

南九州シラス地帯における早期水稲増収技術に関する研究

I. 慣行栽培法のなかでの移植時期の移動が生育収量に及ぼす影響

中釜明紀・長野幸男・植木健至*

(1978年10月31日 受理)

Studies on the High-Yielding-System in Early-Season Rice-Culturing on Sandy Soil (Sirasu) in Southern Kyushu

I. The effects of the cultivation-period-shiftings under the familiarized cultivation-method on the growth and the yield

Akinori NAKAGAMA, Sachio NAGANO and Kenji UEKI*

緒 言

南九州で水稲早期栽培が普及に移されてから約20年を経過したが、その収量は近年停滞気味で、普通期栽培と比較してかなり低レベルである。早期栽培の研究はわずか20余年であり、普通期栽培のそれに比べれば問題にならない。このことを明確に認識したうえで、現状の早期栽培技術の評価を行わねばならないが、要するにこれまで鹿児島県で行われた試験研究は、防災営農の視点から安定した耕種基準の作成に力点がおかれ、増収技術の開発はこれからといっても過言でないだろう⁷⁾。このような観点から著者らは南九州特有の環境条件との関連のもとに、生育収量の解析を行うとともに、多収のための試行を行うことにしたものである。

ところで、寒暖両地域間の早植栽培における収量の差異は、単位面積当たり穂数の多少の差異によるという見解がこれまでなされてきた。また北日本の早植栽培における旺盛な茎数増加は生育初期の低温に起因することが認められている³⁾。これは南九州においても茎数一穂数増が当面増収上の急務であることを示すものであって、著者らが最初に栽培時期に着目した理由もここにあった。つまり、現行の栽培基準のもとでは4月下旬が移植の適期であるという判断に異論をはさむものではないが、鹿児島県の4月下旬の平年気温は約17°Cであって、東北地方の早植栽培の移植期のそれと比較するとき、やや高温に経過しており、もし人為的に他の栽培環境を変えられれば、より早植が効果的であるかも知れない。本実験は現在の栽培慣行のもとで、移植時期の変動に伴う生育、収量に關与する諸形質の動態を調査することにより、前記思考の展開のための基礎資料を得ることを目的として行ったものである。

材料および方法

本実験は本学附属農場で1977年に行ったものである。第1表に示すようにササニシキ、コシヒカリの2品種を供試し、各品種について栽培時期4段階、施肥条件2段階を組み合わせた8処理区を設けた。1区面積は4m²、栽植距離は28×14cm (m²当たり25株)で、4本植え2回反覆とした。なお加温したガラス室で育成した2.5葉の稚苗を手植えした。4段階の栽培時期のうち第1表におけるⅢ、Ⅳ時期、とくに後者は鹿児島県の耕種基準の適期に相当するものである。また2段階に分け

* 作物学研究室 (Laboratory of Crop Science)

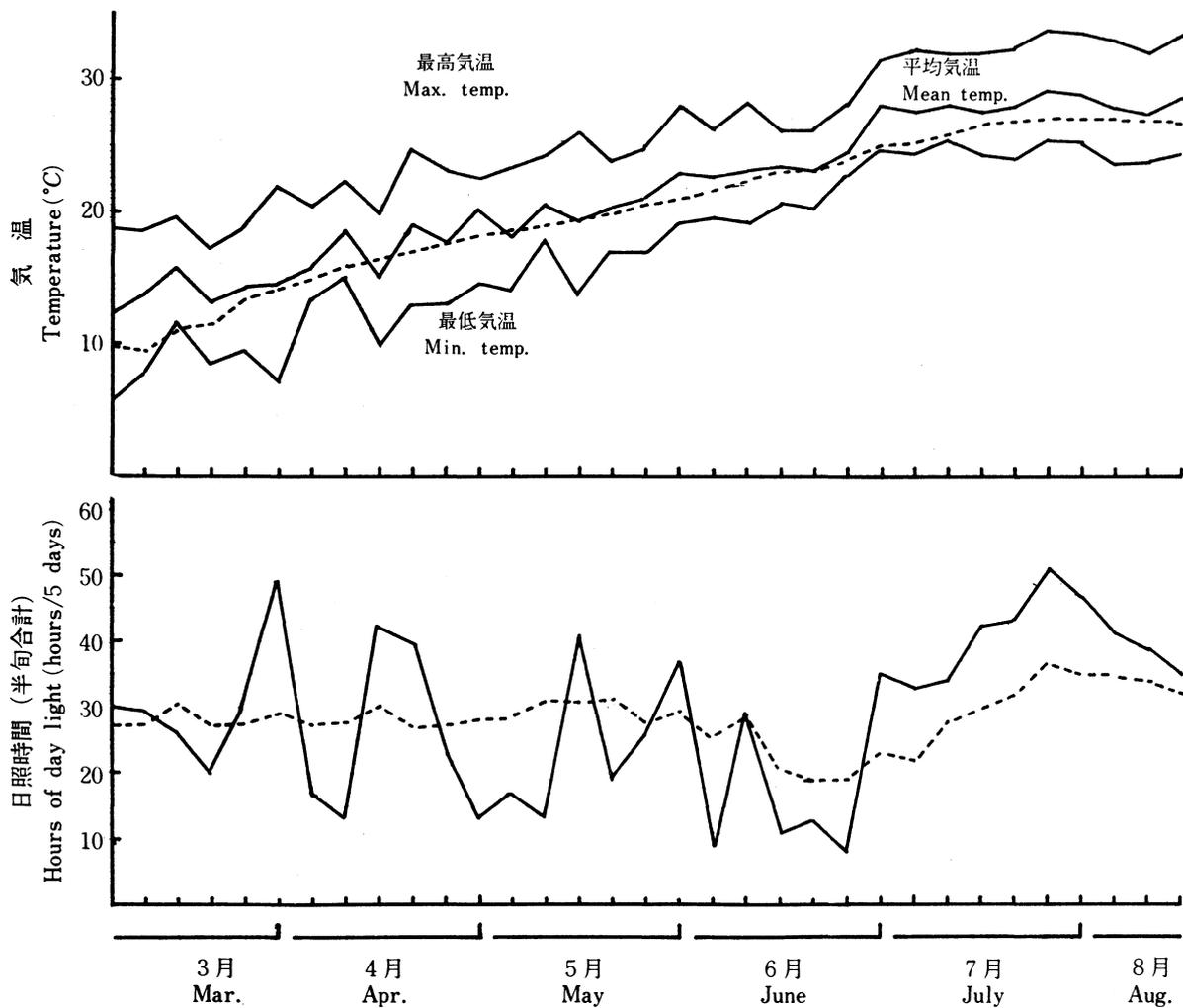
た施肥量のうちA区は鹿児島県の施肥基準に基づくものである。すなわち燐酸を全量基肥とし、窒素を移植期、活着期、幼穂形成期にそれぞれ1a当たり0.4kg, 0.2kg, 0.3kg, また加里を同時期に0.9kg, 0.3kg, 0.3kgに分施した。B区では上記に加えて分けつ期(茎数が20本に達した時期)に窒素および加里をそれぞれ1a当たり0.3kgずつ施用した。

生育調査は移植後1週間ごとに行った。また4月12日より10日ごとに各区の中庸株2株を採取して、緑葉面積および地上部乾物重を測定し、さらにそれに基づいて葉面積指数(LAI)、個体群生長率(CGR)および純同化率(NAR)を常法により求め生育解析を試みた。収穫後各区の10株について分解調査を行い、収量および収量構成要素について検討を行った。

結果および考察

第1図に実験期間中の気温および日照時間を示した。

全期を通して気温は平年よりやや高く推移した。5月上旬および6月中・下旬は比較的寡照であったが、それ以外の時期は好天に恵まれ、とくに登熟期に相当する7、8月は高温多照であった。



第1図 実験期間中の気温と日照時間

Fig. 1. Temperature and hours of day light during experimental period.

----- : 平均気温と日照時間の平年値

Normal values of mean temperature and hours of day light.

第1表に各区の栽培時期の移動に伴う生育パターンの変化を示した。

早植に伴い栄養生長期（移植期から幼穂形成期までの日数）が長くなるために、暦日からみて出穂期の区間の幅（Ⅰ～Ⅳ時期、27日間）は、移植期のそれ（Ⅰ～Ⅳ時期、52日間）と比較して大幅に近接した。一方登熟期間は、やや低温（6月下旬）に遭遇したⅠ時期を除けばⅡ～Ⅳ時期間に差異は認められなかった。以上の傾向は品種、施肥法の差異によって大きく影響されることはないと判断された。

第1表 栽培時期の移動に伴う生育パターンの変化

Table 1. Changes of growth pattern in relation to the shiftings of cultivation-period.

品 種 Variety	栽培時期 Cultivation period (移植時期) (Transplanting period) 月・日 Month·Day	施 肥 ¹⁾ Fertilizer application	幼穂形成期 Panicle initiation stage 月・日 Month·Day	栄養生長期 ²⁾ Duration of vegetative growth	出穂期 Heading date 月・日 Month·Day	登熟期 Date of maturity 月・日 Month·Day	登熟期間 ³⁾ Duration of maturity	全生育期間 Total growing period
コシヒカリ Koshihikari	Ⅰ (3. 7)	{ A	5.24	78	6.22	7.26	34	141
			5.21	75	6.19	7.25	36	140
	Ⅱ (3.28)	{ A	6. 2	66	6.27	7.29	32	123
			6. 4	68	6.29	8. 1	33	126
	Ⅲ (4.12)	{ A	6. 8	57	7. 4	8. 1	28	111
			6. 8	57	7. 4	8. 3	30	113
	Ⅳ (4.28)	{ A	6.16	50	7.12	8.10	29	105
			6.19	53	7.15	8.13	29	108
ササニシキ Sasanishiki	Ⅰ (3. 7)	{ A	5.25	79	6.23	7.29	36	144
			5.23	77	6.21	7.29	38	144
	Ⅱ (3.28)	{ A	6. 6	70	7. 1	8. 1	31	126
			6. 4	68	6.29	8. 2	34	127
	Ⅲ (4.12)	{ A	6. 8	57	7. 4	8. 5	32	115
			6. 9	58	7. 5	8. 6	30	115
	Ⅳ (4.28)	{ A	6.20	54	7.16	8.15	30	110
			6.20	54	7.16	8.15	30	110

1) A: 窒素, 燐酸, 加里を1a当たり0.9kg, 1.1kg, 1.5kg施用した
Fertilizers were applied at a level of 0.9kg N/a, 1.1kg P₂O₅/a and 1.5kg K₂O/a.

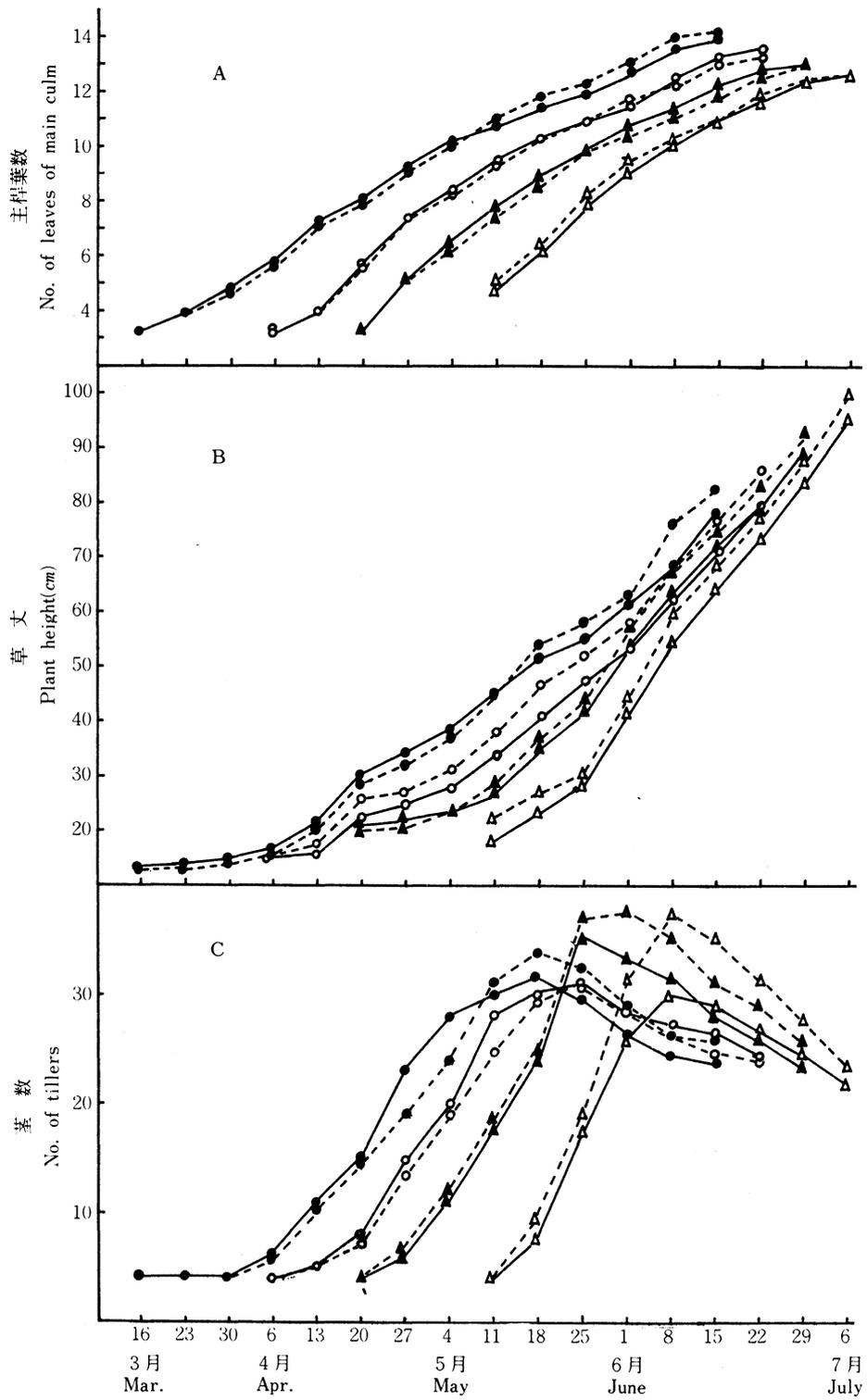
B: 窒素, 燐酸, 加里を1a当たり1.2kg, 1.1kg, 1.8kg施用した
Fertilizers were applied at a level of 1.2kg N/a, 1.1kg P₂O₅/a and 1.8kg K₂O/a.

2) 移植から幼穂形成期までの日数
Number of days from transplanting to the panicle initiation-stage.

3) 出穂から収穫までの日数
Number of days from heading to harvesting.

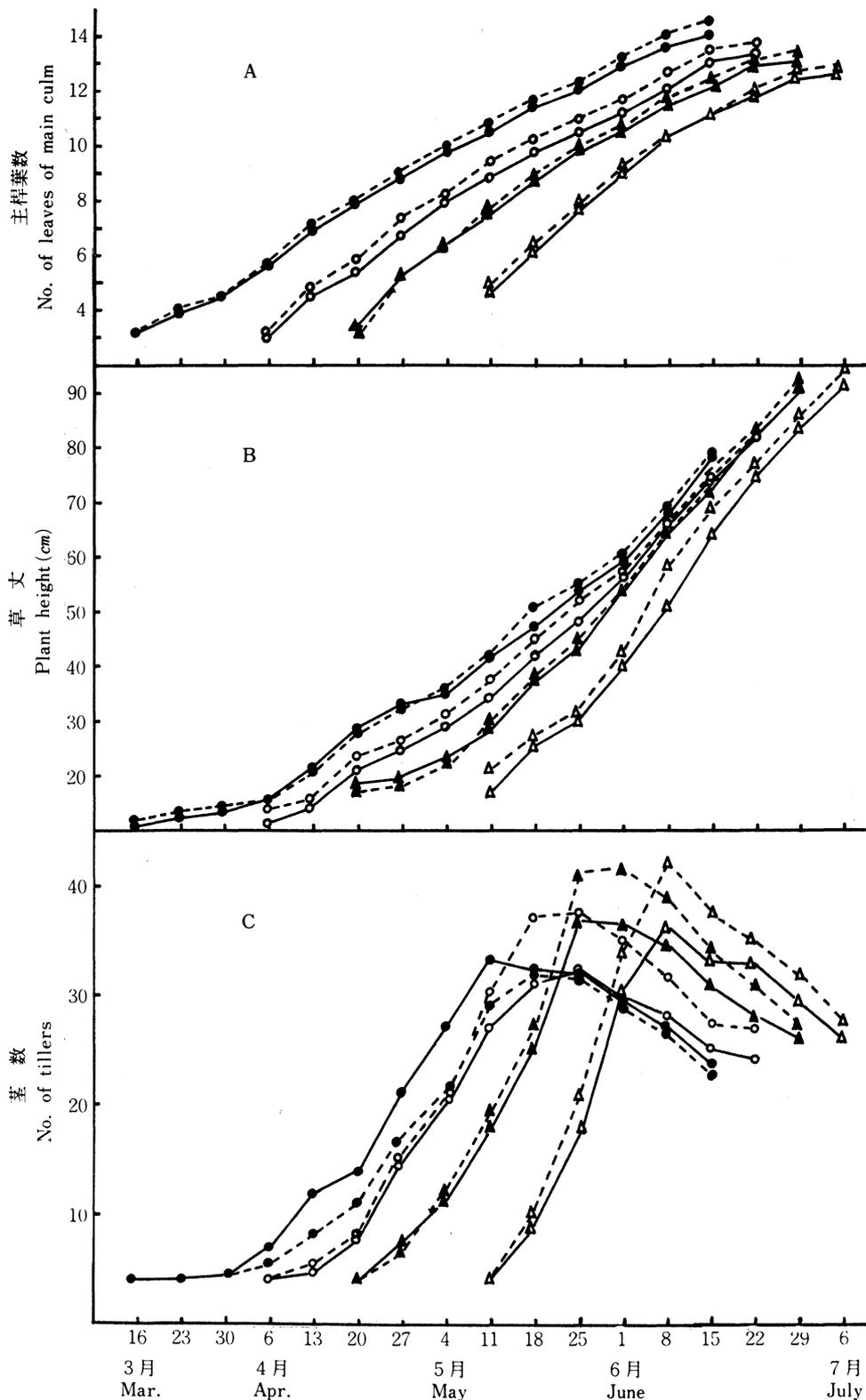
草丈, 茎数および主桿葉数の推移をコシヒカリについては第2図, ササニシキについては第3図に示した。

草丈の伸長は栽培時期の早いものほど初期の停滞が顕著で, その後(Ⅰ時期では4月上旬)直線的な増加を示すが, その伸長速度は栽培時期の遅いものに比べて緩やかであった。次に茎数の推移をみると栽培時期の早いものでは, 移植後しばらく停滞し, その後(Ⅰ時期では3月下旬)気温の上昇とともに増加した。主桿葉数については, 移植後上記草丈, 茎数にみられたような停滞はみら



第2図 各区の葉数(A), 草丈(B) および茎数(C) の推移 (品種 コシヒカリ)
 Fig. 2. Changes of number of leaves(A), plant-height(B) and number of tillers(C) in each plot (var. Koshihikari).

●—● : I—A, ●- - -● : I—B,
 ○—○ : II—A, ○- - -○ : II—B,
 ▲—▲ : III—A, ▲- - -▲ : III—B,
 △—△ : IV—A, △- - -△ : IV—B.



第3図 各区の葉数(A), 草丈(B) および茎数(C) の推移 (品種 ササニシキ)
 Fig. 3. Changes of number of leaves(A), plant-height(B) and number of tillers(C) in each plot (var. Sasanishiki).

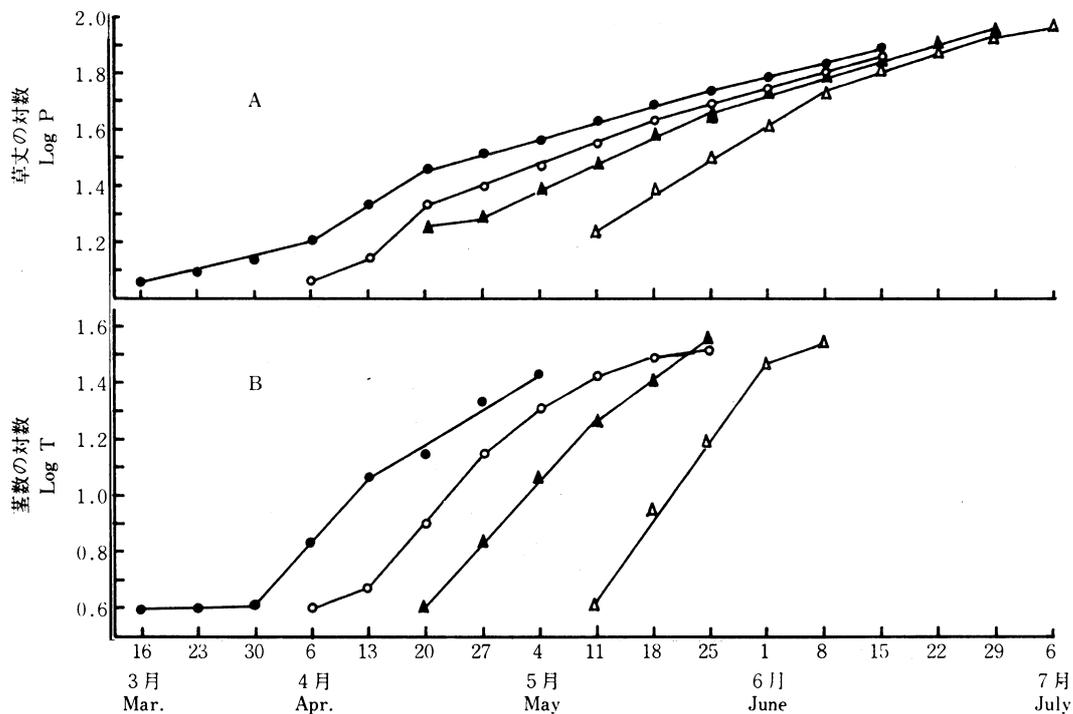
記号は第2図に同じ
 Symbols are the same as in Fig. 2.

れず、I時期も移植後緩慢であるが増加を示し、主桿総葉数も早植区ほど大となる傾向が認められた。以上の草丈、茎数および葉数における推移にみられた傾向は品種、施肥量によって乱されることがないと考えられた。

停滞期の長短からみて早植区における3形質の差異については若干の興味もたれる。すなわちI時期に着目して第2図、第3図を第1図と対比した場合に、草丈、茎数および葉数はそれぞれ平均気温約16°C、15°C、13°C付近で立ち上がりを示している。つまり葉数、茎数、草丈の順にそれぞれの増加開始点が早まることがみられることにより、3形質間に低温感応度の差異が存在することが推定される。したがってこの傾向は早植に伴う限界低温期の生育を考える場合、注目すべき現象と思われる。

両品種の出穂時における草丈は早い栽培時期ほど低くなる傾向がみられ、第2、3図にみられるようにI時期とIV時期には5%水準で有意差が認められた。しかし最高茎数に着目した場合、草丈にみられたような有意な差は認められなかった。これは早い栽培時期の最高茎数がブロック間で大きく変動したためである。すなわち概して遅い栽培時期のもの、とくに追肥区(B区)において最高茎数が多い傾向がみられたものの区間に有意差をみるに至らなかったことは、早植区においてブロック間の地力などの差異の影響が茎数により強く表われたことによるものと推定される。したがって早植するほど環境に対して敏感であることが考えられ、今後ともとくに留意しておきたい。

次に草丈、茎数の推移について相対増加率⁴⁾からの検討を試みたい。いずれの処理区も全般的に同一傾向を示したのでここではササニシキのA区で代表して第4図に示した。



第4図 各栽培時期における草丈(A) および茎数(B)の常用対数の推移 (品種 ササニシキ)

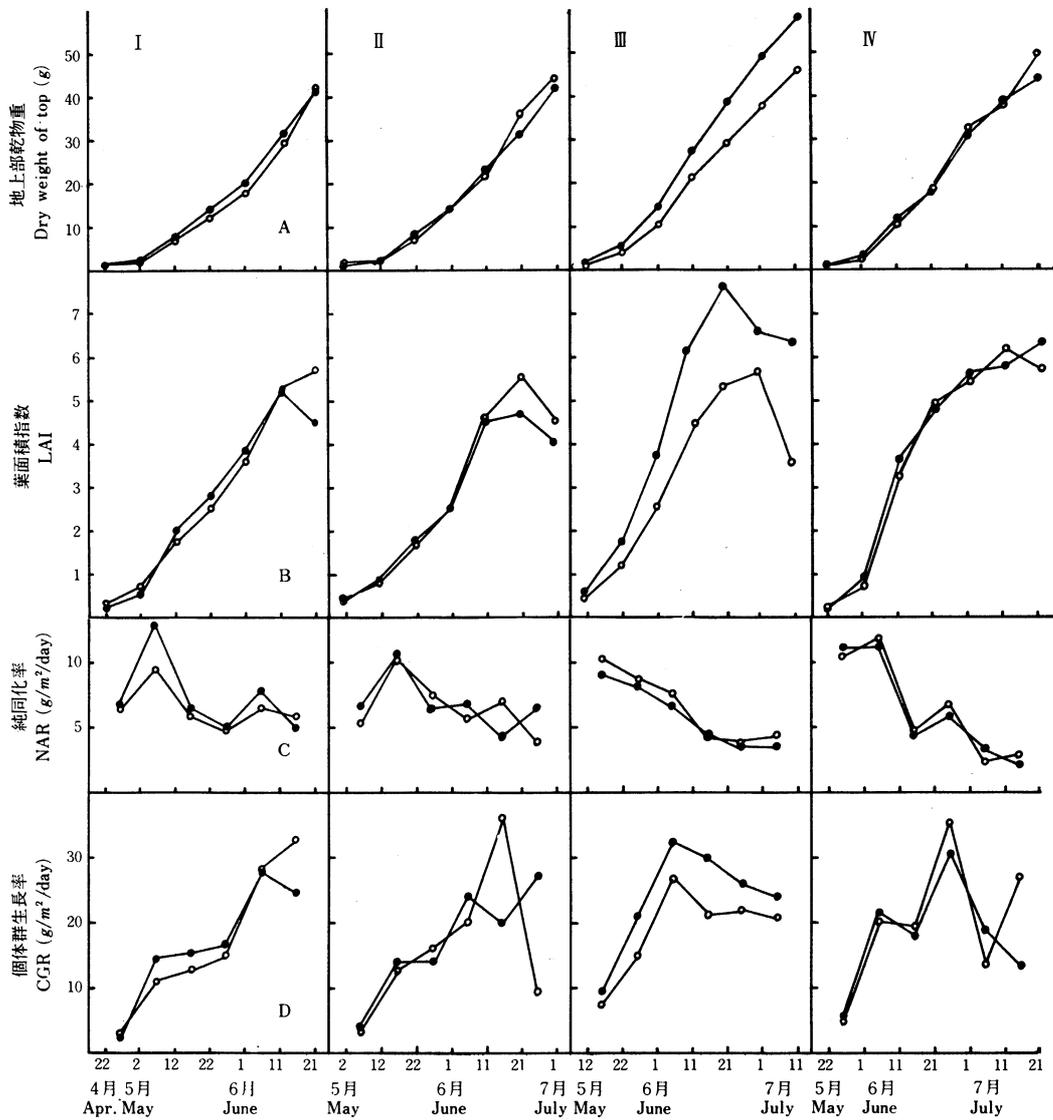
Fig. 4. Changes of common logarithm of plant-height(A) and number of tillers(B) in each cultivation-period (var. Sasanishiki).

記号は第2図に同じ

Symbols are the same as in Fig. 2.

草丈は第3図に示した停滞期以後の増加速度は幼穂形成期ごろまではほぼ直線的であって、以後漸減する。この直線部分に着目した場合、明らかに栽培時期の早いものほど直線勾配が小となっている。つまり栽培時期が早まるにしたがって、低温による伸長抑制が著しいことがわかる。一方、分けつは分けつ増加期においては草丈と同様に各栽培時期とも直線的傾向を示すが、ここでは草丈と異なりその直線勾配の時期間差ははるかに小である。つまり分けつは栽培時期の移動に伴う気温の影響度が草丈にくらべてはるかに少ないことを意味するものである。これ以後分けつ増加速度は漸減するが、とくに早植区ほどこの茎数減退期が早くきている。これらの点に関しては後段で再び言及したい。

次に前述の停滞期を除き出穂期までの地上部乾物重、LAI、NARおよびCGRの変化をササニシキについて第5図に示した。



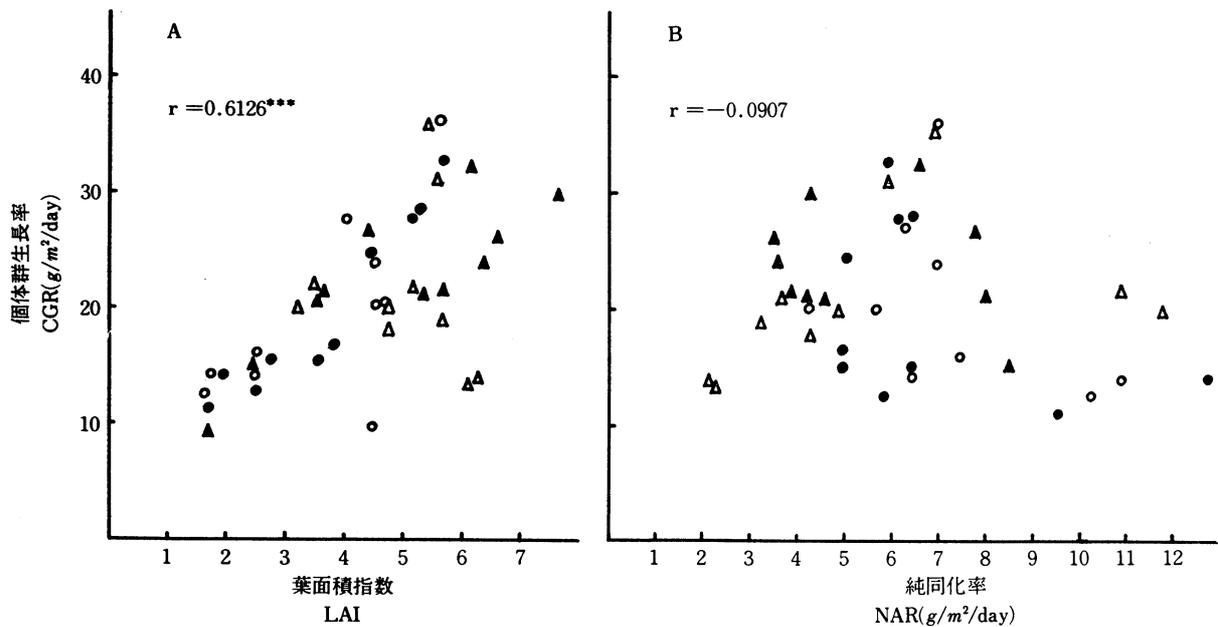
第5図 各栽培時期における地上部乾物重(A)、葉面積指数(B)純同化率(C)および個体群生長率(D)の変化 (品種 ササニシキ)

Fig. 5. Changes of dry-weight(A), LAI(B), NAR(C) and CGR(D) in each cultivation-period (var. Sasanishiki).

I ~ IV: 栽培時期
Cultivation-period. ○: A区 ●: B区
A plot. B plot.

まず乾物重については、出穂期のそれは区間に大差はみられないが、Ⅲ時期において追肥効果がみられたこと、またⅠ、Ⅱ時期の増加曲線が若干指数曲線的様相を示したことが特徴的であった。LAIについては、栽培時期の遅延によってやや増加傾向がみられるものの大差はみられず、ただⅢ時期B区が乾物重と同様追肥の影響が大きく表われている。NARは全般的に生育の進行とともに減少傾向がみられるが、とくにⅣ時期のそれが著しいように思われた。最後にCGRについては、早植のⅠ、Ⅱ時期で出穂期まで漸増傾向がみられるのに対し、Ⅲ、Ⅳ時期のそれは最高分けつ期付近でピークをとり、以後漸減することが認められた。

CGRに対するLAIおよびNARの関係について第6図に示した。



第6図 個体群生長率と葉面積指数(A) および個体群生長率と純同化率(B) の関係
Fig. 6. Relations between CGR and LAI (A), and CGR and NAR (B)

*** 0.1%水準で有意
Significant at 0.1% level.

記号は第2図に同じ
Symbols are the same as in Fig. 2.

第2表 各栽培時期の個体群生長率、葉面積指数および純同化率相互間の相関係数
Table 2. Correlation coefficients between CGR, LAI and NAR in each cultivation-period.

栽培時期 Cultivation period	個体群生長率と純同化率 CGR and NAR	個体群生長率と葉面積指数 CGR and LAI	純同化率と葉面積指数 NAR and LAI
Ⅰ	-0.359	0.948***	-0.591
Ⅱ	-0.123	0.649*	-0.739**
Ⅲ	-0.218	0.769**	-0.689*
Ⅳ	0.363	-0.098	-0.901***

*, **, ***, それぞれ5%, 1%および0.1%水準で有意
Significant at 5%, 1% and 0.1% levels, respectively.

すなわちCGRに対しては、早期栽培ではLAIがNARよりも強く影響することが明らかである。これらの関係をさらに栽培時期別にみたものが第2表である。各栽培時期を通じてCGRとNARとはまったく相関がみられなかったが、CGRとLAIはⅠ～Ⅲ時期、とくにⅠ時期で高い相関がみられ、

一方NARとLAIはⅡ～Ⅳ時期に、とくにⅣ時期で高い負の相関がみられている。すなわち早い栽培時期においてはCGRに対してLAIの効果度はきわめて大であるにもかかわらず、Ⅳ時期にみられるように栽培時期が遅延した場合は、NARの減退によりLAIの効果相殺されたとみてよいであろう。換言すれば若干茎葉の相互遮蔽の影響が出ているともいえよう。

第3表 各区の収量および収量構成要素
Table 3. Yields and yield components in each plot.

品 種 Variety	栽培時期 Cultivation period	施 肥 Fertilizer application	穂 数 Number of panicle	平均1穂粒数 Mean number of grains per panicle	1株全粒数 Number of grains per hill	千粒重 Weight of 1000 grains (g)	登熟歩合 Percentage of ripened grains (%)	精収収量 Winnowed paddy yield per hill (g)
コシヒカリ Koshihikari	Ⅰ	A	19.5	63.5	1236.4	24.7	74.7	21.2
		B	20.0	73.3	1462.0	23.5	72.3	24.9
	Ⅱ	A	19.9	67.8	1349.4	24.0	78.0	25.3
		B	18.7	69.5	1305.4	24.7	77.9	25.0
	Ⅲ	A	18.8	63.7	1196.1	25.0	78.5	23.5
		B	20.8	68.3	1419.1	24.4	77.5	26.8
	Ⅳ	A	19.9	72.5	1440.7	23.2	66.6	22.2
		B	21.3	76.6	1697.1	22.7	65.3	25.7
ササニシキ Sasanishiki	Ⅰ	A	21.0	75.9	1593.9	24.0	64.8	24.9
		B	19.8	78.8	1560.2	24.3	63.1	23.9
	Ⅱ	A	20.1	70.3	1413.0	24.7	69.9	24.4
		B	19.2	69.3	1330.6	25.0	70.4	23.4
	Ⅲ	A	22.4	71.6	1603.8	24.8	63.9	24.3
		B	24.9	76.1	1894.9	24.0	59.6	27.1
	Ⅳ	A	19.6	73.1	1432.8	24.2	69.0	23.9
		B	20.5	74.2	1521.1	24.1	66.0	24.2

第4表 収量および収量構成要素の分散分析
Table 4. Analysis of variance of yields and yield-components.

形 質 Character	自由度 D.F.	穂 数 Number of panicle	平均1穂粒数 Mean number of grains per panicle	1株全粒数 Number of grains per hill	千粒重 Weight of 1000 grains	登熟歩合 Percentage of ripened grains	精収収量 Winnowed paddy yield per hill
C ¹⁾	3	7.4**	52.9*	—	1.5***	79.4*	—
V ²⁾	1	8.7**	124.4**	1874.1***	0.9*	488.3***	—
F ³⁾	1	—	115.1**	1101.1*	—	—	—
C x V	3	7.5**	57.1*	1061.9**	0.6*	104.7*	—
C x F	3	4.6*	104.3**	—	0.5*	—	—

*, **, ***, それぞれ5%, 1%および0.1%水準で有意
Significant at 5%, 1% and 0.1% levels, respectively.

1) 栽培時期 2) 品 種 3) 施 肥
Cultivation period, Variety, Fertilizer application.

第3表に収量および収量構成要素を示した。なお第4表にこれらの分散分析結果を示したが、収量を除き各要素はそれぞれ単独の主効果を示した。しかしこれらには栽培時期と品種間に交互作用が認められ、穂数、1穂粒数および千粒重には栽培時期と施肥量間にも交互作用があった。穂数はコシヒカリの各区に大差ないが、ササニシキではⅢ時期、なかでもB区において多い。1穂粒数に

ついては、コシヒカリはⅣ時期で、またササニシキはⅠ時期でまさる傾向を示している。1株全粒数は、コシヒカリでは1穂粒数でまさるⅣ時期において、ササニシキでは穂数でまさるⅢ時期において多くなっている。千粒重はササニシキの各区に大差ないが、コシヒカリではⅣ時期で低く、とくにB区の低下が著しい。登熟歩合については、ササニシキがⅢ時期で低い傾向を示し、コシヒカリではⅣ時期の低下が著しい。なお1株全粒数と登熟歩合の間に高い負の相関が認められた ($r = -0.820^{***}$)。このように栽培時期の早晚によって若干傾向の差異がみられるものの全般的に、1株全粒数と登熟歩合の間に明らかな逆相関が認められるなかで、収量構成要素が互いに相殺し合う結果、収量には栽培時期、品種および施肥量のいずれにも差異は認められなかったものと思われる。

以下、暖地早期栽培について若干の考察を試みたい。水稻早植の最大効果は茎数ひいては穂数増にあることは周知の事実である³⁾。また山田ら⁸⁾は早期水稻の旺盛な乾物生産は乾物生長速度よりその生長期間の長さにあることを指摘している。しかし乾物生長速度に関連して、本実験においては第4図の直線部分にみるように、草丈の相対増加率は栽培時期の早いものほど小となるのに対して、茎数の相対増加率は栽培時期の移動により大きな差異は認められていない。つまり早植しても平均気温が15°C以上あれば茎数増加速度は十分に維持されることを示している。佐藤⁵⁾は草丈は25°Cで最も多く、一方茎数は13°C以上なら低いほど多いとし、また松島ら¹⁾は効率的な分けつ発生には16°C前後の冷温が効果的であるとし、さらに植木⁶⁾も草丈と茎数はまったく異なる水温反応を有することを指摘している。これらの報告は、いずれも本実験でみた草丈と茎数の温度反応の差異の存在を裏付けているとみてよいであろう。

次に生長期間に関しては、第1表からも明らかなように栄養生長期間は早植に伴って長くなるとみてよい。つまりⅠ時期のように早植によって分けつ期間(停滞期終了後最高分けつ期まで)は長くなる。前述のように早期水稻において茎数増加速度に大きな差異がないとすれば、最高茎数の多少は当然分けつ期間の長短に帰せられることは明らかであって早植の利点である。しかしここで佐本ら²⁾の指摘するように、早い作期のものほど肥料効果は大であり、無肥料条件では早植の特性を十分発揮し得ないことに注目しなければならない。本実験においては第4図の早植区において、茎数の相対増加率は早い時期に立ち上がりをもせたものの、意外に早く鈍化をきたし、結果として茎数増に直結せず、乾物生長および収量は慣行区と大差ないところに落ち着いた。つまり慣行施肥量、施肥方法では早植に伴う生育日数の延長に対応し得なかったことに他ならない。このことは現行早期栽培における元肥重点主義の再検討を意味するものであって、さらにシラス水田特有の漏水過多をあわせ考えれば、本実験におけるB区、つまり窒素3kgの1回追肥程度ではとても解決できない問題といえる。

元来早期水稻において、とくに稚苗移植の場合茎数増は期待される反面、穂の短小化によって増収が阻害されることはしばしば指摘されてきたことである。にもかかわらず現実の鹿児島県における早期水稻の面積当たり穂数は依然低レベルであることを考えれば、有効穂数確保がまず第一に考えられねばならない問題であって、本実験の目的もここにあった。この点、前述の低温による草丈抑制効果は注目に値する。すなわち早植による茎数増に加えて、低草丈の良好な受光態勢を持つことが考えられる。いいかえれば将来施肥設計の再検討、あるいは土壌改良などがなされれば、暖地においては早植がより多収に直結する可能性は十分にあると見てよいのであって今後の課題としたい。

摘 要

本報は3月上旬から4月下旬までコシヒカリとササニシキをおおよそ半月ごとに移植し、慣行栽培のもとでその後の地上部の生育解析を行うとともに収量および収量構成要素の変化を調査したものである。実験結果は次のとおりである。

1) 早植区における観察から、葉数、莖数および草丈の増加開始温度は平均気温でそれぞれ13°C、15°Cおよび16°C付近と推定された。

2) 草丈と莖数では温度反応が異なることが認められた。すなわち草丈の相対増加率は栽培時期が早くなるほど低くなるのに対して、莖数のそれは栽培時期別に明瞭な差異を認め難いほどに類似の傾向を示した。

3) 分けつ増加開始期から最高分けつ期までの期間は明らかに早植区ほど長い。しかし分けつ鈍化期もまた早植区ほど早く出現したために、結果として早植による穂数増は得られなかった。

4) 早植区ほどCGRに対するLAIの影響度は大で、遅植区ではおそらく相互遮蔽のためと思われるが、NARの減少によりLAIの効果は相殺された。

5) 収量構成要素については相互に補償される程度での変化がみられたにすぎず、したがって栽培時期間に収量の有意差は認められなかった。

以上早植のもつ有利性を本実験では活かせなかったが、今後土壌、肥料条件などの改良により莖数—穂数増による収量増は十分に期待しうるとの確信を得た。

文 献

- 1) 松島省三・田中孝幸・星野孝文 1962 日作紀 34:478—483.
- 2) 佐本啓智・杉本勝男・山川勇・鈴木嘉一郎・宇田昌義 1963 同上 35:54—58.
- 3) ——— 1966 東海近畿農試研報 15:1—42.
- 4) スネデカー, G. W. 1962 統計的方法 改訂版, 畑村又好他共訳, 岩波書店, 東京, 403—423.
- 5) 佐藤庚 1974 日作紀 43:402—409.
- 6) 植木健至 1963 同上 35:1—2.
- 7) ——— 1971 限界地農業の展開, 梶井功他編, 御茶の水書房, 東京, 109—129.
- 8) 山田登・太田保夫 1956 農及園 31:769—774.

Summary

This experiment was conducted in order to find out a high yielding system in the early-season culturing of rice-plants.

Variations in rice-growth and -yield, due to the shiftings of cultivation period under the familiarized method of fertilizer-application, were investigated. Using the varieties of Koshihikari and Sasanishiki, transplantings were made under the periods ranging from early March to late April at an interval of about 15 days.

1) In the early cultivated plants, initial increments of leaf-number, tiller-number and plant-height observed at about 13 °C, 15 °C and 16 °C (mean temperature), respectively.

2) Difference in temperature-reaction between plant-height and tiller-number was noticed. Namely, as cultivation-period was hastened, relative increase-rate of plant-height was lowered. On the other hand, almost no difference was noted in the increase-rate of tiller-number, due to the shiftings of cultivation period.

3) Concerning the tiller increment, duration from the beginning to the maximum was prolonged as cultivation-period was hastened. On the other hand, the earlier appearance of the declining stage of relative increase-rate was occasioned. Consequently, no effect of early planting on the increase of the panicle-number was to be recognized.

4) At the early cultivation-period, crop-growth-rate (CGR) was strongly influenced by the leaf-area-index (LAI), but the effect of LAI on CGR was to be offset by the decreasing of the net assimilation-rate (NAR), due to mutual shadings at the late cultivation-period.

5) Between the cultivation-periods, no significant differences in yields were recognized.

From the results mentioned above, it was assumed that if in the early cultivation-period any improvements on soil and fertilizer conditions were made, the attainment of higher yield would not be impossible.