道農試集報　30：25-31 (1974)

水稲の生育促進に関する研究

II. 機械移植栽培における生育促進法

天野高久*　小川　勉*　森脇良三郎*

Growth Acceleration of Rice Plants

II. Growth acceleration technique in mechanical transplanting

Takahisa AMANO*, Tsutomu OGAWA*
and Ryozaburo MORIWAKI*

育苗を簡易化する目的で考案された箱を使用しない簡易育苗法は，慣行の箱育苗法よりも生育が促進される。このことは，簡易育苗法における育苗期間中の出葉速度が箱育苗におけるよりも促進されることと関係がある。機械移植用の育苗様式におけるように，密播条件下で出葉速度が促進されるためには，第1葉および第2葉が小さく形成されることが必要であり，そのためには，出芽温度を30°C前後に保つことを避け，簡易育苗でおこなわれるように，その期間をより低温に保つことが一つの方法であると言える。

緒　　言

近年，北海道においても，移植作業の機械化が進行しつつあるが，普及上の最大の問題点は慣行の育苗様式にくらべて，生育が数日遅延することである。そして，その生育遅延の原因が，移植時における苗の葉数の少ないことにあることも明らかである[1]。

しかしながら，機械移植のための育苗は，機械の構造上や経済効果から，一般に，慣行の畑苗代にくらべて単位面積当りの播種量が数倍に達する条件下でおこなわれなければならないために，苗の葉数を増加させるのに熟苗育苗法に適用したように，播種量を減らし育苗日数を延長させるという方法をとるにも，おのずから限界があり，慣行苗に匹適するだけの葉数を確保することがきわめて困難である。従って，このような不良条件下で葉数を増加させるためには，新しい育苗様式の開発が必要であり，また，育苗管理方法にも新たな工夫がなされなければならないと考えられる。

本研究は，最近，機械移植用に開発されたいくつかの育苗様式の中から，健苗が得られやすいとされている箱を使用しないいわゆる簡易育苗法をとりあげ，これと従来の箱育苗法によって養成した苗について，育苗様式が異なることによって生育に遅速が生じるとすれば，また，苗の葉数に差異が生じるとすれば，それらの理由がどこに求められるかを明らかにし，生育促進のための育苗法を確立するための新しい知見を見い出そうとしておこなったものである。

本研究は1973年に実施されたもので，得られた結果は単年度のものであるが，その後におこなわれた試験によって，いくつかの点に確証が得られたので報告する。

研究を遂行するに当って島崎場長ならびに研究員の方々より，御指導と多くの助言をいただいたことに対して謝意を表する。

試 験 方 法

品種は「しおかり」を供試し，簡易育苗および箱育苗のそれぞれについて，葉数と素質の異なる苗を得るために，育苗日数を4段階，播種量を2段階として，ビニールハウスの中で標準的な育苗管理法によって苗を養成した。その概略は表1に示す通りである。なお，ここで簡易育苗というのは，育苗作業の省力化ならびに資材費の節減を主目的として考案された育苗法であり，整地した苗床に有孔ポリシートを敷き，その上に一般の育苗箱と同じ30 cm×60 cm×3 cm規格の無底の木わくを置いて土を詰め播種するものをいう。箱育苗との主な相違点として，次のようなことをあげることができる。すなわち，箱育苗では，根の下法へ

* 北海道立上川農業試験場　旭川市永山町

の伸長が底板で遮ぎられているのに対して，簡易育苗では，ポリシートの小孔を通して根が地中にまで伸長することができ，根部の生育領域に差異がみられる。また，それに伴って地表より下0.5 cmの地温に表2のような相違がみられる。

表1　育苗方法

育苗様式	播種量 (cc/箱)	播種日 (月・日)	備考
簡易育苗	200	4. 11	1) 4月16日播きは出芽むらが生じ，生育が遅延ぎみであった。 2) 各区共基肥として N, P_2O_5, K_2O をそれぞれ箱当り1g施用 3) 追肥は1.5葉期および2.5葉期にNを1gずつ施用
	200	4. 16	
	200	4. 23	
	200	5. 1	
	250	4. 11	
	250	4. 16	
	250	4. 23	
	250	5. 1	
箱育苗	200	4. 11	
	200	4. 16	
	200	4. 23	
	200	5. 1	
	250	4. 11	
	250	4. 16	
	250	4. 23	
	250	5. 1	

表2　地表より下0.5 cmの地温

育苗様式	温度 (°C)	4月 24日	25	26	27	28	29	30
簡易育苗	最高	20.5	14.0	13.5	28.0	27.0	15.0	31.0
	最低	11.5	10.0	8.5	6.5	8.0	8.5	6.5
箱育苗	最高	21.5	15,0	14.5	29.0	28.0	16.0	31.5
	最低	9.5	9.0	7.5	6.0	7.0	6.5	5.5

育苗様式	温度 (°C)	5月 1日	2	3	4	5
簡易育苗	最高	27.5	14.0	32.5	34.5	37.5
	最低	10.0	11.0	7.5	7.0	10.0
箱育苗	最高	29.0	14.0	30.0	35.0	38.5
	最低	8.5	9.5	5.5	5.5	8.0

出芽は，箱育苗が30°Cに調節された出芽器に2.5日間入れておこなわれたのに対して，簡易育苗は，ビニールハウス内で寒冷紗のマルチをおこない，平均地温が15°Cから20°Cの条件下でおこなわれた。

1区3箱で各箱から採取したものを一括して調査試料とし，移植前の5月19日にいっせいに苗調査をおこなった。

本田耕種法については，10アール当り窒素8 kg，燐酸8 kg，加里6 kgを全量基肥とし，1株3個体，平方メートル当り25株植えとして5月20日移植した。

生育の遅速は，幼穂形成期の早晩によって判定した。苗の素質と生育との関連について論じようとする場合，出穂期よりも幼穂形成期を指標にする方が，本田において環境条件の影響を受ける期間がそれだけ短縮される意味で，より直接的であると思われるからである。

結果および考察

1. 苗の葉数ならびに幼穂形成期

苗の葉数ならびに移植後の初期生育は，播種量と育苗日数によって強く支配されることは，経験的にもよく知られているところであるが，それが育苗様式によっても影響されるか否かを明らかにすることが本研究の第1段階である。結果は図1に示すように，苗の葉数は両育苗様式とも，育苗日数と播種量によって原則的に変化するが，育苗日数と播種量が同一の場合，簡易育苗における苗の葉数は箱育苗のそれよりも増加する傾向がみられ，育苗様式の差異によってもかなり左右される面のあることが認められた。

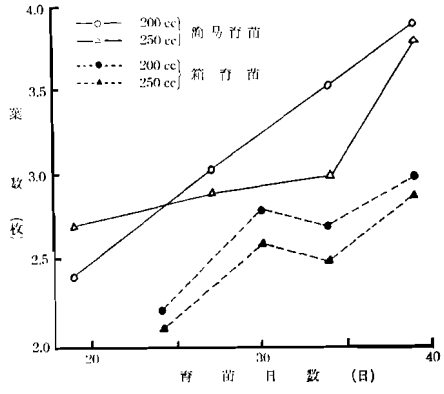

図1　育苗日数と葉数との関係

次に，これら各種の苗を本田に移植し，同一耕法で栽培して，それぞれの苗について幼穂形成期を調査した。その結果，図2に示すように，移植時の苗の葉数

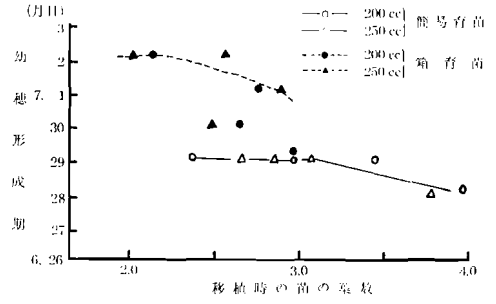

図 2 移植時の苗の葉数と幼穂形成期との関係

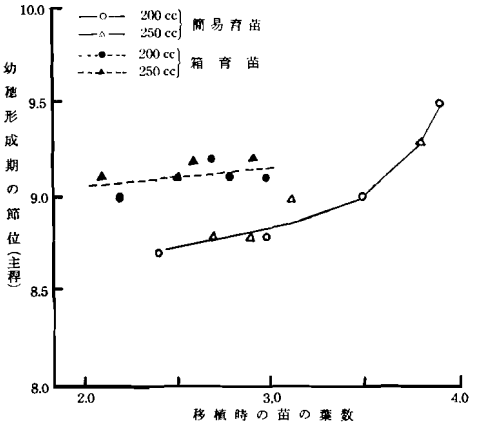

図 3 移植時の苗の葉数と幼穂形成期の節位 (主稈) との関係

が増加している程，幼穂幼穂形成期が促進される傾向がみられ，また，葉数が同一の場合は，簡易育苗の方が促進され，育苗様式の差異によっても幼穂形成期に遅速の生じることが認められた。

このように，同一播種量，同一育苗日数でも，育苗様式によって苗の葉数が異なること，苗の葉数が同一でも，幼穂形成期に遅速がみられるという結果は，播種量および育苗日数を操作する以外に，育苗様式など他の方法によっても苗の葉数の増加を図りうるという点を示唆しており，極めて興味深いものである。

2. 幼穂形成期と稲体の栄養条件との関係

同一品種を同一耕種法で栽培した場合，上述のように幼穂形成期に差異のみられることは，幼穂形成期までの稲体の栄養条件が幼穂形成期の遅速に強く関与していると考えなければならない。

幼穂形成期に遅速がみられる場合には，幼穂形成期の節位が同一の場合と異なる場合がある。前者の場合は，栄養条件が生育に影響を与えて幼穂形成期の遅速に間接的に関与し，後者の場合は栄養条件がそのように関与することの他に，幼穂形成期の遅速に直接的に関与していると考えられる。

このような前提のもとに，簡易育苗と箱育苗における幼穂形成期とその節位をみたのが図3である。この図で明らかなごとく両育苗様式共，移植時の葉数が増加している程，節位が上昇する。すなわち，移植時の葉数が増加しているもの程，栄養条件が直接的に幼穂形成期を遅延させるように関与しているとみることができる。しかし，それにもかかわらず，暦日上，幼穂形成期が移植時における葉数の増加しているもの程促進されるのは，栄養条件の直接的な影響よりも移植時までの生育が進んでいることによる間接的な影響の方が，より強かったためであると考えられる。すでに前報[1]において，多数の苗について，出穂期に対する移植時の葉数，平均出葉速度，および主稈葉数の標準偏回帰係数を求め，統計的に移植時の葉数が出穂の遅速に強く関与していることを指摘したところであるが，本試験からも同様のことが言い得る。

一方，移植時の苗の葉数が同一の場合には，簡易育苗において幼穂形成期の節位が低下する傾向がみられることは，簡易育苗における幼穂形成期までの栄養条件が生殖生長への移行を促進する方向に直接的に作用したためであると考えられる。このように，葉数が同一の場合に簡易育苗における幼穂形成期が促進される場合と，両育苗様式を込みにして苗の葉数が増加しているもの程幼穂形成期が促進される場合とでは，それぞれ異なった生育促進機構が関与しているものと考えられる。

かくして，幼穂形成期に遅速が生じることにいかなる栄養条件が関連しているかという興味ある問題が提起されるのであるが，本試験の結果からはこれに対して直接的な証明を得ることができない。しかしながら既往の研究結果[5,6,8]から，幼穂形成期の遅速に窒素ならびに燐酸が関与していることが推測される。

尾形・杉山[5]は窒素および燐酸の不足によって，トマトの第1花房の分化節位が上昇し，その分化期が遅延することを認め，斎藤らもトマトの花芽形成に窒素，燐酸が直接必要であるとし，それらの要素が核酸代謝に関連して花成に影響していると考えている。また，清水[8]は窒素，燐酸が水稲の Shoot apex の形態，構造におよぼす影響について詳細な研究をおこない，窒素は Apex の周辺部の Anticlinal division を促進し成層化を進める傾向を示すのに対して，燐酸は各方向への分裂をうながし，成層化を抑制して Tunica の層数を低下させるように作用し，これは花成の遅速と

関連を持つものであるとしている。そして，燐酸の増施によって生殖生長への移行が促進され，これを欠く場合には，生殖生長への移行が著しく遅延することから，花成に対して燐酸の役割の重要性を示唆した。

本試験では図4に示すように，移植時の葉数が同一の場合簡易育苗 (3.07～2.38 葉苗の平均値) における窒素および燐酸の含有量が箱育苗 (3.00～2.52 葉苗の平均値) におけるよりも生育初期から増加する傾向がみられるが，上述のような研究結果から判断すると，おそらく幼穂形成期頃に簡易育苗において両要素の含有量が増加することが幼穂形成期の促進に関与しているように考えられる。なお，図5に示すように，移植時の葉数が同一の場合，育苗様式が異なっても幼穂形成

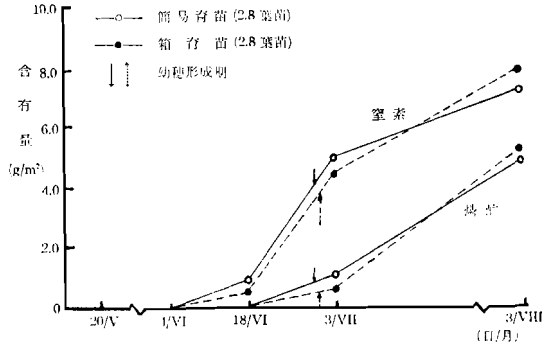

図 4　稲体の窒素および燐酸含有量の推移

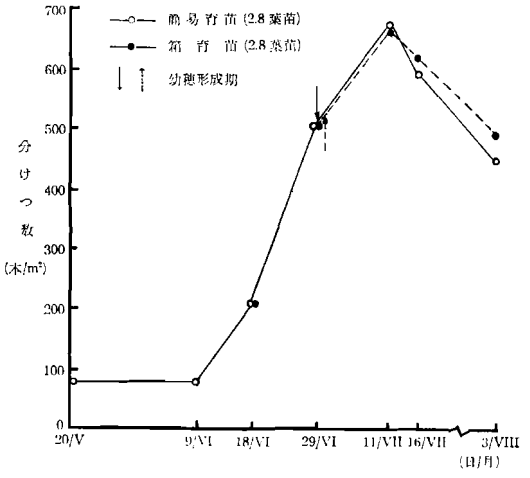

図 5　分けつ数の推移

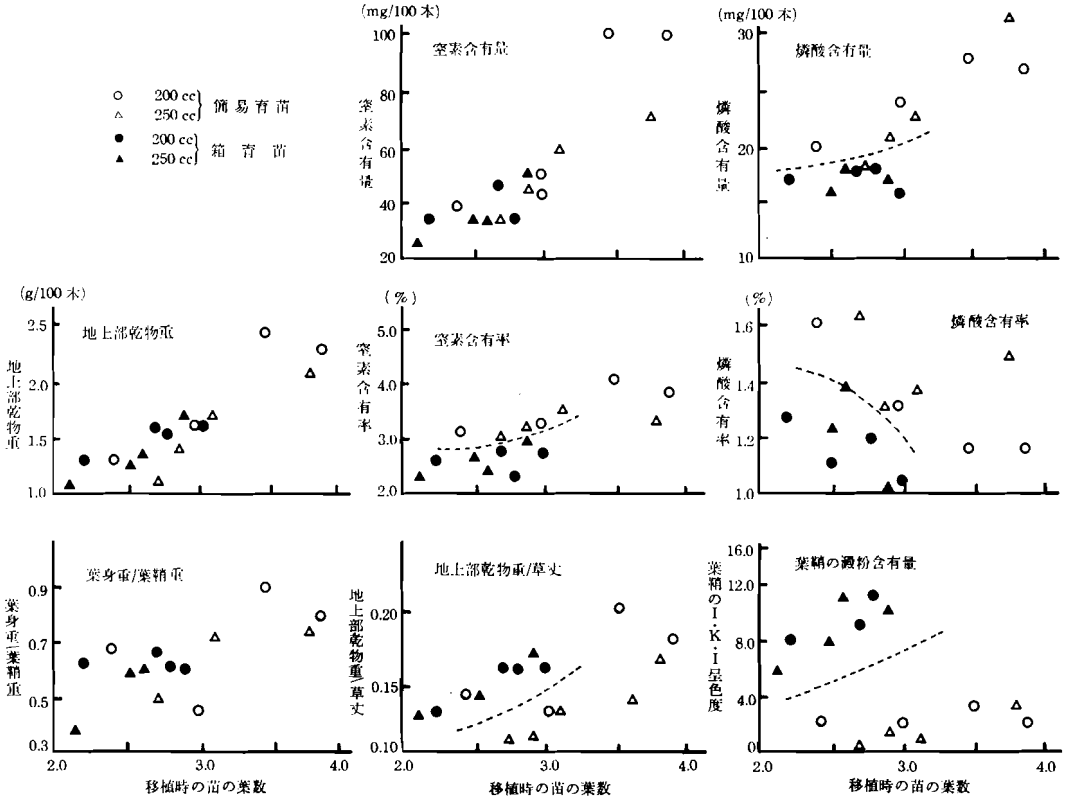

図 6　移植時における苗の諸形質

期頃までの分けつ数に大差が認められないことは，育苗様式によって幼穂形成期に遅速が生じる現象に窒素，燐酸等の栄養条件が重要な役割をしていることを示すものであろう。

3. 移植時における苗の素質

栄養条件が関与して幼穂形成期に遅速が生じるとすれば，各苗とも移植後の栽培条件はまったく同一であるので，そのような栄養条件の差異は移植時の苗の素質の差に基因して生じたものであるとみなし得る。

そこで，苗のいかなる形質が幼穂形成期の遅速に影響をおよぼしているかを明らかにするために，2つの育苗様式について苗の諸形質を比較し，図6に示した。いずれも，活着，初期生育と密接な関係があるとされている形質である。その結果，いずれの形質も，大むね葉数の増加に伴って数値が増加する傾向がみられるが，このことは，葉数の増加した苗において，移植後多数の分けつが発現し，生育が旺盛化することと関連があると思われる。さらに，それらの苗形質を詳細にみると，燐酸含有率，含有量，窒素含有率，地上部乾物重/草丈比率，葉鞘の澱粉含量のように育苗様式によって明らかに差異が認められる形質と，地上部乾物重，葉身重/葉鞘重比率，窒素含有量のように葉数に強く左右される形質に区別することができることから，葉数が同一の場合に，育苗様式によって幼穂形成期に差異が生じる現象に前者の苗形質が関連していることが考えられる。

すでに述べたように，トマト，水稲において，生殖生長への移行に燐酸栄養が重要な役割をしているという報告[5,6,8]また，低温年の場合，特に，燐酸を多用することによって，初期生育ならびに出穂が促進されるという報告[2]があるが，そのように本田に燐酸を施用するかわりに苗代期に多用し，あらかじめ苗に高濃度に燐酸を吸収させておくことによっても，活着，初期生育の促進に効果のあることが石塚・田中[3]，三宅・松実[4]の研究によって明らかにされている。従って，本試験において，苗の葉数が同一の場合に簡易育苗の幼穂形成期が箱育苗のそれよりも促進されるのは，簡易育苗における苗の燐酸含有率および含有量が箱育苗におけるよりも増加していること，また，窒素含有率が高く，より強力な同化作用力を保有しているとみられることが初期生育の促進に有利に作用したためであると考えることができる。

一方，乾物重/草丈比率，葉鞘の澱粉含有量に着目すると，簡易育苗においてそれらの値は明らかに低下しており，そのために移植後植え傷みし，生育が遅延することも想像されるが，図7のように，植え傷程度を移植後10日目の生葉数であらわして両育苗様式について比較すると，それらの数値に明らかな差を見い出すことはできない。このことは，本試験がおこなわれた1973年度の場合移植後10日間の平均気温が12°Cであるがそのような気象条件下では，育苗様式間にみられる地上部乾物重/草丈比率，葉鞘の澱粉含有量の差は，実際の植え傷みの場面に反映しなかったものと思われ，簡易育苗における移植時の生育が，植え傷みが原因となって特に停滞することはなかったと判断される。

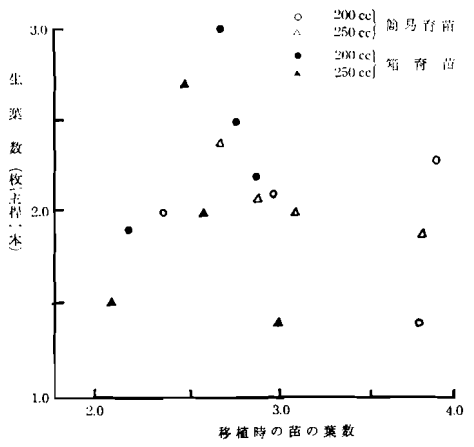

図7 移植後10日目の生葉数

しかし，組織内澱粉の多少は，一般に，各種の障害に対して抵抗力を有するか否かの一つの指標とも考えられていることから[7]，簡易育苗において澱粉含量の低下していることは，移植時の温度条件によっては，生育遅延に結びつくことも推測されるので，今後，この点をいかにして解決してゆくかについての研究がなされる必要があると思われる。

4. 育苗期間中の出葉速度

以上のようなことから，簡易育苗は箱育苗よりも生育が促進されることの理由は移植時において苗の葉数が増加していることである。また，苗の葉数が同一の場合でも簡易育苗において促進されるのは，簡易育苗における苗の燐酸含有率，含有量ならびに窒素含有率が増加していることと密接な関係があることが明らかである。

育苗日数が同一の場合，苗の葉数は出葉速度を反映したものであるので，簡易育苗で葉数が増加したことは，図8に示すように出葉速度に著しい差異のあったことによるものである。また，簡易育苗において，燐

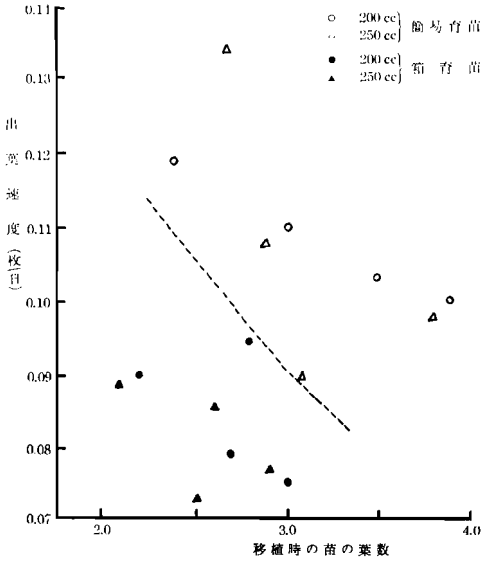

図 8　育苗期間中の出葉速度

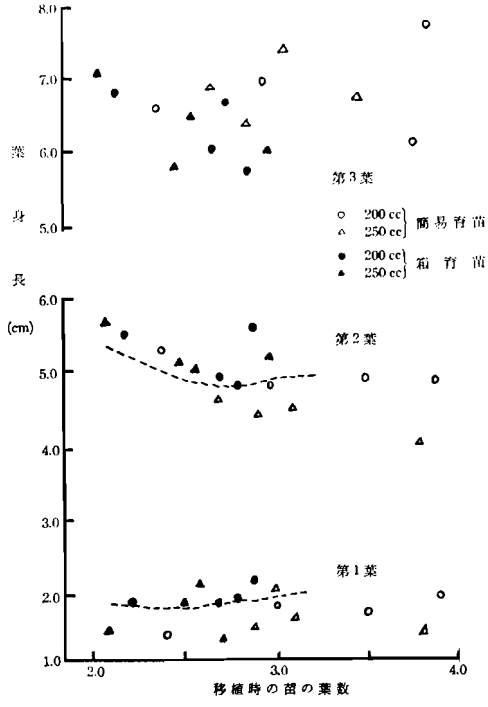

図 9　葉位別葉身長

酸が多量に含有されていること，燐酸ならびに窒素の含有率が共に高まっていることも燐酸がエネルギー代謝と関連の深い要素であり，活発な生長に両要素がバランスよく含有されていることが必要であることを考えると，簡易育苗において出葉が速やかであることと密接な関係にあることが容易に想像され，両育苗様式における葉数および苗素質の差は，主として，育苗期間中の出葉速度の差に基因するところが大きいと考えられる。

簡易育苗においてなぜ出葉が促進されるかについては，武田・丸田[9]の研究から判断して，おそらく，両育苗様式における葉面積の差が強く影響したものと思われる。同氏等によって明らかにされたように，苗代で密播した場合，苗の生育が停滞するのは地下部の養分の競合によっておこる栄養不良によるのではなく，地上部の相互遮へいに基づく同化量の低下によるものであるとするならば，本試験の場合，慣行の肥培管理に従って十分な窒素肥料が施されているので，育苗様式が異なることによって生じる根圏の大小や地温の差が出葉速度におよぼす影響は少ないとみてよいであろう。本試験では，葉面積を直接測定しなかったが，葉位別に葉身長を測定した結果から判断すると，図9に示すように簡易育苗において第1葉および第2葉が明らかに短かくなっており，このことが葉面積をそれだけ減少させ，出葉速度を速める要因になったものと思われる。

また，葉身長はそれが伸長する期間の環境条件によって左右されるので[11]，本試験において，第1葉および第2葉の葉身長に差があることは，発芽から出芽に至る環境条件，すなわち出芽温度の差に原因があると考えられる。

このようなことから，機械移植用の育苗様式におけるような密播条件下で，慣行の3，4葉苗に匹敵する葉数を持った苗を育苗するには，育苗日数と播種量を適正化することの他に，第1葉および第2葉を短かくコントロールすることが重要であり，そのためには，箱育苗でおこなわれたように出芽温度を30°C前後に保つことを避け，簡易育苗でおこなわれたように播種後寒冷紗を被覆するなどして，出芽期間中の温度をより低温に保つことが必要であると考えられる。

ごく最近，東北農業試験場でおこなわれた4葉苗育苗における施肥法に関する試験[10]の中で3葉期の葉面積が3葉から4葉にかけての出葉速度を左右する大きな要因になっていることを見い出し，4葉苗を育苗するためには，少なくとも基肥重点の施肥を避けなければならないことを明らかにしたことは，著者等の見解とあい通ずるところがあり，密播条件下で葉数を増加させるための育苗原則を指摘している点で注目に値するものである。

簡易育苗法に見い出された上述のような育苗上の優

点は，機械移植用の各種の育苗様式においても，生育を促進させるための方法として応用し得るものと考えられる。

引 用 文 献

1) 天野高久，小川 勉，砂田喜与志 1973：水稲の生育促進に関する研究．第1報．育苗法と出穂ならびに生育との関係．道農試集 27：26-36.
2) 江川友治 1967：寒冷地稲作の施肥技術と土壌改良．農園 42：211-216.
3) 石塚喜明，田中 明 1966：水稲の栄養生理．養賢堂，東京.
4) 三宅正紀，松実成忠 1962：寒地水稲の栽培技術改善に関する研究．II. 苗代施設と水稲の生育について．北農試彙報 78：55-61.
5) 尾形亮輔，杉山直儀 1964：そ菜における栄養と花成との関係．—トマトの第1花房分化期に及ぼすN・P要素の影響—．五島善秋編．植物養分と花成の研究 66-75，養賢堂，東京.
6) 斎藤 隆，伊東秀夫，畑山富男 1963：トマトの生育ならびに開花，結実に関する研究．第3報．育苗期の窒素，燐酸，加里の施用量が生育ならびに花芽形成に及ぼす影響．園学雑 32：55-66.
7) 佐藤 庚 1967：稲の組織内澱粉に関する研究．生物科学 19：105-111.
8) 清水正治 1960：窒素，燐酸，加里が水稲の幼穂分化並びに出穂期におよぼす影響．育学雑 10：52-60.
9) 武田友四郎，丸田 宏 1955：作物の瓦斯代謝作用に関する研究．第3報．照度並びに苗立密度が稲苗の光合成に及ぼす影響．日作紀 24：34-39.
10) 東北農業試験場総合技術部 1973：4葉苗育苗における施肥法に関する試験 (中間報告).
11) 山崎耕宇 1963：水稲の葉の形態形成に関する研究．VI. 葉の形態形成を解明する二・三の実験．日作紀 32：237-242.

Growth Acceleration of Rice Plants

II. Growth acceleration technique in mechanical transplanting

Takahisa AMANO*, Thutomu OGAWA*
and Ryozaburo MORIWAKI*

Summary

The incipient growth in seedlings produced by the simplified raising method was hastened comparing with those produced by ordinary box type nursery. It was found that this effect closely related to the more rapid leaf emergence rate of seedlings by the simplified raising method during nursery period. In order to promote the leaf emergence rate under the heavier seeding condition such as nurseries for mechanical transplanting, it is necessary to make the lst and 2nd foliage leaves shorter. Accordingly, it is pointed out as an useful technique of seedling raising that the sprouting temperature is not kept at about 30°C, but the temperature during the emergence period is maintained under a lower condition as a simplified raising method.

* Hokkaido Prefectural Kamikawa Agriculture Expeimental Station, Asahigawa, Hokkaido, Japan.