

総 合 発 表

水 稻 の 機 械 化 移 植 栽 培 に つ い て

木 根 淵 旨 光

(東 北 農 試)

最近において実用化の段階に達した水稻移植の機械化は、革新的な技術として水稻作営農の近代化に大きな影響を及ぼしている。移植機には土付き稚苗によるものと、根洗い成苗によるものの2型式があるが後者はまだ研究段階のものと考えられる。こゝでは実用化された土付き稚苗の機械化移植技術について、現技術水準と今後に期待される技術開発の方向について報

告することにした。

1. 稚苗の移植適応性

種子胚乳養分の残存する苗令2.0～2.5葉期の苗を稚苗とした。この苗令の苗は第1表に示したように代掻後地表に横置状態にすると地上部の立ち上がり速度が早く、また立ち上がりの状態も良好である。

第1表 苗令，種子処理と活着現象（東北農試）

処 理	土 付 き 苗 立 上 が り 角 度				葉 枯 程 度 16℃ 15 日 後		
	1 日 後	2 日 後	3 日 後	4 日 後	第 1 葉	第 2 葉	第 3 葉
硝子室 1 葉 苗	40	80	90	90	% 5	% 0	% 0
26℃ 1葉苗胚乳除去	35	60	80	90	100	50	—
2 葉 苗	35	60	90	90	27	0	0
2葉苗胚乳除去	10	30	50	70	100	50	0
3 葉 苗	10	50	80	80	100	32	12
暗 室 1 葉 苗	40	70	90	90	—	—	—
20℃ 1葉苗胚乳除去	10	20	30	40	—	—	—
2 葉 苗	20	50	70	75	—	—	—
2葉苗胚乳除去	5	20	30	40	—	—	—
3 葉 苗	5	30	30	40	—	—	—

しかし、胚乳を除去した場合には苗の立ち上がりは著しく不良である。したがって稚苗の場合には、苗の地上部の立ち上がり現象の良否に種子胚乳養分が大きな影響力を持っていることがわかる。また、苗の立ち上がり過程における葉位別の葉枯れ現象の発生程度も、2葉苗はその発生がきわめて少ない。苗の立ち上がりの遅速および良否は明所よりも暗所の場合が顕著であるが、2葉苗は暗所においても立ち上がり状態は良好である。

明所と暗所における立ち上がりの相違は、暗所が光合成作用が行なわれず、主として苗の潜在力による作

用を示しているのに反して、明所では光合成生産物の補充が行なわれることによって、苗素質に補償的な作用が加えられるために暗所よりも立ち上がり状態が良好化するものと考えられる。したがって暗所における苗処理と立ち上がり状態との関係から苗素質を基本的なものとしてみると、種子胚乳の残存程度の違いが苗の立ち上がりの良否に作用していることがさらに明らかである。地表横置後の苗の立ち上がりの状態の良否のみで移植後の活着状態の良否を速断することはできない。しかし、苗の立ち上がりが進む過程において苗根の地中侵入が平行的に進む状態からみれば、苗の立ち

上がり速度が早いほど活着が早いとみることができるので、それを活着診断の一現象として判断の資料とすることができるようである。この考えをもとにすれば稚苗の田植後活着の良否は、田植時における種子胚乳養分の多寡に大きく影響され、その残存量が多いほど活着は良好となり、環境の変動に対しても活着が安定であるものと推考される。3葉期苗の立ち上がりが不良であるが、この苗令期は種子胚乳が消失し、光合成による乾物生産および蓄積も少なく、苗の潜在力は最も弱いものと考えられる。そのため2葉期苗の種子胚乳除去と同程度の活着状態を示している。稚苗の段階においても2葉期より1葉期は残存胚乳量が多く活着に対してもさらに安定した苗素質であると考えられるが、1葉期苗が短小のため生態的に田植機械化がむずかしく、また出穂期の遅延から生産力に及ぼす影響を考えると、2葉期苗が稚苗として生態的に実用的な最大のものとなり、稚苗機械化栽培ではこの時期の苗が利用されている。

機械移植に用いられる稚苗は根部に育苗土壌をそのまま付着したものである。この点は慣行移植栽培の田植時苗が苗取り時に剪根、洗根されているのに比較して対照的である。

第2表 稚苗の処理と移植後の生育（東北農試）

項 目		移 植 後 日 数		
		0	10日後	20日後
乾物重	無	mg 11	mg 28	mg 70
	洗根移植	11	23	60
	断根移植	11	21	42

第2表に稚苗の田植時における苗の処理が移植後の生育に及ぼす影響を示した。この結果によると田植10日後の乾物重に処理間の相違が認められ、田植時苗を断根したものの乾物重が低くなっている。また、田植時苗の根部土壌を洗去した苗も乾物重は低下するが、断根の影響が最も著しい。すなわち、田植後における乾物重の増加程度は活着の遅速を現わすものと考えられ、活着が早く良好なものほど田植後の生育量は増加し乾物重の増加がみられる。したがって、田植時苗に洗根による細根、根毛の離脱、強制的な断根など根部に損傷を与えるような条件は活着を劣化することが明らかである。機械化移植における稚苗が根の損傷を最小限に止めるため、育苗箱による育苗を行なうのもこれらの障害を軽減するためである。

機械化移植において土付き稚苗が利用されるには移植後の活着の良化、安定化を条件として以上のような栽培上の対応が行なわれている。さらに田植時の苗を均等の深さに挿入するために、育苗状態をそのままに田植えできる箱育苗が行なわれている点も、本田生育均斉化のための対応である。

稚苗の生育は温度によって変化する。生育過程における高温環境は、苗の生育に比較して種子胚乳養分の消費速度が早くなる。したがって高温環境下の育苗では、2葉期苗でも種子胚乳養分が消失することがあるために、とくに温度管理の容易な育苗施設による機械化適応苗の育苗が重視される。

稚苗の種子胚乳養分が減少するに伴って活着に及ぼす根の影響度が増大する。したがって機械化移植においては、移植時苗の根に損傷を与えることの少ない移植機構が移植機として不可欠の条件である。移植機の実用化においてはとくにこの点が重要視されているのであるが、移植後の分けつ茎発生の遅速からみて活着の遅延、渋滞が想定されるのみでなく、そのため出穂期を遅延するような移植機もみられるようである。このような移植機は東北地方のように移植後に寒冷気象の襲来するおそれのあるところでは、移植後に枯死株の発生因ともなりやすいので改良が必要であろう。

2. 育苗の温度管理

育苗における温度管理の違いは苗の素質に変化を与える。そのため稚苗育苗においても苗素質を良好するための温度制御が重要であるとともに、育苗施設を利用する場合には育苗日数を短縮し効率的に利用することが必要である。育苗温度の管理を規格化する技術の確立が必要であり、そのため温度と苗の生育反応の1例を第3表に示した。この結果によると良質な稚苗を育苗するための温度管理は、出芽揃後から第1葉期までは昼、夜間ともに35℃とし苗の伸長を促進し、第1葉から第2葉期は昼間35℃、夜間は15℃とし、夜間の低温を利用して移植苗を硬化することが有効な管理法である。また、この温度管理によって短期間に良質苗の養成が可能であることは、備考に記載した活着良化の諸要素からも明らかである。

第3表 短期育苗と温度条件（東北農試）

播種 出芽揃	種 出芽揃	出芽揃 第1葉展開	第1葉展開 第2葉展開	育苗日数	備考
3 5℃		3 5℃	3 5℃	6. 1 日	徒長，根重低下，低温活着力弱
3 5℃		3 5℃	昼 3 5℃ 夜 1 5℃	7. 2 日	草丈適，根重大，胚乳殘存率大，澱粉含量大，窒素濃度大 乾物／草丈比大，低温活着力強
3 5℃		昼 3 5℃～夜 1 5℃		8. 2 日	草丈短， "
昼 3 5℃ ～ 夜 1 5℃				1 0. 0 日	" "

3. 土付き稚苗の機械化移植と収量

土付き稚苗の機械化移植は，慣行移植と同程度の泥土状態であれば田植えの精度はきわめて良好である。移植の精度は車輪走行型機械よりも滑走型機械がよく，また，土壌の硬軟に対しても適応性が高い。植付精度の良好な状態で土付き稚苗の機械移植における収量は，慣行稲作の収量水準に比較して第4表に示したような事例が得られているが，大差がないと認めてよいであろう。機械化移植による土付き稚苗の本田生育は，慣行移植に比較して出穂期は2～3日遅れるようであるが，一般に茎数は著しく多くなる。そのため穂数も多くなり，それが収量構成の主要素となっている。

しかし，穂数の増加は相反的に1穂粒数を減少する傾向を示すが，それは2次枝梗着粒数を減少するためであり，結果的に品質の揃った玄米の生産を可能にする要因となっている。したがって土付き稚苗の機械移植は，慣行稲作と収量，品質の点でも変りがないことになる。土付き稚苗は成苗に比較して2～3日出穂期を遅延するために好適作季の幅は狭い。しかし強い低温活着力を利用した田植時期の早期化と，機械移植による移植の高能率化によって短い好適作季内でも移植面積を消化することで十分に好適作季内の移植対応が可能である。

第4表 土付き稚苗の機械化移植と収量（試験場，普及所平均，苗紐動力移植機）

年次 項目 地帯	1965		1966		1967		1968		1969	
	10a当り 収量	慣行比	10a当り 収量	慣行比	10a当り 収量	慣行比	10a当り 収量	慣行比	10a当り 収量	慣行比
東北北部	566Kg	100%	600Kg	118%	635Kg	100%	614Kg	106%	591Kg	106%
東北南部	523	100	530	102	580	101	564	103	575	103

土付き稚苗の機械化移植栽培が慣行移植に比較して生産力が同水準の安定性をもっていることも認められてきた。

さらに育苗期間中の苗生育の安定強化に対しては，種子浸種中における2.5%トリポリリン酸溶液浸種による種子体質の均斉化と生育強化，高温障害または種子胚乳養分の消失による苗素質の劣化防止に対するカイネチン50ppm液の1葉期における葉面散布の効果を明らかにした。さらに育苗培地の準備を省力化するために籾殻燐炭を半量混入することによる土壌の代替の可能性を明らかにしてきた。育苗の省力化については，労力配分上から農閑期播種を目標として，育苗土壌水分が10%以下であれば乾籾を播種して100日間の貯蔵も可能であり，冬季間播種を実証した。さらに育苗施設の利用拡大のためには，出葉ごとの窒素添加により約30日間は稚苗の屋外保存を可能にした。本

田においては，とくに収量構成の主要素が穂数増である生育に対して減数分裂期における窒素追肥の効果を実証した。また，移植後約50日間はヒエの無草期間を雑草害防除上から必要とする生育経過に対して，移植前後のMO，5葉期のPAM，スエップM，サターンSなど除草剤による雑草防除の体系化技術の効果を実証した。これらのことは土付き稚苗の機械化栽培法を確立するための技術要素として，重要な役割を果たしてきたものである。

4. 無代掻き栽培の生育・収量

慣行移植は人力による田植え作業を条件として人間工学的にも代掻き土壌が必要である。しかし機械移植においてはこのような問題はない。また根の機能を障害する土壌の異常還元化の誘因となるといわれる代掻き作業の排除は，稲生育上からも期待されるところである。さらに代掻き作業の排除は整地作業機の利用効

率を高め負担面積を拡大する役割もある。以上の点より畑状態でロータリー耕耘後に灌水し、土壌を飽水状態において機械移植を行なった土付き稚苗の生育、収量を第5表に示した。このような栽培法はとくに移植時苗の根部に損傷を与えない移植機によってのみ可能であり、根に損傷を与えるような移植機構では値え傷みの発生が著しく実用的な技術とはならない。第5表によると慣行代掻き移植に対して無代掻き移植の収量増が認められる。とくに注目される点は代掻き条件と比較して無代掻き条件の稲は、出穂期において根の酸

素吸収量が大きく根の機能がきわめて活性高く維持されていることである。水稻の新根発生数は幼穂形成期後は減少し、そのため根は全般的に日数の経過とともに老朽化する。しかし、登熟を良好にするためには出穂後の根の活性維持がきわめて重要な要素であると指摘されている。第5表にみられる無代掻き栽培の根活性の維持は、この栽培法が代掻き栽培法に比較して高水準の栽培技術であることを明らかにしたものであろう。また、無代掻き移植は機械移植の特徴的な技術として今後の技術確立が重要視される。

第5表 土付き稚苗機械移植の整地法別収量（東北農試）

整地法	窒素施肥法	品 種	m ² 当り 穂 数	10 a 当り 玄 米 重	根 酸 素 吸 収 量 (出 穂 期)			
					0 ~ 5 cm	対 比	5 ~ 15 cm	対 比
無 代 掻 き	基 肥	レイメイ	本 601	Kg 684	0.367	122	0.402	115
		奥羽 268 号	543	607	0.378	136	0.419	132
	分 施	レイメイ	469	643	0.323	107	0.444	127
		奥羽 268 号	526	649	0.362	131	0.395	125
代 掻 き	基 施	レイメイ	350	573	0.302	100	0.350	100
		奥羽 268 号	367	600	0.277	100	0.317	100

注. 酸素吸収量 $\mu\text{L} / \text{hr} / \text{d}, \text{wt}, \text{mg}$

5. 土付き稚苗の機械化移植栽培と経済性

本技術を生産技術として定着させるためには、生産力のみでなく生産性の点からも経済的な評価が必要である。とくに最近の米作事情においては、経済的な観点からも技術の評価が行なわれることが強く要請されている。

第6表には本技術の体系別経費を示した。自己完結型は全作業を個人経営で行なうものであり、苗購入型は育苗全作業を委託し苗を購入するもので、苗購入、収穫乾燥委託型は苗を購入するほか収穫を含めて商品化の作業を委託するものである。体系別における米1俵当りの生産費では苗購入型が最も生産性が高くなって有利な技術体系となっている。生産費を低減している要素としては労働時間の短縮があげられる。また、

苗購入、収穫乾燥委託型においては、労働時間は著しく省力化しているが物財費のうち賃料が高くなっているために1俵当り生産費の低減を小さくしているようである。しかし、自己完結型以外の技術体系において、苗購入条件が生産費の低減に大きく影響していることは、土付き稚苗の機械化移植技術における大きな特色といえることができるであろう。したがって、本技術体系をさらに生産性の高い技術として完成させるためには、育苗経費の低減がきわめて重要な問題となってくる。そのため移植機の普及が大量苗を養成する育苗施設を前提として進められていることに注目すべきであり、施設運営の良否が移植機稲作の定着に大きな影響を及ぼすことにもなる。

第6表 水稲単作技術体系別経費概算（生産構造）（東北農試）

項 目	区 分	慣行手作業型	大型機械 湛水直播 乾燥委託型	機 械 化 移 植		
				自己完結型	苗購入型	苗購入・収穫 乾燥委託型
経営規模		3.0 ha	30.0	4.5	4.5	4.5
10 a 当り収量		600 Kg	600	600	600	600
10 a 当り労働時間		135時間	15.4	68.8	51.5	27.2
必要労働力		3人	4	3	2	2
10 a 当 り	物 財 費	円	18,909	16,882	15,926	24,243
	(うち賃料)		(7,750)	(0)	(2,000)	(13,600)
	償却費(農機具 のみ)	円	2,950	7,431	6,987	4,546
	自家労働費	円	2,618	1,169	8,755	4,624
10 a 当り所得		54,500円	6,071	5,835	5,965	5,388
1 俵 当り生産費		4,895円	2,418	3,601	3,167	3,341

注. 1) 米価は150Kg当り20,668円, 苗購入費は10a当り2,000円, 刈取り料は10a当り4,000円, 乾燥料は1俵(60Kg)当り760円, 自家労働評価額は時間当り170円とした。

2) 所得, 生産費の試算では建物償却, 修理費, 資本利子を除外した。

6. 今後に開発すべき研究上の問題

本技術が稲作経営のなかに定着する条件として技術体系のなかから問題を指摘し, 素材または部分技術として解決することが必要である。その点で技術体系の経済性からも指摘したように, 生産費の低減を目標において育苗技術を低生産費の方向に開発することが必要である。この目標は2点に集約される。

(イ) 委託育苗を目標とした人工培地の開発

この技術開発には育苗箱の解消による資材費の低減, 育苗土壌の準備に必要とする労働, 資材の解消などを解決することによって購入苗価を大幅に低減しようとするものである。育苗土壌準備のためには10a当り約15時間を必要としている現状からすれば, この解消は技術体系として, 玄米1俵当り, 3,000円以下の生産費を期待する技術体系を導く重要な鍵となる。人工培地の性質としては移植後土壌中で分解するもの, きわめて安価に大量生産が可能なものが条件となるが, すでにこのような物質の開発とその成型化が進められ実用化の可能性が高い。また, 成型人工培地の開発によって育苗箱と土壌の解消は可能である。し

かし, 人工培地, さらに物質についての研究開発とそれに伴う育苗管理技術の確立が必要である。また, 人工培地による成苗育苗の技術も機械移植を一般的技術とするうえに重要な問題となるであろう。

(ロ) 育苗の装置化と短期育苗技術の確立

人工培地の開発は育苗装置化の前提条件となるものであるが, さらに管理労力の節減, 苗生育の均斉化のために, 環境要因の人工的制御を可能にする装置化された育苗施設が必要である。これは大量苗を養成する技術を規格化することであり育苗工場の発想に発展する。さらに施設費の低減, 短期間育苗, 苗保存の技術確立を含めて移植機稲作の将来を決定する条件となると考えられる。

機械化移植技術の現水準は, 開発研究の性格からみて流動的な段階にあることは免れない。そのため問題の所在を適確に把握し技術的解決を急ぐことが必要であるが, 生産性を重視した育苗技術の確立がその焦点となるであろうし, その可能性は十分に期待されてよいであろう。