked difference in the early growth was found between the early and normal season culture.
2. Number of tillers responded more evidently than plant or culm length against the shifting of cultivation season, i.e., the earlier the cultivation season, the greater were the number of maximum stems and panicles, although the less the percentage of reproductive stems.
3. A great number of tillers in the early season culture were due to the high concentration of nitrogen and carbohydrates in rice plants, because of the cool temperature and abundant sunshine hours during tillering stage.
4. CGR (Crop Growth Rate) during vegetative stage was greater in the normal season culture than in the early season culture, because of the greater LAI (Leaf Area Index), but CGR during ripening period was greater in the early season culture, because of the higher NAR (Net Assimilation Rate).
5. Yield was slightly higher in the early season culture, due to the higher percentage of ripened grains and 1000-kernel-weight, but not due to the number of spikelets per square meter. On the other hand, straw yield was markedly higher in the normal season culture and consequently the ratio of brown rice yield to straw yield was greatly high in the early season culture.

### 緒 言

高知県はその立地上、気候が温暖なために稲作可能期が長く、種々の作期の稲作が行なわれている<sup>1)</sup>。しかし、既に前報<sup>2)</sup>で指摘した様に水稻反収(10アール当り収量)はいずれの作期も全国平均を下回っており、品種および栽培技術面からの改善の余地は大きい。

そこで本研究では、まず安芸市において、4月中旬植の早期栽培稲から8月上旬植の二期作二番稲までの種々の作期の水稻を含む合計10水田について生育調査を行ない、作期による生育相の差異について比較検討した。そして、さらに本県においてとくに栽培面積の広い早期栽培と普通期栽培<sup>1,2)</sup>における水稻の生育過程を本学部附属農場において解析するとともに、両作期における収量構成要素の差異について検討した。

## 実験材料および方法

1. 種々の作期における水稻の生育相：1981年に安芸市において Table 4 に示した各作期の10水田について、苗の形質調査並びに植付け状況の調査を行なうとともに、各水田とも3ヶ所、1ヶ所10株、合計30株について移植後の草丈、茎数の推移を10～15日毎に調査した。また各水田の最終調査日には調査株毎に最長稈長を測定するとともに、最長稈の上位3葉身長を測定した。なお、本調査では育苗方法、本田の栽培管理方法や収量についての調査は行なわなかった。

2. 早期および普通期栽培の生育過程の解析：供試品種として早期栽培にはコシヒカリを、普通期栽培には黄金錦を用い、1981年に本学部附属農場の慣行法で育苗した苗を、附属農場水田に田植機により移植 (64株/3.3㎡) した。なお供試水田は早期栽培では赤土の客土効果についても合わせて検討するために砂礫質水田<sup>3)</sup> (慣行田, 面積 4,132㎡) と赤土客土水田 (客土田, 客土後2年目, 面積 4,169㎡) の二水田とし、普通期栽培では砂礫質水田 (慣行田, 面積 4,599㎡) 一水田であり、いずれもほぼ長方形である。耕種方法については Table 1, 2, 3 に示したとおりである。

Table 1. Dates of field husbandry (Experimental Farm)

Cultivation season (Variety)	Seeding	Transplanting	Heading	Harvesting
Early season (Koshihikari)	Mar. 16	Apr. 17	Jul. 12	Aug. 11
Early season (S. D.)* (Koshihikari)	Mar. 16	Apr. 17	Jul. 12	Aug. 11
Normal season (Koganenishiki)	May 8	Jun. 2	Aug. 26	Sep. 30

\* Soil dressing plot.

Note 1) Midseason drainage was practiced from Jun. 8 to 20 and from Aug. 2 to 13 in early and normal season culture, respectively.

Note 2) Control of disease and insect injuries were suitably practiced by spraying of chemicals.

調査については次のように行なった。まず田植機移植では1株苗数の変動が大きく、苗数によって移植後の生育量が異なることが予想される<sup>4)</sup>ので、早期および普通期栽培とも1株苗数の平均値に最も近いそれぞれ5本および8本苗株 (Table 7) を選んで調査株とした。そして両作期とも移植後約10日毎に毎回10株づつ上記の苗数の株を抜き取って草丈、茎数の調査を行なうとともに、茎数中庸な株2株について葉面積を自動葉面積計 (林電工社製, AAM7型) で測定し、90～95℃で1時間、65℃で48時間以上通風乾燥して葉身、葉鞘+茎 (稈)、穂、枯死部に分けて乾物重を測定した。そして、株当りの平均葉面積は上記の葉面積測定株2株の平均葉面積/平均葉身乾物重に10株の平均葉身乾物重を乗じて求めた。また乾物重と葉面積の値より常法<sup>5)</sup>に従って生長解析を行ない、葉身の乾物材料については窒素含有量をセミマイクロケルダール法によって定量分析した。主稈葉令並びに葉位別葉身長測定は、両作期とも供試水田の対角線上にほぼ等間隔になるように早期栽培5本苗株、普通期栽培8本苗株をそれぞれ10本株づつ選定し、各株5茎、合計50茎 (但し、普通期栽培については生育途中で2株が虫害により測定不能となったために8株、合計40茎) について7～10日毎に測定した。

収量および収量構成要素の調査は、成熟期に供試水田の各所から抜き取った早期栽培5本苗株、

Table 2. Characters of rice seedlings at transplanting time of early and normal season cultures (Experimental Farm)

Cultivation season (Variety)	Plant length in leaf number cm	Seedling age 3.9 3.8	Number of roots 8.1 9.0	Dry weight (per seedling)				Ratio of shoot weight to plant length		Nitrogen content in leaf blade %	
				L.B.* mg	L.S.+S.* mg	Shoot mg	Root mg	Total mg	mg/cm		%
Early season (Koshihikari)	13.7	3.9	8.1	7.1	8.3	15.4	3.0	5.8	24.2	1.12	2.96
Normal season (Kogansenishiki)	16.1	3.8	9.0	6.3	8.1	14.4	2.0	5.3	21.7	0.89	3.45

\* L.B. : Leaf blade, L.S.+S. : Leaf sheath+stem.

Note 1) Seeding rate of both cultivation seasons was 200g dry seed per raising box.

Note 2) Amount of fertilizer applied of both seasons was ammonium sulfate 4.5g, superphosphate 3.0g and potassium chloride 3.0g per raising box, respectively.

Table 3. Amounts and practices of fertilizer application (Kg/10a) (Experimental Farm)

Cultivation season (Variety)	Basal dressing						Top dressing at						Total amount			
	N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O		tillering stage		panicle formation stage		ripening stage		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
Early season (Koshihikari)	4.80	7.20	5.60	—	—	—	1.70	—	1.70	—	1.70	—	1.70	8.20	7.20	9.00
Early season (S.D.)* (Koshihikari)	4.80	7.20	5.60	2.88	4.32	3.36	1.70	—	1.70	—	1.70	—	1.70	11.08	11.52	12.36
Normal season (Kogansenishiki)	3.60	5.40	4.20	—	—	—	1.70	—	1.70	—	1.70	—	1.70	7.00	5.40	7.60

\* Soil dressing plot.

Note 1) Compound fertilizer (12—18—14) was applied as basal dressing at the final puddling.

Note 2) Compound fertilizer (12—18—14) was applied as top dressing at tillering stage on Jun. 8 and 23 in half of total amount.

Note 3) As the top dressing at panicle formation stage and ripening stage, compound fertilizer (17—0—17) was applied on Jul.

1 and 22 in early season culture or Jul. 22 and Sep. 5 in normal season culture, respectively.



実験結果

1. 種々の作期における水稻の生育相 : Table 4 には各調査水田の作付け品種, 移植日および苗の植付け状況を示した。移植方法は各水田とも田植機による機械移植であり, 水田 No. 1~3 は早期栽培, 4, 5 は普通期栽培, 6~9 は跡作栽培, 10 は二期作二番稲 (一期作の品種はフジヒカリ) で, 移植日は4月11日~8月5日の約4ヶ月に及んでいる。また平均1株苗数や植付け深度には作期による一定の傾向はみられず, 平均1株苗数は4~8本, 植付け深度は30~50mmの範囲にあった。

Table 5 には各水田に移植された苗の形質調査の結果を示した。葉令は一般に作期が遅くなるほど多い傾向がみられるが, とくに葉令の多かった No. 10 水田を除くと, 葉令差にかかわらず草丈や根数, 乾物重には作期による一定の傾向は認められなかった。その結果, 苗の素質を表わす指標とされる地上部乾物重/草丈比は, No. 10 水田と苗の徒長が著しかった No. 2 水田の苗を除くと, いずれも 0.90~1.10mg/cm の範囲にあり, 作期による明瞭な差異は認められなかった。

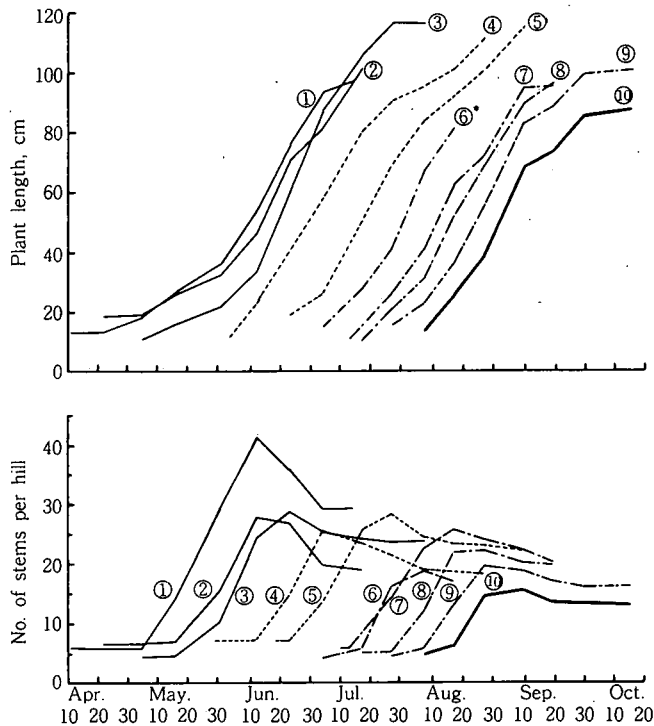


Fig. 1. Changes of plant length and number of stems of rice plants in each paddy field at Aki City.

Note) Numerals in the figure show the paddy field number in table 6.

\* Not attained to final value.

Table 6. Several growth characters of rice plants in each paddy field investigated at Aki City

Paddy field No.	Final plant length cm	Final culm length cm	Maximum-stem number /pl.	Number of panicles /pl.	Percentage of reproductive stems %	Leaf blade length of the highest culm*			Total
						L1 cm	L2 cm	L3 cm	
1	96.8	75.2	41.25	29.21	69.6	22.5	34.9	33.4	90.8
2	101.4	79.3	28.13	19.03	69.1	30.4	39.6	42.9	112.9
3	116.2	95.8	28.80	23.73	82.3	24.8	39.2	51.4	115.4
4	111.5	87.6	25.80	18.37	71.9	25.4	41.2	48.0	114.6
5	115.3	91.7	29.60	22.27	75.3	25.5	37.6	49.9	113.0
6	81.9**	—	18.73	17.07	91.1	—	—	—	—
7	95.3	73.3	26.10	20.24	77.5	24.9	34.5	39.4	98.8
8	96.5	76.5	22.73	19.87	87.4	23.4	37.0	39.7	100.1
9	101.1	74.0	20.07	16.27	81.1	29.1	42.0	47.1	118.2
10	87.1	65.0	15.70	13.03	83.0	23.8	35.6	38.7	98.1

\* L1, L2 and L3 show the first, second and third leaf counted from top, respectively.

\*\* Not attained to final value.

次に Table 1 には移植後の草丈と茎数の推移を示した。一般に作期が遅くなるほど移植後の草丈の伸長が速く、また分けつの発生も早くなる傾向がみられるが、とくに早期栽培では普通期栽培以降の作期にくらべて移植後初期の生育の停滞が著しいことがうかがわれた。しかし、早期栽培

においても移植後40~50日目頃からは草丈は急伸長し、また茎数は移植後20日目頃から急増した。そして、一般に作期が早いほど最高茎数期は後期にずれてあらわれるが、茎数は多くなる傾向にあった。

Table 6 には最終調査日における生育の様相を示した。草丈、稈長、上位3葉身長には品種や栽培方法の差異が作期の移動にくらべてより強く発現したためか、作期により一定の傾向は認められないが、最高茎数、穂数や有効茎歩合には作期による差異が明瞭に認められた。すなわち、早期、普通期、跡作、二期作二番稲の平均株当たり最高茎数はそれぞれ32.7, 27.7, 21.9, 15.7本、穂数はそれぞれ24.0, 20.3, 18.4, 13.3本で明らかに作期が早いほど最高茎数と穂数が多かった。しかし、有効茎歩合は早期、普通期の平均がそれぞれ73.7, 73.6%であったのに対して、跡作、二期作二番稲の平均はそれぞれ84.3, 83.0%と約10%高かった。

2. 早期および普通期栽培稲の生育過程の解析: 移植時の苗の形質を Table 2 に示した。平均葉令は早期コシヒカリ3.9, 普通期黄金錦3.8でほぼ等しかったが、草丈は明らかに普通期黄金錦が高く、地上部および根の乾物重は逆に早期コシヒカリで重かった。その結果、苗の素質を表わす地上部乾動物/草丈比は早期コシヒカリ 1.12mg/cm, 普通期黄金錦 0.89mg/cm となり早期コシヒカリで優った。また葉身の窒素含有率は早期コシヒカリにくらべて普通期黄金錦で約0.5%高かった。

Table 7 には苗の植付け状況を示した。平均1株苗数は早期コシヒカリの慣行田、客土田ではそれぞれ4.4本, 4.8本であり、普通期黄金錦の7.9本にくらべて明らかに少なかった。しかし、植付け深度については作期や客土の有無による差異は認められず 37~38mm であった。

Table 7. Number of seedlings per hill and planting depth of seedlings at transplanting time\* (Experimental Farm)

Cultivation season (Variety)	Number of seedlings **	Planting depth **
Early season (Koshihikari)	4.4 ± 2.19	37.1 ± 0.89 <sup>mm</sup>
Early season (S. D.) *** (Koshihikari)	4.8 ± 2.07	38.0 ± 1.26
Normal season (Koganenishiki)	7.9 ± 3.10	38.4 ± 6.01

\* Planting density of the both cultivation seasons was 64 hills per 3.3m<sup>2</sup>.

\*\* Mean ± standard deviation of 100 and 200 hills in early and normal season culture, respectively.

\*\*\* Soil dressing plot.

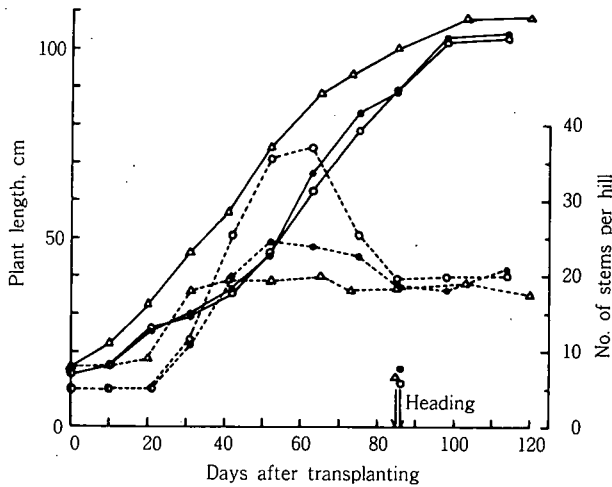


Fig. 2. Changes of plant length and number of stems after transplanting (Experimental Farm).

Note) ○ Early season (Var. Koshihikari)  
● Early season (Var. Koshihikari) (Soil dressing plot)  
△ Normal season (Var. Koganenishiki)

Fig. 2 には移植後の草丈、茎数の推移を示した。草丈は全生育期間を通して普通期黄金錦が早期コシヒカリにくらべて高く推移し、移植後45~60日目頃にかけては約 25cm の差がみられた。これは普通期黄金錦で移植後の葉令進度が速く、かつ平均葉身長が長くなったためと考えられる (Fig. 3)。しかし、移植後60日目以降は普通期黄金錦では草丈の伸長速度が徐々に低下したのに対して、早期コシヒカリでは急伸長しており、成熟期の草丈、稈長 (Table 8) の差は小さくなった。また早期栽培の慣行田と客土田を比較すると草丈は最高茎数期頃まではほぼ等しく推移し、それ以降は客土田でいく分高く推移し、葉令進度は移植後40日目頃 (分けつ盛期頃) までは慣行田で速くなったが、その後は両水田の間に明瞭な差異は認められなかった (Fig. 2, 3)。そして、主稈の葉身長は第12葉までは客土田で、それより上位葉では逆に慣行田で長くなった (Fig. 3A)。

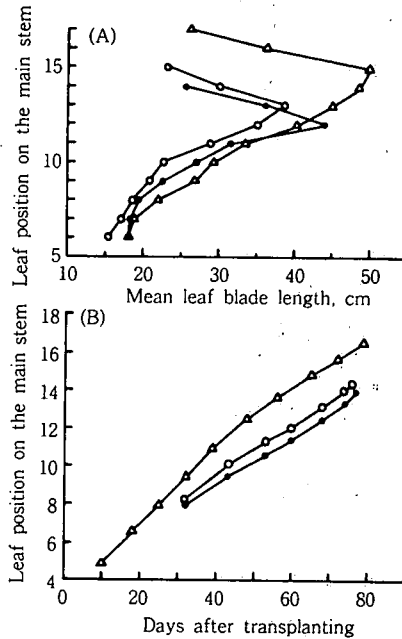


Fig. 3. Changes of leaf blade length (A) and leaf number (B) of main stem (Experimental Farm).

Note) Symbols are the same as in fig. 2.

なお、最終主稈葉数は早期コシヒカリの慣行田14.37、客土田13.96、普通期黄金錦16.51であった。一方、茎数についてみると移植後の分けつ開始日は普通期黄金錦で早期コシヒカリにくらべて早く、また移植後初期の増加速度も速くなったが、移植後約40日で最高茎数期となったのに対して、早期コシヒカリの最高茎数期は移植後約55日目に認められ、移植後20~50日目にかけて分けつが増加したが、とくに慣行田での増加が著しかった (Fig. 2)。その結果、株当りの最高茎数は早期コシヒカリの慣行田で37.1本、客土田24.6本となり、普通期黄金錦の19.9本にくらべて明らかに多くなった。しかし、穂数はいずれも18~21本とその差が小さくなり、有効茎歩合は早期コシヒカリの慣行田53.6%、客土田85.0%、普通期黄金錦88.4%と最高茎数が少ないほど高くなった。

Fig. 4 には移植後の株当り葉面積の推移を示した。両作期とも移植後約20日間の増加速度は緩慢であるが、その後は急速に増加し、幼穂形成期から出穂期頃に最大値を示し、出穂期後は急激に減少した。また全本田期間を通して葉面積は普通期黄金錦で早期コシヒカリにくらべて大きく、早期コシヒカリでは客土田にくらべて慣行田で値が高く推移し、出穂期頃の普通期黄金錦と早期コシヒカリ客土田の株当り葉面積には約 1,000cm<sup>2</sup> の差異がみられた。

次に移植後の乾物重の推移をみると Fig. 5 のとおりである。すなわち、全乾物重、葉身、葉鞘+茎(稈)および枯死部乾物重は常に普通期黄金錦で早期コシヒカリにくらべて重く、また早期コシヒカリでは客土田にくらべて慣行田で重く推移し、出穂期の株当り全乾物重は早期コシヒカリの慣行田 36.4g、客土田 32.7g、普通期黄金錦 47.6g であった。しかし、出穂期から成熟期にかけての乾物増加量は早期コシヒカリの慣行田 20.0g、客土田 23.8g、普通期黄金錦 15.3g と出穂期の乾物重が軽いほど大となり、また成熟期の株当りの穂の乾物重はそれぞれ 28.1g、



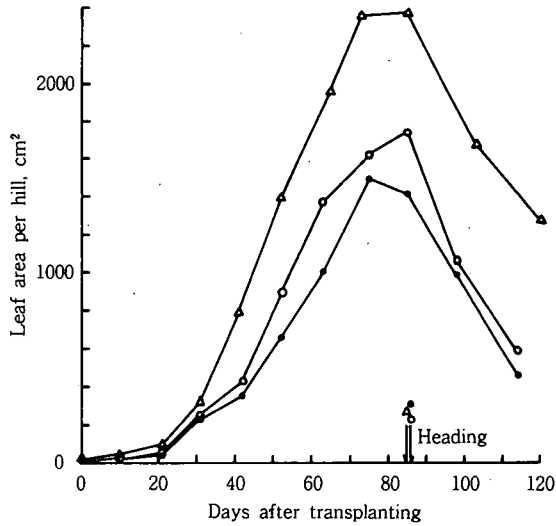


Fig. 4. Changes of leaf area after transplanting (Experimental Farm).  
 Note) Symbols are the same as in fig. 2.

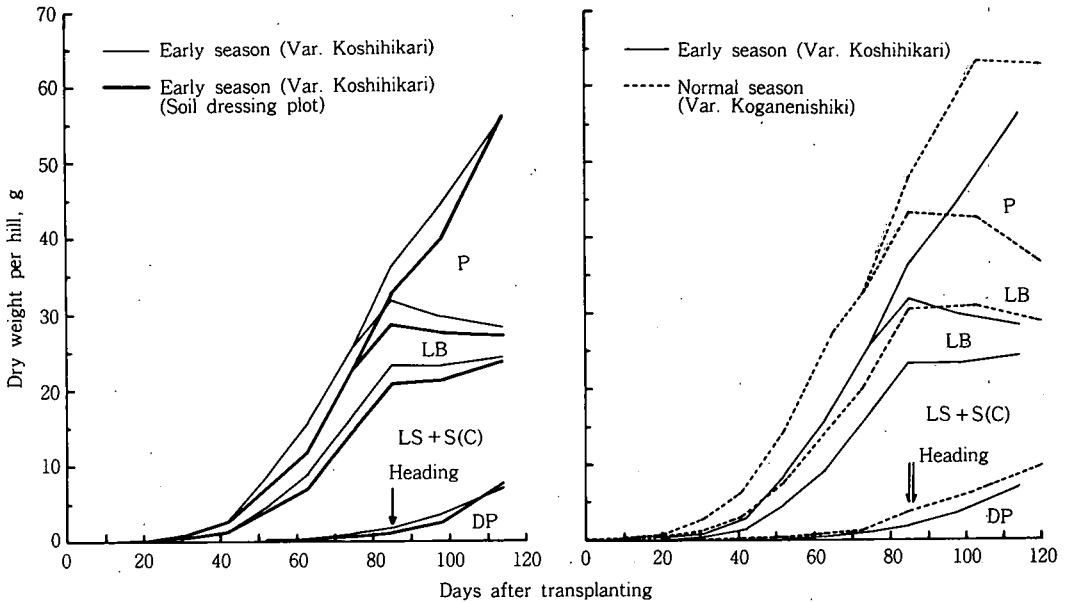


Fig. 5. Changes of dry weight in each organ after transplanting (Experimental Farm).  
 Note) LB: Leaf blade, LS+S(C): Leaf sheath + stem (culm), P: Panicle, DP: Dead portion

29.3g, 26.3g と出穂期後の乾物増加量が大きいほど重くなった。Fig. 6 には推移後の器官別乾物重割合の推移を示した。普通期黄金錦では移植直後に植傷みに伴う枯死部乾物重が約4%みられ、その後の枯死部の乾物重割合も一般に早期コシヒカリにくらべて高く推移した。また出穂前約

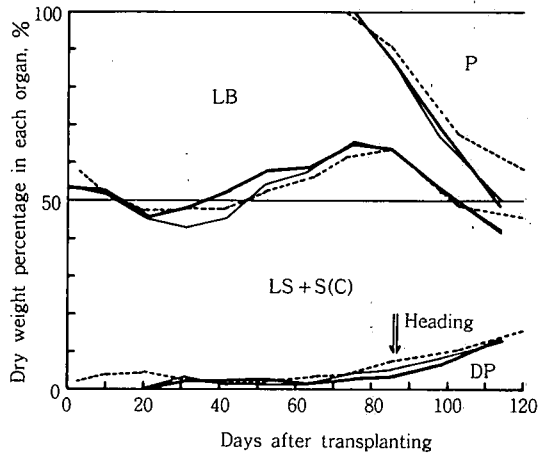


Fig. 6. Changes of dry weight percentage in each organ after transplanting (Experimental Farm).

Note) Symbols are the same as in fig. 5.

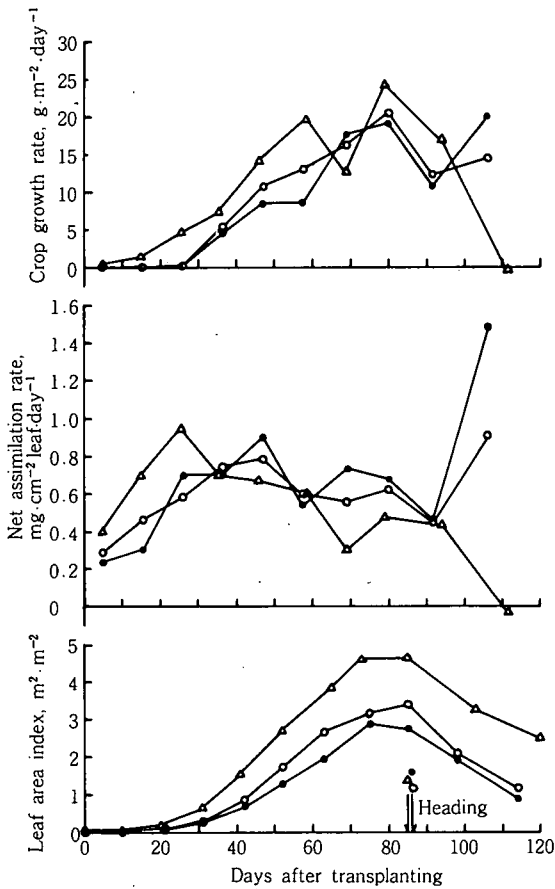


Fig. 7. Changes of crop growth rate, net assimilation rate and leaf area index after transplanting (Experimental Farm).

Note) Symbols are the same as in fig. 2.

30日間の幼穂発育期間には葉身の乾物重割合が早期コシヒカリにくらべて高く、逆に葉鞘+茎(稈)の割合が低く、出穂期後は穂の乾物重割合が小さく、葉身および葉鞘+稈の割合が高く維持された。また早期コシヒカリの慣行田と客土田を比較すると、移植後20~60日目にかけての分づけ期間の葉身乾物重割合が慣行田で客土田にくらべて高くなったことを除くと、大きな差異は認められなかった。

そこで、このような作期並びに客土の有無による乾物生産様式の差異をより明確にするために常法<sup>5)</sup>に従って生長解析を行なった結果を Fig. 7 に示した。CGR (Crop Growth Rate, 個体群生長速度) は両作期とも移植後増加し、幼穂形成期から出穂期頃に最大値を示し、その後低下したが早期コシヒカリでは登熟期後半に再び増加し、普通期黄金錦と著しく異なった。また普通期黄金錦の CGR が移植後から出穂期頃までは早期コシヒカリにくらべて高く推移したのは、移植後約30日間は NAR (Net Assimilation Rate, 純同化率) と LAI (Leaf Area Index, 葉面積指数) の両者が優った結果であるが、それ以降は主として LAI の差によるものであり、NAR は LAI の増加とともに早期コシヒカリにくらべて低く推移した。また早期コシヒカリの登熟後半における CGR の増加は NAR の増加によるものであり、慣行田にくらべて LAI がより小さかった客土田での増加が著しかった。なお、本実験の最大 LAI は早期コシヒカリの慣行田3.37, 客土田2.89, 普通期黄金錦4.60と全般に小さく、その結果、両作期を一括して求めた CGR と LAI との間には高い正の相関関係 ( $r = 0.8077^{***}$ , 0.1%水準で有意) がみられ、LAI と NAR との間には有意な負の相関関係は認められなかった ( $r = -0.1834$ )。

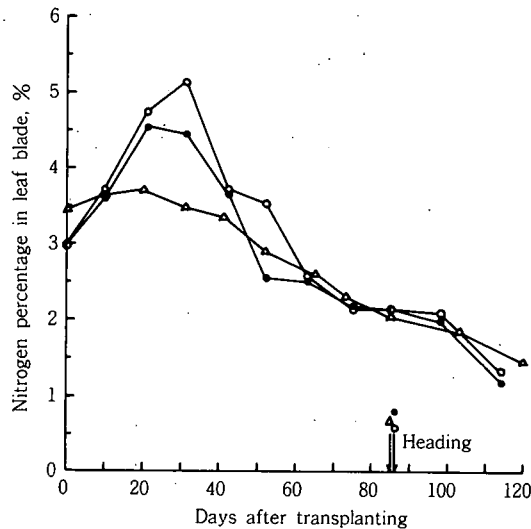


Fig. 8. Changes of nitrogen percentage in leaf blade after transplanting (Experimental Farm).

Note) Symbols are the same as in fig. 2.

Fig. 8 には移植後の葉身の窒素含有率の推移を示した。早期コシヒカリでは移植後約30日間、葉身の窒素含有率が急激に増加したのに対して、普通期黄金錦では増加期間が移植後約15日間と短く、また増加割合も小さかった。そして、移植後約30日目には普通期黄金錦と早期コシヒカリの慣行田、客土田の間にはそれぞれ約1.5%, 1.0%の差異がみられた。その後葉身の窒素含有率は両作期とも低下したが、とくに早期コシヒカリの低下が激しく、移植後60日目以降の両作期の値はほぼ等しく推移しており、このことは幼穂形成期後成熟期までの葉身の窒素含有率には作期による

Table 8. Yield and yield components of paddy rice of early and normal season cultivations (Experimental Farm)

Cultivation season (Variety)	Culm length cm	Number of panicle per hill	Mean Panicle length cm	Number of spikelets		Percentage of ripened grains %	Yield Straw weight per m <sup>2</sup>	Ratio of yield to straw weight
				per Panicle	per m <sup>2</sup>			
Early season (Koshihikari)	83.8	20.7	402	1279	24813	81.9	452 g	0.73
Early season (S. D.) (Koshihikari)	85.5	19.8	384	1312	25453	83.9	464	0.78
Normal season (Koganeishiki)	84.5	18.0	349	1307	25356	80.9	425	0.54

\* Soil dressing plot.

差異がほとんどなかったことを示している。

次に Table 8 には収量と収量構成要素を示した。両作期とも調査対象株60株について稈長、穂数、平均1穂長、平均1穂粒数、株当り粒数、穂重、ワラ重を測定し、登熟歩合(比重1.06の塩水選<sup>6)</sup>)と精籾千粒重は穂重が平均値に近い株6~11株について調査した。そして、 $\bar{m}$ 当り粒数は平均株当り粒数と $\bar{m}$ 当り栽植株数(両作期とも19.4株)の積によって求めた。さらにこの値に平均登熟歩合と平均精籾千粒重を掛け合わせ、それに松島<sup>6)</sup>に従って0.84を乗じて $\bar{m}$ 当り玄米重(収量)とした。

株当り穂数は早期コシヒカリ慣行田で20.7本、客土田19.8本であり、普通期黄金錦の18.0本にくらべて多く、従って $\bar{m}$ 当り穂数もそれぞれ402本、384本、349本となり、早期コシヒカリ慣行田と普通期黄金錦の間には約50本の差がみられた。しかし、平均1穂長と平均1穂粒数は株当り穂数が多いほど劣り、株当り粒数、 $\bar{m}$ 当り粒数はそれぞれ早期コシヒカリ慣行田1279、24,813個、客土田1,312、25,453個、普通期黄金錦1,307、25,356個と早期コシヒカリ慣行田で最も少なくなった。一方、登熟歩合はいずれも81~84%で大差は認められなかったが、精籾および玄米千粒重は明らかに早期コシヒカリで普通期黄金錦にくらべて重くなり、とくに1穂粒数が少なく株当り粒数の少なかった慣行田で最大値を示した。これらの結果、 $\bar{m}$ 当り玄米重は早期コシヒカリの慣行田452g、客土田464g、普通期黄金錦425gと早期コシヒカリで高収となった。しかし、ワラ重は普通期黄金錦で明らかに重く、その結果、玄米重/ワラ重比は早期栽培で普通期栽培にくらべて0.2~0.25高くなった。

## 考 察

従来の水稲の作期移動に関する研究結果<sup>7-10)</sup>は、わが国の水稲栽培可能期間の範囲では、一般に作期が遅くなるに従って移植時の気温、さらにより直接的には気温を通して水田の水・地温<sup>11,12)</sup>が高くなるために移植後の初期生育は促進されるとしている。本研究の結果でも作期が遅いほど移植後初期の草丈の伸長速度や葉令、基数、乾物重などの増加速度が速くなった。とくに安芸市における4月中旬移植から8月上旬移植にわたる種々の作期の水稲の調査結果は、早期栽培と普通期栽培の間における移植後の初期生育の差が大きく、普通期以降の差は比較的小さいこと、また作期による生育の差異は草丈、稈長にくらべて基数、穂数により明瞭に認められ、作期が早いほど最高基数が多く、有効茎歩合は低くなるものの穂数は多くなることを示している。安芸市における調査年(1981年)の旬別の気温の推移をみると(Fig. 9)、移植期間に相当する4月中旬から8月上旬まで一般に気温は上昇しているが、とくに移植後の

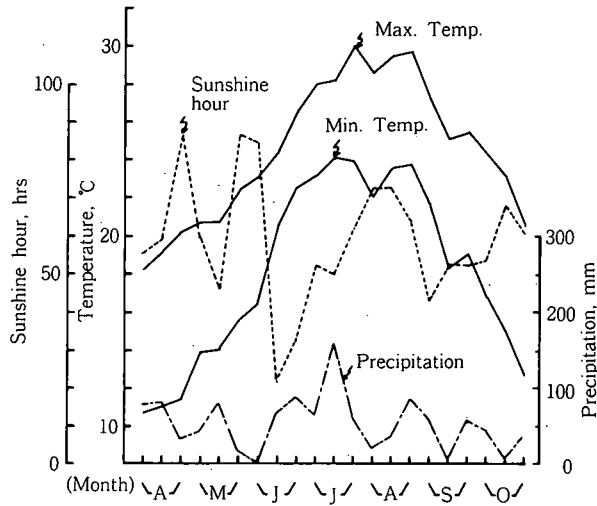


Fig. 9. Meteorological data during field investigations at Aki City.  
Source : Kochi ken Kishogeppo, 1981.

初期生育の差が大きく認められた早期栽培の移植期である4月中旬から5月上旬と普通期栽培の移植期である5月下旬から6月中旬の気温を比較すると、それぞれ平均気温で16.1°C、20.4°Cであり、このことは移植後の平均気温が約20°C以上であれば生育の停滞が著しく小さくなることを示しているものと考えられる。また作期が早くなるに従って、最高茎数、穂数が多くなったことは従来の報告<sup>7-10)</sup>と一致しており、これは主として分けつ期間の日射量と気温<sup>8,10,13,14)</sup>によるものと推定される。

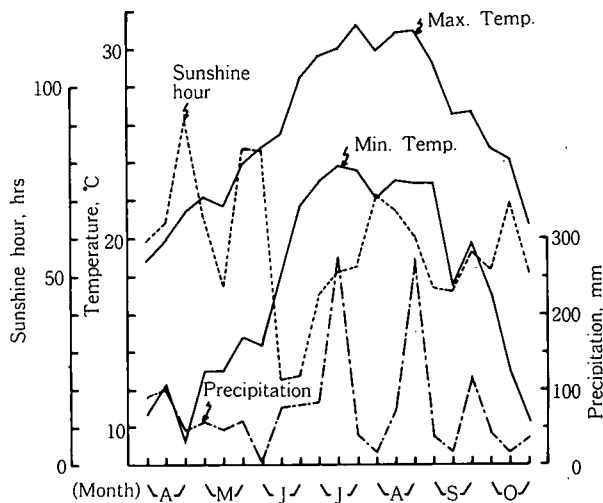


Fig. 10. Meteorological data during cultivation period at Experimental Farm,  
Faculty of Agriculture.  
Source : Meteorological data of Faculty of Agriculture, Kochi University, 1981.

そこで次には、本学部附属農場で行なった早期栽培と普通期栽培の結果について、その生育過程を気象条件との関係から考察してみたい。

Table 9. Growth period in early and normal season rice cultures (Experimental Farm)

Cultivation season (Variety)	Transplanting to max- imum-stem-number stage		Transplanting to young panicle formation*		Young panicle formation to heading		Heading to maturity		Total field period Days
	Calendar day	Days	Calendar day	Days	Calendar day	Days	Calendar day	Days	
Early season (Koshihikari)	Apr. 17 - Jun. 8	53	Apr. 17 - Jun. 11	56	Jun. 12 - Jul. 11	30	Jul. 12 - Aug. 10	30	116
Normal season (Koganeishiki)	Jun. 2 - Jul. 10	39	Jun. 2 - Jul. 26	55	Jul. 27 - Aug. 25	30	Aug. 26 - Sep. 29	35	120

\* 30 days before heading

Table 10. Climatic conditions of early and normal season rice cultures (Experimental Farm)

Cultivation season (Variety)	Transplanting to max- imum-stem number stage		Transplanting to young panicle formation*		Young panicle formation to heading		Heading to maturity		Total field period Summation
	Summation	Mean	Summation	Mean	Summation	Mean	Summation	Mean	
(Max. Temp., °C)									
Early season (Koshihikari)	1189.9	22.5	1266.0	22.6	838.8	28.0	912.6	30.4	3017.4
Normal season (Koganeishiki)	1057.9	27.1	1473.2	26.8	924.7	30.8	973.7	27.8	3444.2
(Min. Temp., °C)									
Early season (Koshihikari)	674.0	12.7	719.0	12.8	636.0	21.2	694.4	23.1	2049.4
Normal season (Koganeishiki)	753.6	19.3	1092.9	19.9	681.9	22.7	726.0	20.7	2540.9
(Sunshine hrs.)									
Early season (Koshihikari)	393.4	7.4	399.0	7.1	94.5	3.2	172.1	5.7	665.6
Normal season (Koganeishiki)	167.3	4.3	225.3	4.1	191.9	6.4	168.0	4.8	611.7
(Precipitation, mm)									
Early season (Koshihikari)	261.1	4.9	264.7	4.7	298.0	9.9	270.3	9.0	833.0
Normal season (Koganeishiki)	240.5	6.2	520.0	9.5	126.7	4.2	445.4	12.7	1092.1

\* 30 days before heading

Source: Meteorological data of Faculty of Agriculture, Kochi University, 1981.

Fig 10 には栽培期間中の旬別の気象条件を示し、また Table 9 には、早期、普通期栽培の主要生育期を、そして Table 10 には各生育期間における気象条件を比較して示した。まず全本田日数をみると、早期栽培116日に対して、普通期栽培120日で普通期栽培で4日長くなったが、これは登熟期間の差によるものであり、移植から出穂期まで日数はほぼ等しかった。しかし、移植から最高茎数(分げつ)期までの日数は早期栽培で53日、普通期栽培で39日と早期栽培で約15日間長くなり、最高茎数期と幼穂分化期(出穂前30日<sup>13)</sup>として示す)がほぼ一致したのに対して、普通期栽培では最高茎数期が幼穂分化期の約15日前にみられ、暖地水稻の特徴とされる、いわゆる Vegetative Lag Phase<sup>15)</sup>が認められた。

次に各生育期間における気象条件の差異についてみると、移植期(早期栽培4月中旬、普通期栽培6月上旬)の最高、最低気温はそれぞれ早期栽培で19.9、12.3℃、普通期栽培で24.8、14.3℃であり平均気温で約4℃の差がみられた。そして、移植から最高茎数期あるいは幼穂分化期までの気温は普通期栽培で高く、日照時間は早期栽培で多く、降水量は逆に少なくなっている。従って、既に述べた移植後の初期生育が早期栽培にくらべて普通期栽培で優ったのは、主として移植後の気温の高低差によることが明らかである。しかし、普通期栽培では移植直後から梅雨期に入るために分げつ盛期が6月中、下旬のとくに日照時間の少ない時期に経過し、その結果、分げつ発生数が少なくなった<sup>14, 16, 17)</sup>。これに対して早期栽培では、移植後約20日間は分げつの発生は認められなかったが、5月上旬より分げつの発生が始まり、とくに5月中、下旬の日照時間が長い時期に分げつ盛期が相当し<sup>10)</sup>、その上、気温が比較的冷温であることも分げつ発生に有利に作用して<sup>17-21)</sup>、最高茎数が多くなつたものと推定される。

これを稲体の栄養生理面からみると、移植後の体内窒素<sup>10, 22-25)</sup> および炭水化物<sup>10, 18, 23)</sup>濃度の差異に基づくものと推定され、とくに窒素濃度については活着後の葉身の窒素含有率<sup>22-25)</sup>が分げつが多く発生した早期栽培で普通期栽培にくらべて著しく高く推移した。また早期栽培では分げつ数が多い慣行田の葉身窒素含有率が客土田にくらべて高く推移した。普通期栽培では、上述のように移植直後に梅雨期に入るために日射量不足により光合成量が減少し、それに伴って根の活力が低下して窒素の吸収速度が減退し<sup>26)</sup>、地上部の窒素濃度が低くなったものと考えられる。

しかし、最高茎数が早期栽培のコシヒカリで普通期栽培の黄金錦にくらべて多くなったにもかかわらず、乾物重は全生育期間を通して普通期栽培で重く推移したのは、黄金錦の主稈葉数がコシヒカリにくらべて多く、従って1茎当りの葉数が多く、また葉が長く1葉当り葉面積が黄金錦で大きくなったためと考えられる。但し、葉面積が最大値に達した出穂期後の乾物増加量は、普通期栽培にくらべて早期栽培で優っており<sup>10)</sup>、また出穂期後の茎葉の乾物重の減少割合は早期栽培で高く、茎葉の貯蔵養分の穂への転流割合が普通期栽培にくらべて高い<sup>7, 10)</sup>ことがうかがわれた。このように出穂期後の乾物増加量が早期栽培で優ったのは、早期栽培では普通期栽培にくらべて根の老朽化が遅く、出穂後の根の機能が長く保持されたためと考えられ<sup>10)</sup>、この点については、早期栽培の客土田で慣行田にくらべて出穂期後の乾物増加量がより多くなったことから推定された。

一方、梅雨明けの6月中旬以降に移植された安芸市の跡作水稻や二期作二番稲で分げつ発生数が少なくなったのは、移植後の日照時間は比較的豊富であるが、気温が一年中を通して最も高い時期に相当し、最高気温で28-30℃、最低気温で24-25℃を示し(Fig. 10)、それに伴って水・地温が高くなり、分げつの発生が抑制された<sup>12, 17-21)</sup>ものと考えられる。この点に関しては移植後初期の30-25℃(昼一夜温)のような高温条件は、25-20℃や20-15℃にくらべて処理期間が長いほど分げつの発生が少なくなるとしている山本ら<sup>27, 28)</sup>の結果からも推定される。

次に幼穂分化期から出穂期をみると、平均最高、最低気温がそれぞれ早期栽培で28.0、21.2℃、普通期栽培で30.8、22.7℃であり、普通期栽培でやや高いものの大きな差はみられなかった(Table. 10)。

しかし、早期栽培では幼穂発育期間が丁度梅雨期に当り、日平均日照時間が3.2時間と普通期栽培の6.4時間の2分の1にすぎず、光合成量の減少を通して幼穂の発育に影響を及ぼし、1穂粒数の減少<sup>13)</sup>となってあらわれているものと思われる。

一方、登熟期間の気温については平均最高、最低気温がそれぞれ早期栽培で30.4、23.1°C、普通期栽培で27.8、20.7°Cと早期栽培でいく分高くなったが、いずれも登熟適温(平均気温で21.5°C<sup>29)</sup>)にくらべて著しく高く、籾の老化を促進して登熟期間を短くしている<sup>30-32)</sup>ものと考えられる。また日照時間についてみると、登熟前期に相当する早期栽培の7月中、下旬と普通期の9月上、中旬に曇雨天がつづき、全般に日照時間が少なく、登熟期間の日平均日照時間はそれぞれ5.7、4.8時間であった。このように登熟期間の気象条件が不良であったにもかかわらず、登熟歩合は両作期とも80%以上を確保できたのは、㎡当り粒数が25,000粒前後と全般に少なかったことによるものと推定された。しかし、早期栽培にくらべても日照時間がより少なかった普通期栽培では、玄米千粒重が20.73gと軽くなり、日射量不足による影響<sup>13)</sup>が認められた。

収量については早期栽培が普通期栽培にくらべて優った<sup>1,2)</sup>が、これを収量構成要素よりみると玄米千粒重と登熟歩合が早期栽培で優ったためであり、作期による㎡当りの粒数の差は小さかった。このように本研究では早期栽培で普通期栽培にくらべて穂数増を通しての㎡当り粒数の増加<sup>9,10)</sup>が認められなかったのは、1穂粒数が少ないためであり、今後早期栽培の増収を計る上で品種あるいは栽培技術面からの検討を要する。

次に早期栽培水稲に対する客土効果について考察する。客土田では分けつ肥を施しており、施肥総量は慣行田よりも多かったにもかかわらず茎数が少なく、全般に栄養生長が劣ったのは、客土した赤土の三要素含有量が極めて少なく<sup>3)</sup>、また客土により耕土が深くなって土壤中の施肥養分濃度がうすくなったためと考えられる。しかし、客土田では登熟期間(とくに登熟後半)における乾物増加量が慣行田にくらべて優り、ワラ重は軽くなって玄米重/ワラ重比が向上した。このように客土田で生育後半の生長が良くなった原因としては、一般に知られている老朽化水田への客土効果<sup>33)</sup>の他に、慣行田にくらべてLAIが小さく、その結果、生育後半まで群落内部への光の透過が良く、根の機能が高く維持されたためと考えられる。

以上、高知県の中部および東部平野部における作期別水稲の生育相の差異や収量、収構成要素と気象条件との関係について比較検討した。これらの結果は、既に報告した統計資料より解析した前報<sup>2)</sup>の結果と一致するところが多かった。しかし、本研究では実際に圃場で栽培されている作期別水稲の生育相を明らかにすることを目的としたために、作期により品種、苗の素質や本田の施肥法をはじめとする栽培管理方法が異なり、この点に関しては作期の移動の影響を十分に解析し得たとは言えない。今後はさらに、共通品種を用い、同一栽培方法によって作期の移動に伴う生育、収量への影響について検討する必要がある。

## 要 約

高知県はその立地上、気候が温暖であるために稲作可能期間が長く、種々の作期の稲作が行なわれている。本研究はこのような高知県の作期別水稲の生育相を明らかにするために、1981年に安芸市の農家水田において4月中旬植の早期栽培から8月上旬植の二期作二番稲までの各作期の水稲の生育調査を行なうとともに、本学部附属農場の慣行法で栽培した早期栽培稲(品種: コシヒカリ)と普通期栽培稲(品種: 黄金錦)の生育過程を解析し、さらに収量、収量構成要素を調査した。なお、附属農場においては早期栽培に対する赤土の客土効果についても合わせて検討した。結果の概要は次のとおりである。



1. 作期が遅くなるにつれて移植時の苗の葉令は増加する傾向がみられたが、苗素質(地上部乾物重/草丈比)の差は小さく、また平均1株苗数、植付け深度には作期による一定の傾向は認められなかった。

2. 一般に作期が早いほど移植後の気温が低く、生育の停滞が著しいが、とくに早期栽培と普通期栽培の初期生育の差が大きく、移植後の平均気温が20℃以上では生育の停滞が急速に小さくなるものと思われた。

3. 作期の移動の影響は草丈、稈長や葉長にくらべて分けつ数に顕著に認められ、作期が早いほど最高茎数が多くなり、有効茎歩合は低くなったが、穂数は多かった。

4. 早期栽培稲の葉身の窒素含有率は移植後約10~60日目にわたって普通期栽培稲にくらべて高く推移したが、とくに分けつ盛期における差が著しかった。このように早期栽培稲では分けつ期間の体内窒素濃度が高く、その上、分けつ盛期が冷温、多照条件下で経過するために体内の炭水化物濃度も高く保持されたことが予想され、これらのことが分けつ発生上有利に作用したものと推定された。

5. 早期栽培と普通期栽培における水稻の乾物生産特性を比較した結果、移植後の株当り全乾物重は全生育期間を通して普通期栽培で重く推移したが、出穂期後の乾物増加量は早期栽培で優り、成熟期における穂の乾物重も重くなった。そして、生長解析の結果から、移植後出穂期まで普通期栽培の乾物生産速度が優ったのは、主として LAI の値が高く推移したためであり、出穂期後の乾物生産速度が早期栽培で優ったのは NAR によることが示された。

6. 早期栽培と普通期栽培の㎡当り粒数はいずれも約25,000粒前後で差は小さかったが、全般に少なかった。この原因は早期栽培では1穂粒数が、また普通期栽培では株当り穂数が少ないためであり、早期栽培では幼穂発育期が、また普通期栽培では分けつ盛期が梅雨期の日照不足下に経過するためと推定された。

7. 収量は早期栽培で普通期栽培にくらべて多くなったが、これを収量構成要素からみると玄米千粒重と登熟歩合の差によるものであった。一方、ワラ重は普通期栽培で明らかに高く、玄米重/ワラ重比は早期栽培で著しく優った。

8. 早期栽培における客土効果について検討した結果、栄養生長量は慣行田にくらべて劣るが、有効茎歩合が向上し、出穂期後の乾物生産量が増加していく分増収し、玄米重/ワラ重比も向上した。これは、客土により根の機能が生育後半まで高く維持されたためと考えられた。

謝辞: 本稿を草するに当り、貴重な御助言と御校閲を賜った本学部助教授前田和美博士に衷心より謝意を表す。また、安芸市における調査に当っては安芸農業改良普及所の前田幸二氏(現高知県園芸試験場)には種々の御援助をいただいた。記して謝意を表す。

## 引用文献

- 1) 池上 亘, 暖地稲作の特徴と役割—高知県の稲作を中心に—. 農及園, 51, 395—400 (1976).
- 2) 山本由徳・松浦正視, 収量構成要素よりみた高知県の作期別水稻の低収性の要因. 高知大学報, 33, 101—115 (1984).
- 3) 堀川幸也・橋本 崇・北村哲朗・山本由徳・吉田徹志, 基肥の施用法が異なる水田ほ場での施肥成分の溶出挙動—砂礫質水田と客土処理田での比較—. 第79回日本土壌肥料学会関西支部講演会要旨 (1983).
- 4) 太田 孝・西郷昭三郎・村越一彦・鈴木金苗, 水稻栽培条件の許容度に関する研究(第10報) 田植機栽培の一株植付本数の許容度について. 静岡農試研報, 16, 1—7 (1971).
- 5) 佐伯敏郎, 植物の“生長解析”. Bot. Mag., 78, 111—119 (1965).
- 6) 松島省三・角田公正, 収量の診断. 戸蒔義次・天辰克己編, 最新稲作診断法, p. 71—80, 農業技術協会, 東京 (1969).

- 7) 山田 登・太田保夫, 早期及び晩期栽培水稻の生育相. 農及園, 31, 1—6 (1956).
- 8) 山川 寛, 暖地における栽培時期の移動に伴う水稻の生態変異に関する研究. 佐賀大農学集報, 14, 1—159 (1962).
- 9) 小松良行・原楨 紀・川崎 勇・石川越三, 暖地水稻における早植多収栽培の実証とその要因解析. 四国農試報, 10, 1—38 (1964).
- 10) 佐本啓智, 水稻早期, 早植栽培の生態に関する研究. 東海近畿農試報, 15, 1—42 (1966).
- 11) 高村泰雄・竹内史郎・長谷川浩, 土壤温度が作物の生育に及ぼす影響. 日作紀, 29, 195—198 (1961).
- 12) 松島省三・田中孝幸・星野孝文, 水稻収量の成立原理とその応用に関する作物学的研究 第75報 茎葉部・茎基部・根部の各部に対する温度処理が分けつ発生に及ぼす影響. 日作紀, 34, 478—483 (1966).
- 13) 松島省三, 水稻収量の成立と予察に関する作物学的研究. 農技研報, A 5, 1—271 (1957).
- 14) 鈴木 守・中村公則, 暖地水稻の収量成立過程における気象要因の影響に関する二・三の解析. 日作紀, 47, 529—535 (1978).
- 15) 藤井發典, 佐賀県を中心にした暖地稲作の発展過程. 農及園, 55, 988—992 (1980).
- 16) 深城貞義, 稲の分蘖に関する研究 III 日照度が稲の分蘖に及ぼす影響に就いて. 香川大農学報, 8, 240—243 (1957).
- 17) 花田毅一, 作物の分枝性に関する研究 第8報 異なる照度および温度条件下における水稻品種の分けつ性の差異について. 日作紀, 43, 88—98 (1974).
- 18) 佐藤 庚, 稲の組織内澱粉に関する研究 第12報 気温が稲の生長および体内成分に及ぼす影響. 日作紀, 34, 403—408 (1966).
- 19) 佐藤 庚, 環境に対する水稻の生育反応 第1報 栄養生長期の生育に及ぼす気温の影響. 日作紀, 41, 388—393 (1972).
- 20) 柿崎洋生, 制御環境下における分けつ発生と温度の関係. 日作東北支部会報, 19, 43—46 (1976).
- 21) 西山岩男, イネの冷温障害の生理 [3] —苗代期ならびに本田初期生育—. 農及園, 57, 273—276 (1982).
- 22) 玖村敦彦, 水稻に於ける葉身の窒素濃度が収量構成要素に及ぼす影響. 日作紀, 24, 177—180 (1956).
- 23) 高橋成人・岡島秀夫・高城成一・本田 強, 水稻の分蘖の発生機構 I 要素欠除下に栽培した水稻の分蘖発生について. 東北大農研報, 8, 91—117 (1956).
- 24) Tanaka, A. and Garcia, C. V., Studies of the relationship between tillering and nitrogen uptake of the rice plant. *Soil Sci. and Plant Nutr.*, 11, 129—135 (1965).
- 25) 石塚喜明・田中 明, 水稻の栄養生理, p. 235—237, 養賢堂, 東京 (1969).
- 26) 山本由徳, 水稻の植傷みに関する研究 第8報 移植後の遮光が体内成分含有量および根の活力に及ぼす影響. 日作紀, 52 (別1), 17—18 (1983).
- 27) 山本由徳・前田和美・林喜三郎, ————— 第4報 移植後の温度とその処理期間が処理後10日間の分けつの生長に及ぼす影響. 日作紀, 46 (別2), 151—152 (1977).
- 28) 山本由徳, ————— 第5報 移植後の温度とその処理期間が同一葉令時の生長に及ぼす影響. 日作紀, 47 (別1), 21—22 (1978).
- 29) 村田吉男, わが国の水稻収量の地域性に及ぼす日射と温度との影響について. 日作紀, 33, 59—63 (1964).
- 30) 相見豊三・沢村 浩・昆野昭晨, 作物の登熟機構に関する研究. 日作紀, 27, 405—407 (1959).
- 31) 松島省三・和田源七, 水稻収量の成立原理とその応用に関する研究 LII 水稻の登熟機構の研究 (10). 日作紀, 28, 44—45 (1959).
- 32) 佐藤 庚・稲葉健五, 水稻の高温稔実障害に関する研究 第5報 稔実期の高温による炭水化物受入れ能力の早期減退について. 日作紀, 45, 156—161 (1976).
- 33) 志賀一一, 水田の土壤改良. 石沢修一・江川友治・村山 登監修, 土壤肥料新技術, p. 16—34, 技報堂, 東京 (1969).

(昭和59年9月30日受理)

(昭和60年1月9日発行)