

## 研究論文

### 栽培

# 低温・送風条件下における苗素質の異なる水稻乳苗の活着特性

佐々木良治\*

(北陸農業試験場)

**要旨:** 苗素質の異なる3種の乳苗, すなわち暗黒下でのみ育苗した5日苗, 出芽後は自然光下で緑化した5日苗および緑化後に硬化した7日苗に対して, 根の基部から1 cmの部位で切除する断根処理区と無処理区とを設けて移植した。そして移植後は, 昼/夜温度が17/12℃と24/19℃の温度条件と送風(毎日8:00~18:00まで風速4.5~5.0 ms<sup>-1</sup>の風を5秒間隔で送風)の有無を組み合わせた4つの条件下で1週間生育させ, 苗素質の異なる乳苗の活着に及ぼす移植時の断根処理および移植後の低温と風の影響を調査した。17/12℃の低温条件では, いずれの乳苗も葉の伸長生長が抑制され, 特に暗黒下で育苗した苗で顕著であった。そして, 低温に風が加わると, 葉の伸長生長はさらに抑制された。また, 暗黒下で育苗した乳苗を移植後低温で生育させた場合, 移植後7日目においても未だ生育を胚乳養分に依存していたと考えられた。このような光合成器官からの養分供給に依存する生育への移行の遅れは, 葉の伸長とクロロフィルの形成の両者が, 低温によって抑制されたことによるものと推定された。一方, 根の生育に関しては, 暗黒条件下で育苗した乳苗が, 自然光下で緑化した乳苗やさらに硬化した乳苗に比べて同等ないし若干劣る傾向がうかがえた。しかし苗間差は比較的小さく, 低温や風が根の生育を抑制する程度は, いずれの苗でもほぼ同程度と考えられた。また, 移植時の断根処理は, いずれの苗に対しても生育を低下させることが明らかとなった。

**キーワード:** イネ, 風, 活着, 生長, 断根, 低温, 乳苗, 葉伸長。

水稻乳苗は, 稚苗に比べて育苗期間が短く10 a当たりの育苗箱数の低減も可能であり, 省力・低コスト技術として注目されている。現行の田植機で乳苗を精度良く移植するためには, 最低限6 cm(津賀ら1994)ないし7 cm(桐山1991, 姫田1994)の苗丈が必要とされている。したがって, 7~10日間あるいはそれ以上の日数をかけて育苗する場合は, 稚苗と同様に苗を緑化・硬化してから移植することが可能となるが, 極短期間でこのような苗丈の乳苗を得ようとして加温育苗した場合は, 苗への硬化処理が省略され, さらに暗黒下のみで育苗(王ら1992, 星川・長谷部1992)する場合には, 緑化も省略されることになる。つまり, 想定する育苗日数によって, 必要とされる育苗環境がほぼ決定するといえる。一方, 移植後の低温・低水温は, 苗の活着を遅らせる主たる気象要因であり, これまでに数多く研究がなされてきた。また, 移植した苗が強風に遭うと, 萎凋が著しく植傷みが発現する(星川1975)ので, 強風下での移植はできるだけ避けるのが望ましいとされている。ところが, 移植苗の活着と風との関係について検討した報告は少なく(栂木・田嶋1982, 村上ら1982), 苗素質の異なる乳苗を対象とした報告はみあたらない。

そこで本報告では, 暗黒条件下で育苗した乳苗と自然光条件で緑化した乳苗および自然光条件で緑化したのち若干の硬化処理を施した乳苗の3種を移植し, 移植後は異なる温度条件下で生育させ, さらに日中に移植苗に風をあてる条件を設定し, 苗の活着特性を調査した。また著者ら(Sasaki and Hoshikawa 1997 b)が, 葉齢2.0の乳苗に

対して根の基部から1.5 cmで断根処理した場合, 移植後の生育はほとんど低下しなかったが, 0.5 cmの位置で断根処理した場合には明らかな生育の低下が認められることを確認している。本報告では, 根の基部から1 cmの部位で切除する断根処理を施し, 活着に及ぼす断根処理の影響についても調査した。

## 材料と方法

試験は1993年に東北大学農学部において行った。水稻品種ササニシキを供試し, 苗素質の異なる3種類の乳苗を育苗した。まず, 市販の粒状培土を詰めた育苗箱に, 催芽した粃240 gを播種し軽く覆土した。播種した育苗箱を屋内に設置した出芽器(温度32℃, 暗黒条件)内に積重ねた状態で2日間置き出芽させた。その後は, 以下の3条件で育苗した。(1) 出芽器(暗黒条件)内の温度設定を25℃に変更し, 苗を同一の棚に並べ, 更に3日間育苗した(この苗を以後, 5 d-Yと記す)。(2) 出芽後は, 建物北側の屋外に設置した緑化器内に搬入し, (1)とほぼ同じ温度条件の自然光下で3日間緑化した(同様に5 d-Gと記す)。なおこの場合も苗は同一の棚に置いた。(3) (2)の条件で育苗したのち, 昼夜とも一部を解放したビニルハウス内で2日間硬化(最高・最低気温はそれぞれ約30℃と10℃)した(同様に7 d-Gと記す)。なお, 移植日を同日(5月19日)にするために, 5 d-Yと5 d-Gは5月14日に, 7 d-Gは5月12日に播種した。

育苗終了後, 生育中庸の苗を180本以上選び出し, 根に

第1表 移植時の苗形質。

苗 <sup>1)</sup>	葉齡	草丈 (cm)	第2葉身長 (cm)	第3葉身 抽出長 (cm)	根数 (本)	種子根長 (cm)	総根長 (cm)		断根率 <sup>3)</sup> (%)	胚乳消費 割合 <sup>4)</sup> (%)
							無処理	断根処理 <sup>2)</sup>		
5d-Y	2.0	8.2 (0.9)	2.0 (0.6)	0.0 (0.1)	5.7 (0.7)	6.9 (0.9)	12.7 (2.8)	4.7	63	64.1
5d-G	2.1	7.0 (0.5)	2.1 (0.4)	0.8 (0.5)	5.5 (0.8)	6.5 (1.2)	12.9 (2.4)	4.7	63	60.9
7d-G	2.1	7.9 (0.4)	2.2 (0.6)	1.5 (0.8)	5.9 (0.5)	7.1 (1.5)	14.4 (2.5)	5.2	64	66.6

( ) 内の数字は標準偏差 (±) を示す。ただし、標準偏差は各苗について 20 個体の値から算出した。

- 1) 5 d-Y および 5 d-G: 出芽後に約 25℃ で 3 日間、それぞれ暗黒条件および自然光条件下で育苗した 5 日苗。  
7 d-G: 5 d-G と同様に育苗した後、ビニルハウス内で 2 日間育苗 (硬化) した 7 日苗。詳細は本文中に記載。
- 2) 断根処理後の総根長を示し、根基部より 1 cm の部位ですべての根が切断されたとして、種子根と鞘葉節冠根の根長頻度より算出した推定値。
- 3) 断根率 = (1 - 総根長の断根処理/無処理比) × 100 (%)。
- 4) 胚乳消費割合 = (1 - 育苗終了時の種子玄米乾物重/浸種前の種子玄米乾物重) × 100 (%)。

付いた土を洗い流した。そのうちの 20 本は、苗質の調査用とした。そして、残りの苗の半数に対して、根の基部から 1 cm の部位で断根する処理 (断根処理区, Rt と記す) を施し、他の半数の苗を断根無処理 (無処理区, Rc と記す) とした。次に、黒ぼく土を詰め、移植前日に代かきを模して土壌を攪拌しておいたシードリングケース (長さ 15 cm, 幅 5.5 cm, 深さ 10 cm, 肥料無施用) に 10 個体を 1.3 cm 間隔で 1 個体ずつ丁寧に移植した。そして、シードリングケースを自然光型ファイトトロン内でプラスチックコンテナ (長さ 41.3 cm, 幅 31.3 cm, 深さ 13.8 cm) 内に置き湛水した。水深はシードリングケース内の土壌表面から 1~2 cm 上が水面となるように管理した。また植付け深さは 1 cm とした。移植後の環境条件として、昼/夜温それぞれ 24/19℃ (高温条件, HT と記す), 17/12℃ (低温条件, LT と記す) の温度条件を設定し、さらに各温度条件下において日中 8:00~18:00 の間に市販家庭用の扇風機によって約 5 秒間隔で送風する条件 (送風条件, Wt と記す) ならびに送風しない条件 (無風条件, Wc) を設定した。4 つの環境条件それぞれにおいて、3 種の苗と 2 つの断根処理との組合せによる 6 処理区を設け、1 処理区につき 2 シードリングケースを供試した。なお、送風条件下で移植苗の受けた風は、最大風速で 4.5~5.0 ms<sup>-1</sup> であった。また、シードリングケースの場所の違いによって生じる風ムラの影響を軽減するために、コンテナ内でのシードリングケースの位置を 2~3 日毎に並べ替えた。移植後 7 日目にすべての苗を洗い出し、草丈、葉齡、葉別葉身長と抽出長、根数、最長根長を測定したのち、根と茎葉と根に切り分け、各器官の乾物重を測定した。

## 結果と考察

### 1. 移植時の苗形質

移植時の苗形質を第 1 表に示した。5 d-G の草丈は 7.0 cm で、5 d-Y や 7 d-G に比べて約 1 cm 短かったが、いずれの苗も機械移植に必要とされる草丈 7 cm (桐山 1991) に達した。葉齡は 2.0~2.1 (不完全葉を第 1 葉と

する)、根数は 5.5~5.9 本であった。また、種子玄米乾物重の減少程度より算出した胚乳養分の消費割合は、61~67% であった。断根処理前の種子根と鞘葉節冠根の総根長は、12.7~14.4 cm で 7 d-G がわずかに長かった。断根処理後の総根長を Sasaki and Hoshikawa (1997 b) と同様に根長頻度より算出すると、4.7~5.2 cm と推定された。したがって、この断根処理によって、総根長の 63~64% が除去されたと推測される。

### 2. 移植時の断根処理および移植後の低温・風条件

田植機による移植に際して、断根率がどの程度となるのかを乳苗について調査した報告は見あたらない。著者が、乳苗用ロックウール成型培地を用いて葉齡 2.2 の乳苗を育苗し、田植機で掻き取って調査したところ、総根長からみた断根率は 33%、根乾物重からみた断根率は 23% であった (データ未発表)。ただし一般的には、田植機による苗の掻き取りの際の断根率は、播種量 (山本 1991) や苗の葉齡、床土の種類 (寺中ら 1972) や含水程度、さらには田植機の機種や掻き取り爪の形状などによっても異なると考えられている。したがって、ここで示した田植機による掻き取りの断根率は、あくまでも一事例にすぎないが、本報告で行った断根処理は、田植機で移植する際に受ける根部の損傷よりもかなり強いものと推測される。

つぎに、本研究で設定した移植後の低温、風条件について若干検討する。東北地方のような寒冷地では、育苗期から移植期にかけて気温の上昇が遅く、苗は低温下に移植されることになる。例えば仙台市の場合、稚苗の移植期は 5 月 1 日から 5 月 15 日までとされているが (宮城県農政部 1995)、この間の日平均気温、最高気温および最低気温の平年値 (1961~1991 年) を仙台管区気象台が発行している宮城県の気象月報より算出すると、それぞれ 14.0℃, 19.0℃ および 9.5℃ である。したがって、本報告の低温条件 17/12℃ (平均温度 14.5℃) は、5 月上旬の圃場での温度条件にほぼ相当したといえる。また、実験を行った 1993 年を例に風の状況を宮城県気象月報でみると、5 月 1 日から 5 月 15 日までの間の平均風速は 3.8 ms<sup>-1</sup>, 平均最

第2表 低温・送風条件下における移植後7日目の草丈および総葉身長。

苗	断根 処理	草丈 (cm)						総葉身長 (cm)					
		24/19℃		17/12℃		LT/HT (%)		24/19℃		17/12℃		LT/HT (%)	
		Wc	Wt	Wc	Wt	Wc	Wt	Wc	Wt	Wc	Wt	Wc	Wt
5d-Y	Rc	15.7	15.2 (97)	9.7	8.6 (89)	62	57	12.3	10.7 (87)	4.6	2.6 (58)	37	25
5d-G		19.1	17.9 (94)	12.1	9.8 (82)	63	55	13.9	13.2 (95)	8.3	6.6 (80)	60	50
7d-G		20.3	20.1 (99)	13.5	12.0 (89)	67	60	17.5	15.3 (87)	9.6	8.0 (84)	55	52
5d-Y	Rt	15.2	15.0 (99)	9.0	8.8 (97)	59	58	12.5	10.0 (80)	4.1	2.9 (70)	33	29
5d-G		17.7	16.5 (93)	10.5	9.0 (86)	59	55	13.8	12.0 (87)	7.5	5.8 (78)	54	49
7d-G		19.7	18.2 (93)	12.2	10.2 (83)	62	56	16.0	13.7 (86)	8.5	6.7 (79)	53	49
苗 (S)		***	***	***	***			***	***	***	***		
断根処理 (R)		**	*	**	**			ns	***	*	*		
S×R		ns	ns	ns	*			ns	ns	ns	*		

苗は第1表を参照。RcとRt:移植時の断根無処理と断根処理を示す。断根処理は根基部より1cmの部位で行った。

WcとWt:移植後の送風なしと送風ありを示し、( )内の数字はWt/Wc (%)を示す。LT/HT (%) :移植後の温度条件17/12℃ (LT)と24/19℃ (HT)の比率を示す。\*\*\*, \*\*および\*:それぞれ0.1%, 1%および5%水準で有意。ns:5%水準で有意性なし。

大風速は8.5 ms<sup>-1</sup>である。本研究では日中のみ間欠的に送風した点を考慮しなければならないが、扇風機による送風の最大風速が4.5~5.0 ms<sup>-1</sup>であったので、圃場での風条件を上回るほど強い送風条件ではなかったと考える。

### 3. 移植後7日目の生育

#### (1) 葉の伸長生長

移植後7日目の草丈と総葉身長を第2表に示した。総葉身長は、展開した葉の葉身長と展開中の葉の抽出長の合計値である。両形質とも移植後の温度条件や送風ならびに断根処理の有無に関わらず、7d-Gが長く5d-Yが短い傾向を示した。また、根の基部から1cmの部位で行った断根処理は、葉の伸長を抑制する方向に作用したと判断される。

移植後7日目の草丈に対する低温の影響を、低温条件(LT)/高温条件(HT)比からみると、断根処理をしなかった場合、送風なしの条件(以後、無風条件と記す)下では62~67%、送風ありの条件(以後、送風条件と記す)ではさらに5~8%低下し、55~60%であった。両風条件とも苗間差は比較的小さかった。つぎに、移植後7日目の総葉身長について同様にみていくと、断根処理をしなかった場合、無風条件での5d-Gと7d-GのLT/HT比は60%と55%であったのに対し、5d-YのLT/HT比は37%であった。また、送風条件では各苗ともLT/HT比は無風条件より3~12%低下し、とくに5d-YでLT/HT比の低下程度が大きく、最小の25%であった。つまり、低温による葉の伸長抑制は、5d-Gと7d-Gとは同程度であるが、5d-Yではこれら苗よりも大きいといえる。そして、低温条件に送風条件が加わると、葉の伸長生長はさらに抑制されたことがわかる。

植物が接触のような弱い刺激や風などの物理的ストレス下で生育した場合、物理的ストレスがエチレン生成の原因となることが広く知られている(兵藤・楊 1994)。Suge and Tokairin (1982)は、ササニシキ3葉期の苗に対し

て毎日9:00~15:00まで風速の違う風(0~9.7 ms<sup>-1</sup>)を与え生育を調査した。その結果、草丈、茎数などは風速が増加するほど減少し、葉の展開もわずかに遅れたと報告している。そして、風による縦方向の生長抑制は、エチレン生成の増大やジベレリン含量の減少などによるものであると報告している。総葉身長の送風条件/無風条件比は、高温条件で87~95%、低温条件で58~84%と算出されたので(第2表)、両温度条件とも送風によって葉の伸長が明らかに抑制されたといえる。そしてこの伸長抑制には、エチレン生成の増大やジベレリン含量の減少などが関与したものと推測される。

乳苗の移植後の生育は、移植時に残存した根の総根長と密接に関連し(Sasaki and Hoshikawa 1997 b)、移植直後の出葉速度は、移植時点での総葉身長/総根長比と密接に関連することを既に報告した(佐々木・後藤 1999)。この報告では、本研究の高温条件と同じ温度条件(24/19℃)で試験を行っている。そして移植した苗の総葉身長/総根長比が、0.45程度より高まった場合には移植苗の出葉速度が停滞した。逆に、総葉身長/総根長比がこの値よりも小さい場合には移植に伴う出葉の停滞は認められなかった。本研究で供試した苗の総葉身長/総根長比(第1表の第2葉身長に第3葉身抽出長を足した値を総葉身長として算出)は、断根無処理で0.16~0.26であったことから、移植に伴う出葉の停滞は生じなかったと推測される。一方、断根処理苗の総葉身長/総根長比は0.43~0.71であり、断根処理した苗では出葉の停滞が生じたと推測される。したがって、根の基部から1cmの部位で切除した断根処理は、移植苗の総葉身長/総根長比を低下させ、そのことが水分バランスを崩す原因となり、結果として葉の伸長生長を抑制したと推定される。

#### (2) 根の生育

つぎに、移植後7日目の根の生育について述べる。第3表には移植後7日間の発根数と、葉齢の影響を除いた発根数の多少を知るために増加葉齢当たりの発根数(発根数/

第3表 低温・送風条件下における移植後7日間の発根数および発根数/増加葉齢比。

苗	24/19℃		17/12℃		LT/HT (%)	
	Wc	Wt	Wc	Wt	Wc	Wt
発根数 (本/個体)						
5d-Y	4.1 b	4.7 a	4.1 a	1.8 b	100	38
5d-G	5.9 a	5.2 a	5.0 a	1.5 b	85	29
7d-G	5.8 a	5.3 a	4.7 a	3.1 a	81	58
発根数/増加葉齢 (本/齡)						
5d-Y	3.2 b	4.4 a	15.4 a	18.1 a	481	411
5d-G	5.8 a	5.5 a	11.2 a	5.0 b	193	91
7d-G	5.2 a	5.5 a	10.1 a	9.4 b	194	171

苗は第1表を参照。WcとWt: 移植後の送風なしと送風ありを示す。LT/HT (%) : 移植後の温度条件 17/12℃ (LT) と 24/19℃ (HT) の比率を示す。

移植後7日間の発根数および発根数/増加葉齢比は、24/19℃のWtでのみ断根処理によって若干の増加がみられたが、その他の3条件 (24/19℃のWcおよび17/12℃のWcとWt) では5%水準で断根処理の影響は有意でなかった。したがって、表中のデータは断根処理の有無を込みにした平均値を示す。

同一符号間には最小有意差法により、同一条件内で有意差 (5%水準) がないことを示す。

増加葉齢比) とを示した。ただし分散分析の結果、発根数および発根数/増加葉齢比に対して断根処理の影響が有意性を示したのは、高温・送風条件のみであり、またわずかな増加 (発根数では0.3~1.6本、発根数/増加葉齢比では0.7~1.8本/齡) に過ぎなかったことから、断根処理の有無を込みにした平均値を表示した。乳苗に対する断根処理が、移植後7日目の発根数にほとんど影響しないか、あるいはわずかながら発根数を増加させるといった傾向は、Sasaki and Hoshikawa (1997 b) の断根程度を異にした乳苗の試験でも同様に認められている。柁木・田嶋 (1982) は、2.5葉期の水稻苗を高温多湿下で徒長させ、移植後23℃と15℃の温度条件下で生育させた。その結果、この徒長苗は屋外で育苗した苗に比較して活着が不良で、両者の差はとくに低温 (15℃) 下で大きく、さらに低温下で送風した場合に著しかったと報告している。そしてこの場合、徒長苗には発根が全く認められなかったと報告している。本報告で供試した5d-Yは、暗黒条件下のみで育苗した苗であり、まさに徒長苗といえるが、第3表にみられるように低温・送風条件下でもごくわずかではあるが発根が認められた。そして、発根の程度は緑化した苗5d-Gと同程度であった。

移植後7日目の発根数の苗間差を詳しくみると (第3表)、草丈や総葉身長で認められた傾向、すなわち常に5d-Yで値が小さく7d-Gで大きいという傾向は認められなかった。無風条件での発根数のLT/HT比は81~100%であり、移植後の発根に及ぼす低温の影響は、葉の伸長生長に比べると相対的に小さいと考えられる。それは、発根数/増加葉齢比で比較した場合に明らかなように (第3

第4表 低温・送風条件下における移植後7日目の最長根長 (cm)。

苗	断根処理	24/19℃		17/12℃		LT/HT (%)	
		Wc	Wt	Wc	Wt	Wc	Wt
5d-Y	Rc	10.8	10.8	6.8	5.9	63	54
5d-G		15.9	13.3	6.9	7.0	43	53
7d-G		16.6	13.5	8.4	6.0	50	45
5d-Y	Rt	10.8	9.2	3.6	1.8	33	19
5d-G		13.3	12.3	4.4	2.2	33	18
7d-G		12.4	11.7	4.6	2.6	37	22
苗 (S)		**	**	***	*		
断根処理 (R)		*	**	***	***		
S×R		ns	ns	*	*		

苗は第1表を参照。RcとRt: 移植時の断根無処理と断根処理を示す。断根処理は根基部より1cmの部位で行った。WcとWt: 移植後の送風なしと送風ありを示す。LT/HT (%) : 移植後7日間の温度条件 17/12℃ (LT) と 24/19℃ (HT) の比率を示す。\*\*\*, \*\* および \*: それぞれ0.1%, 1%および5%水準で有意。ns: 5%水準で有意性なし。

表)、葉齢当たりの発根数が低温条件で4.9~12.2本多い傾向にあり、移植後の低温条件がむしろ発根を促す方向に働いたことによるものと推察される。一方、送風条件下における発根数のLT/HT比は、無風条件に比べて23~62%低下し29~58%であった。また、高温・無風条件下での発根数/増加葉齢比は3.2~5.8本/齡であったのに対し、低温・送風条件下での発根数/増加葉齢比は5.0~18.1本/齡であり、低温・風処理条件による発根の促進傾向 (村上ら1982) は明らかでなかった。

ところで、断根処理せずに移植した3種の苗は、いずれも種子根が最長根であり、その長さは6.5~7.1cmであった (第1表)。移植後7日目の最長根長をみると (第4表)、低温条件では5.9~8.4cmの範囲にあり、移植した苗の種子根長と大きな変化がなく、ほとんどが種子根であった。一方、高温条件では10.8~16.6cmであり、最長根長の増加が認められた。増加程度は5d-Yで小さく送風・無風の両条件下で約4cmであったのに対し、5d-Gと7d-Gは無風条件下で9.4~9.5cm、送風条件下では約3cm短い6.4~6.8cmであった。

つぎに、移植時に根基部から1cmの部位で断根処理した苗について、同様に移植後7日目の最長根長をみると (第4表)、高温・無風条件での各苗の最長根長は10.8~13.3cmであり、同温度の送風条件では6~15%低下し、9.2~12.3cmであった。そして、5d-Yの最長根長は、いずれの条件においても断根無処理苗の場合と同様に、他の2種の苗に比較して短い傾向にあった。また、低温条件では各苗の最長根長は大きく低下し、無風条件で3.6~4.6cm、送風条件では1.8~2.6cmに過ぎなかった。低温条件においても、5d-Yの最長根長が他の苗に比較して若干短い傾向にあった。しかし、3種の苗間差は0.4~1.0cmとごくわずかであった。また、最長根長の

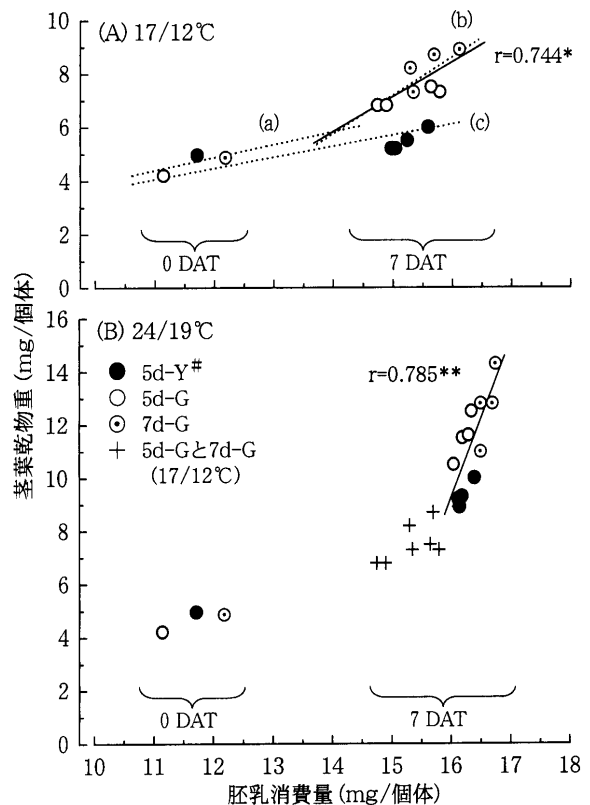
LT/HT 比を算出すると、無風条件で 33~37%、送風条件では 18~22% となったが、両条件において LT/HT 比は 5 d-Y と 5 d-G との間で差異はほとんどなく、低温による根の伸長抑制は 5 d-Y と 5 d-G で同程度であったと推定される。

#### 4. 茎葉乾物重と胚乳消費量との関係

5 d-Y は暗黒下で育苗した苗であり、移植直後の生育は種子内の胚乳養分に依存した生育と考えられる。一方、5 d-G や 7 d-G の第 2 葉および抽出中の第 3 葉は緑色を呈していた。しかしながら、光条件下で育苗した乳苗において、葉齢 2.0 前後では光合成による同化産物の供給量はごくわずかで、生育は種子内の胚乳養分に依存する生長であると報告されており (Sasaki and Hoshikawa 1997 a), 移植した 3 種の苗のいずれもが、移植直後は胚乳養分に依存した生長であったと推察される。

種子玄米乾物重の減少量を胚乳養分の消費量とし、茎葉乾物重との関係を第 1 図に示した。低温条件 (第 1 図 A) での移植後 7 日目の胚乳消費量と茎葉乾物重との関係は、移植前に緑化した 5 d-G および 7 d-G と緑化しない 5 d-Y とは明らかに異なることが図よりわかる。Sasaki and Hoshikawa (1997 a) は、自然光条件下と暗黒条件下で育苗した乳苗の生育を比較し、胚乳消費量と茎葉乾物重との関係を、自然光条件下では 2 本の直線で回帰し、暗黒条件下では 1 本の直線で回帰した。そして、葉齢 2.4 頃までは自然光条件下と暗黒条件下の回帰式の係数に差が認められなかったが、その後は両者に差が認められたことから、光合成器官からの養分供給量は第 3 葉身の抽出・展開とともに増加すると考察した。第 1 図 A 中に示した点線は、Sasaki and Hoshikawa (1997 a) が得た自然光条件下での 2 本の直線 (a と b) と暗黒条件下での直線 (c) を示す。移植後 0 日目の各苗の胚乳消費量と茎葉乾物重との関係は、直線 (a) ないし (c) 上にあり、このことは移植した 3 種の苗はいずれも、胚乳養分に依存した生育であったことを示唆している。また、移植後 7 日目の各プロットをみると、5 d-Y の各プロットはいずれもほぼ直線 (c) 上にあったのに対し、5 d-G と 7 d-G は直線 (b) 上にあった。したがって、5 d-G と 7 d-G は、移植時点では種子の胚乳養分に依存していたが、移植後 7 日の間に光合成器官からの養分供給に依存する生育へ移行したと推定される。一方、5 d-Y の生育は、移植後 7 日目の時点でも依然として種子内の胚乳養分に依存していたと推定される。

つぎに、高温条件 (第 1 図 B) をみると、移植後 7 日目の 5 d-Y と 5 d-G の胚乳消費量はほぼ同程度であったが、茎葉乾物重は 5 d-G の方が若干優っていた。しかしながら、これら 3 種の苗の胚乳消費量と茎葉乾物重との間には、相関関係 ( $r=0.785^{**}$ ) が認められたことから、高温条件では 5 d-Y も 5 d-G や 7 d-G と同様に光合成器官からの養分供給に依存する生長へと順調に移行したと推定さ



第 1 図 移植時 (0 DAT) および移植後 7 日目 (7 DAT) の胚乳消費量と茎葉乾物重との関係。

移植時の断根処理の有無および移植後の風条件の違いを区別せずに図示した。(A) 中の点線は、Sasaki and Hoshikawa (1997 a) によって報告された乳苗の育苗期間中の胚乳消費量と茎葉乾物重との関係を示す。点線 (a) と (b) は自然光条件下で育苗し、点線 (c) は暗黒条件下で育苗して得られた回帰直線である。

(a);  $Y=0.476 X-0.852$ , (b);  $Y=1.433 X-14.314$ , (c);  $Y=0.411 X-0.473$ .

また、(A) 中の実線は、移植後 7 日目の 5 d-G と 7 d-G について求めた回帰直線である ( $Y=1.31 X-12.48$ ,  $r=0.744^{*}$ )。 (B) 中の+のシンボルは、17/12°C における 5 d-G と 7 d-G の値を示す。#: 第 1 表を参照。\*と\*\*はそれぞれ 5% および 1% 水準で有意。

れる。

Sasaki ら (1996) は、暗黒条件下で育苗した乳苗と出芽後自然光条件下で育苗した乳苗について、移植後の異なる温度条件下でのクロロフィル形成について調査し、育苗期の暗黒条件と移植後の低温条件は、移植後のクロロフィル形成を抑制すると報告している。この報告で表示された移植後 3 日目のクロロフィル含量値をもとに、24/19°C に対する 17/12°C の比率、すなわち本報告で用いてきた LT/HT 比を計算すると、自然光下で緑化した苗では 76% であったのに対し、暗黒条件下で育苗した苗では 49% と算出される。したがって、この結果は暗黒条件下で育苗した苗の方が、低温下でのクロロフィル形成がより顕著に抑制されることを示唆している。また、山本ら (1996) は 32°C 温度条件下で極短期間 (4 日間) に乳苗を育苗する際に、わずか 1 日だけ光を照射することによってクロロ

フィルムが形成されるため、活着や初期生育が良好になると報告している。つまり、育苗期の緑化の有無は、移植後の温度条件が比較的良好な場合には相対的に小さな影響にとどまるが、低温下に移植し生育させた場合にはより大きく影響すると推察される。

以上のことから、暗黒下で育苗した乳苗の活着は、緑化した乳苗に比べて劣る（金・小山 1994, 山本ら 1996）と判断される。供試した3種の乳苗は、いずれも低温下で生育が抑制され、さらに風の条件が加わるとより生育が抑制されることが明らかとなった。低温条件や低温・送風条件下での生育抑制の程度は、葉の伸長生長に関しては、暗黒下で育苗した乳苗と緑化した他の2種の乳苗との差が大きく、前者の方がより強く抑制された。一方、根の生育に関しては苗間差が小さく、暗黒下で育苗した5日苗と緑化した5日苗の低温や低温・送風による抑制は同程度であり、根の生育からみた活着力は同程度と判断された。しかし、既述のように暗黒条件下で育苗した乳苗の低温下での生育は、移植後7日目においてもなお胚乳養分に依存する状態にあったと推測され、それは、低温によって葉の伸長が強く抑制されたことに加えて、クロロフィルの形成も強く抑制されたことによると推定される。したがって、春先の低温下で乳苗、特に暗黒下でのみ育苗した乳苗を移植する際には、移植後の湛水を深くするなどして、低温や風から苗を保護する水管理が重要になるとと思われる。

## 引用文献

- 姫田正美 1994. 水稻の乳苗移植栽培技術 [1], [2]. —その研究成果と今後の展望—. 農及園 69: 679—683, 791—796.
- 星川清親 1975. 解剖図説 イネの生長. 農文協, 東京. 81—94.
- 星川清親・長谷部幹 1992. 水稻乳苗の貯蔵に関する研究. 一出芽後貯蔵した乳苗の活着について. 日作紀 61 (別1): 12—13.
- 兵藤宏・楊祥発 1994. 6. エチレン. 高橋信孝・増田芳雄編, 植物ホルモンハンドブック 下. 培風館, 東京. 161—201.
- 梳木信幸・田嶋公一 1982. 水稻苗の活着に及ぼす低温と水分ストレスの影響. 日作紀 51: 185—189.
- 桐山隆 1991. 乳苗移植における植付け精度. 北陸作物学会報 26: 20—21.
- 金忠男・小山懸雄 1994. 低温条件下における乳苗 (4~5 苗) の活着・初期生育について. 北陸作物学会報 29: 54—56.
- 宮城県農政部 1995. 平成7年度 稲作指導指針. 宮城県. 222—234.
- 村上利男・森田弘彦・土井康生・今野一男 1982. 寒地水稻の計画栽培に関する解析的研究. 北海道農試研報 133: 61—100.
- Sasaki, R., Z.C. Zhao and K. Hoshikawa 1996. Effects of endosperm nutrient and photosynthesis on growth of rice nursing seedlings. In Ishii R. and T. Horie ed., Crop Research in Asia: Achievements and Perspective. Kyoritsu Printing's, Tokyo. 498—499.
- Sasaki, R. and K. Hoshikawa 1997a. Changes in energy dependence and morphological characteristics with the development of rice nursing seedlings raised under different light and temperature conditions. Jpn. J. Crop Sci. 66: 252—258.
- Sasaki, R. and K. Hoshikawa 1997b. The role of crown roots from coleoptilar node in the rooting and development of transplanted rice nursing seedlings. Jpn. J. Crop Sci. 66: 259—267.
- 佐々木良治・後藤克典 1999. 葉齢および播種密度を異にする水稻乳苗の活着特性. 日作紀 68: 194—198.
- Suge, H. and H. Tokairin 1982. The effect of wind on the growth of rice and barley plants. Rep. Inst. Agr. Res. Tohoku Univ. 33: 1—14.
- 寺中吉造・前田忠信・橋本正康 1972. 土つき稚苗の素質と活着性に関する二, 三の実験. 東北農業研究 13: 33—37.
- 津賀幸之介・小西達也・市川友彦・堀尾光広・吉田清一・千葉哲朗・柿沼昭次 1994. 乳苗の田植機適応性に関する研究. 農機化研報告 28: 67—79.
- 王善本・伊藤十四英・星川清親 1992. 水稻黄化乳苗の移植実用性について. 日作紀 61 (別1): 14—15.
- 山本由徳 1991. 水稻の移植における植傷みとその意義に関する研究. 高知大農紀要 54: 1—167.
- 山本由徳・池尻明彦・新田洋司 1996. 水稻乳苗の苗素質と活着, 初期生育に及ぼす育苗期間の光条件の影響. 日作紀 62: 496—501.

## Rooting of the Nursling Seedlings of Rice Exposed to Low Temperature and Wind after Transplanting: Ryouji SASAKI\* (*Hokuriku Natl. Agr. Exp. Stn., Joetsu 943-0193, Japan*)

**Abstract:** The effect of wind and low temperature on the growth after transplantation of nursing seedlings of rice was examined. Three kinds of seedlings were raised under different conditions; (1) raised in the dark for 3 days after emergence, (2) raised under natural day light for 3 days after emergence, and (3) raised under natural day light for 5 days after emergence including a 2-day hardening. The seedlings were grown in temperature-controlled greenhouse with 24/19°C and 17/12°C day/night cycle after transplanting. Elongation growth of the seedlings was poor under 17/12°C condition especially in the seedlings raised in the dark. When the seedlings raised in the dark were exposed to wind and low temperature, leaf elongation was severely inhibited. It was considered that the growth of the seedlings raised in the dark depended on the energy from the endosperm reserves under low temperature conditions even though at the 7th day after transplanting. This may be due to the inhibition of leaf elongation and chlorophyll formation by low temperature. On the other hand, the growth of the roots of the seedlings raised in the dark was similar or slightly inferior to that of the seedlings raised under natural day light. However, the degree of the suppression of root growth by wind and low temperature was similar in all kinds of seedlings.

**Key words:** Growth, Leaf elongation, Low temperature, Nursling seedling, Rice, Rooting, Root pruning, Wind.