

I 技術開発の背景とねらい

北海道における稲作の奨励は明治中期に始まり、一世紀を経ずして水田面積で26万ヘクタール、生産数量で123万トンに達し、しかも、10アール当り収量では、豊作年は全国上位に位置するまでに発展した。

しかし全国一の生産量を誇る北海道ではあるが、米質の問題と収量の豊凶差が大きいことから、産地として厳しい批判をうけている。これに対処するには上記劣点の解消と、あわせて経営規模の有利性をもって低コスト米の生産を行なわねばならない。

生産費軽減の第一要件は省力化にあるが、水田作業中、除草および病虫害防除などの管理作業は、すでに優れた除草剤の出現や共同防除作業により、省力化はめざましいものがある。収穫作業も高効率な収穫機と籾乾燥施設の充実で、共同または自家労力をもって消化できる段階に至った。しかし、一方、田植作業を含む春作業の省力化は不十分で、これが本道稲作の現状の問題点解決と新方向への隘路となっている。

すなわち、北海道の稲作は作業期が狭い上に経営面積が大きいところから、基本的技術である健苗育成のための適正な育苗管理に万全を期することができない場合が多く、加えて移植労力の不足と賃金の高騰は、寒冷地稲作の安定化に欠くことのできない密植化や適期移植作業の遂行をはばんでいる。

北海道の稲作が今日までに発展した技術上の要因は、安全多収品種の出現や栽培技術の向上にあるが、その基本をなすものは畑育苗の進歩普及にあり、多収品種や高収安定技術は高水準な畑育苗の下に成立したものである。

したがって稲作の労働生産性が強く叫ばれている現状でも不安定な直播栽培への移行は危険であるところから、生産性向上には良質な畑苗移植を前提として省力化を図る必要がある。

田植作業の機械化研究は、昭和40年から行なわれた結果、稚苗移植は普及に移され、また、共同育苗施設の設置により、育苗から田植までの一貫した省力体系が実現した。しかし稚苗は、慣行苗に比し出穂が遅延するところから、寒冷地では苗種、適用地域、移植時期に制約があるので全面的には受入れ難い。水稻紙筒苗移植の研究は昭和43年から行なわれ、稚苗はもちろん慣行苗に比べても初期生育、収量の安定性が高く、寒冷地向の苗として高く評価された。しかし機材の適応では若干難点が残った。

以上の事柄を背景に、紙筒苗のもつ苗素質上の利点を生かし、田植労働のより省力合理化を図るために、道立中央農試稲作部・同上川農試・同道南農試の3場所が、人力での紙筒苗散播による移植（以下ばらまき植と称する）を検討したので報告する。

なお、「水稻紙筒苗ばらまき機」については、別冊（道立中央農業試験場農業機械部成績）を参照せられたい。

Ⅱ 技術の特徴とその効果

紙筒苗は、1.5 cm角、高さ3.0 cmの無底4角柱状の紙筒を、20列38段に糊で綴り、1冊にされたものに培養土を入れ育苗したもので、移植時に1個(1株)ずつ分離して植付けるものである。根部は育苗土と共に紙筒に包まれ保護されているところから、慣行苗に比べ活着が良い。移植時の苗は、慣行苗に比べて草丈がやや短かく、乾物重も軽いが葉数は同程度の3.0～3.5葉である。苗立数は1紙筒(1株)当り3本程度であるから、すぐれた活着性と相まって出穂促進と穂数確保が大きい。

人力によるはらまき植は、紙筒苗1握り20株程度を空中に放てき、落下させるだけである。この場合、根部は紙筒に包まれた土の重みで下向に落下、田面に突入して移植を完了する。したがって慣行移植の場合の苦痛を伴う田植作業に比し快適容易である。作業能率は、10アール当り1時間程



写真1. 紙筒苗ばらまき作業風景

度であるから、慣行手植の8時間/10アール、現在普及中の2条田植機の1.1時間/10アールに比べても能率的である。

正条植田植機は年毎に進歩しているが、その能率や精度は、水田条件や苗の状態に左右されることが大きい。また、この種の田植機は、高能率高性能化に伴ない使用者の熟練度と体力を必要とする。手によるはらまき植は、作業に熟練度を必要とせず、体力においては婦女子でも容易に行なえる。

トラクタ索引式はらまき機は、1時間60アール程度の高能率であり、手まきよりも面積当り株数の均一化が期待できる。更に正条植田植機に比べて、水田条件その他の制約を受けることが少ない。

以上の事柄から、この栽培法は、紙筒苗を利用することで生育促進と収量性を安定高水準に保つことができ、更に高能率な人力によるはらまき植、特にばらまき機の導入を計れば適期内移植を可能にするものである。したがって、寒冷地では稲作の安定化が一層高められ、暖地では水稻栽培の短期化が可能となり、前後作の作目導入を容易にして土地生産性が高められる。

Ⅲ 技 術 の 導 入

1 技術の適用条件

北海道における稲作地帯は、気象の上から大別して3地域に分けられる。また、これら地域は経営規模、様式も異なっている。

1) 道南地帯

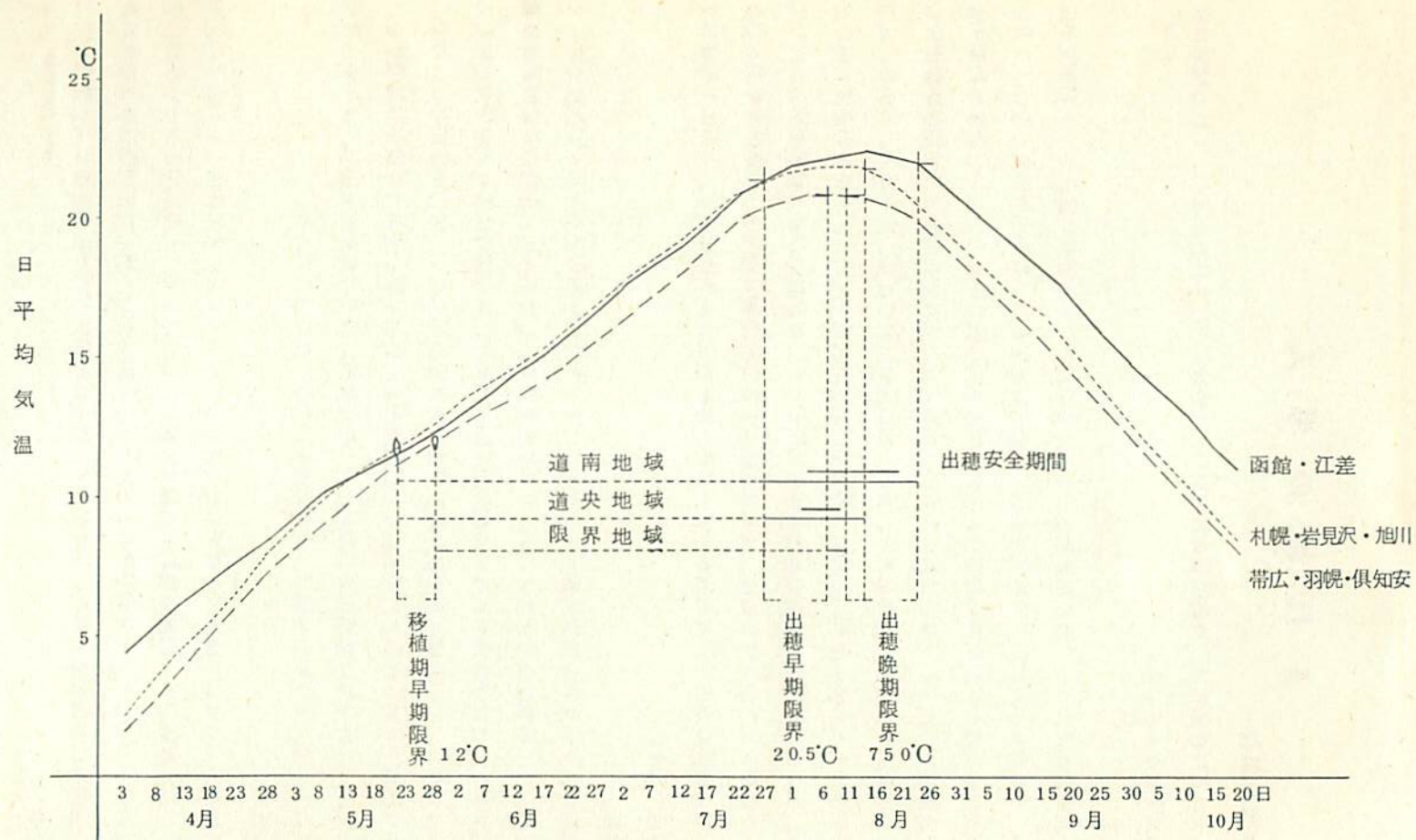
渡島半島南西部は、5～9月の積算気温が2700℃、7・8月の平均気温で21℃程度が得られるが、5月から7月にかけての気温が概して低く経過するため初期生育が良くない。8月以降は他の地域に比較し気温が高く初霜もおそいので出穂安全限界がおそい。この地域は初期生育の不良が穂数減をもたらし、減収要因になる。したがって、紙筒苗利用により初期の茎数確保を容易にし、穂数の増大を図る必要がある。また、この地域は経営面積が狭小なところから、経営改善の方向を考える必要がある。それには作業期巾が広い利点を生かし、水田作の高度利用が必要である。このことは、すでに道南農機で水田前作として、野菜栽培の導入技術を明らかにしているが、これが普及、定着するには、ばらまき植による田植作業の省力化と生育促進を図る必要がある。この地帯は水田一筆の面積が小さいため、移植機械の導入は困難で、人力によるばらまき植が適当である。

2) 道央地帯

道央地域は、5～9月の積算気温2600℃、7・8月の平均気温が20.5℃程度であって、春から夏にかけての気温上昇は大きい、秋は早冷である。したがって、出穂の早期限界日は渡島半島南西部と、ほぼ同時期であるが、晩期限界日が早いので、早期移植により出穂促進を図る必要がある。しかし、この地域は水田単作地帯で農家経営規模も大きく、労力不足が著しいので、移植作業を機械化しても代かき、苗運搬などの関連作業に労力を要し適期内移植が容易でない。したがって、この地帯では移植作業の共同化により作業機、労力の合理化を図り、ばらまき移植機の導入によって、より省力を図り、適期移植を行なうことが必要である。

3) 道北地帯

稲作限界地帯と称される地域は、積算気温2400℃、7・8月の平均気温20℃以下の気象下に稲作が営まれるから、出穂の適期巾が極めて狭い。したがって、この地帯における移植作業は、移植期間を拡大して労力分散を図ることは全く不可能であり、加えて田畑複合経営農家が多いので、適期移植が困難でもある。したがって、限られた期間内にばらまき植により移植を完了させる必要がある。



第1図 北海道における稲作季節の地域性

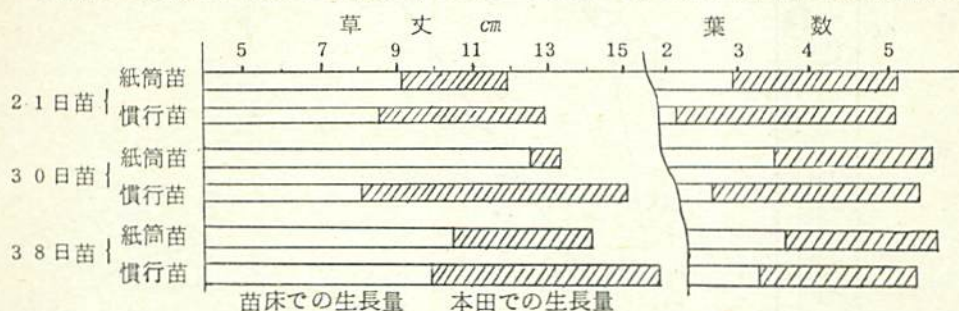
4) 育苗技術

紙筒苗は活着性が良いとはいえ、苗床では密播のうえ育苗土量が少ないので生育条件は良くない。また、はらまき後、転倒苗の起き上りを促進するためにも健苗を得ることが重要である。したがって育苗に際しては後述する技術を厳守する必要がある。

2 技術の使用法

(1) 適品種

紙筒苗は育苗環境が密播であり育苗土量も少ないために、移植時の生育量は同時育苗の慣行苗に比べやや劣る。しかし、第2図に示すように移植後の生長量は大きく、移植14日目には草丈で慣行苗を凌駕し、葉数では同程度までの進歩が見られる。これが紙筒苗の大きな特徴である。



第2図 紙筒苗と慣行苗の移植時と移植後14日目の生育量の比較

(昭43 中央農試稲作部)

また、初期生育不良地帯における本田の生育収量を示すと第1表の通りで、出穂期は慣行苗に比べて4日程度早く、しかも年次間、施肥量間による変動が少ないことが認められる。このこと

第1表 苗の種類別生育収量 (昭45～47 中央農試稲作部)

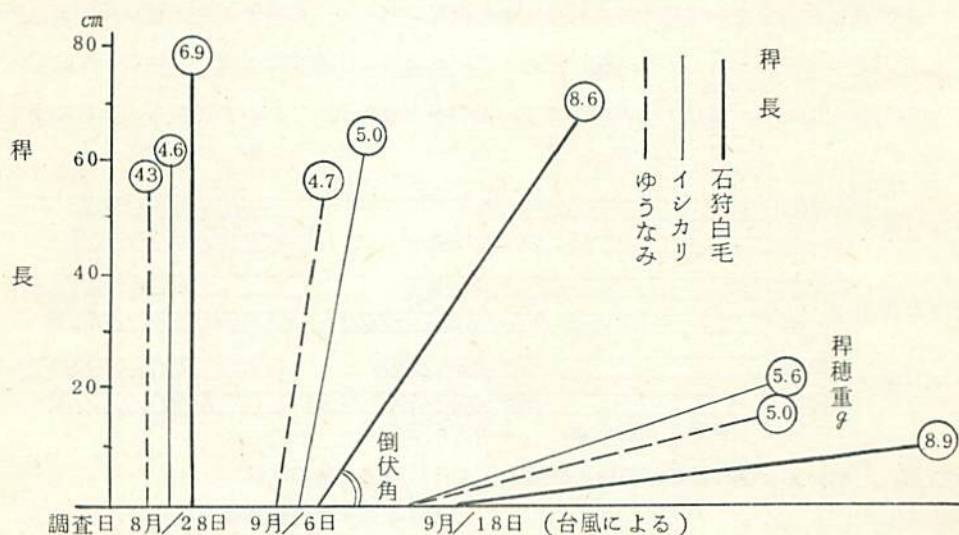
苗の種類	出穂期		m ² 当り 穂数	a 当り 収量		品質
	平均 (8日)	標準 偏差		平均	標準 偏差	
紙筒苗	6.8日	±0.62日	606	51.6 Kg	±7.2	3中下
稚苗	12.6	±1.81	675	49.2	±8.6	4中
慣行苗	10.6	±2.24	482	49.5	±9.6	4中上

注) 3カ年3施肥段階計9区制

から紙筒苗は、慣行苗に比べて品種の適用範囲が大きいといえる。また、はらまき植の稲は適正密度が保たれていれば紙筒苗を手植したものに比べ出穂遅延は認められない。

しかし、紙筒苗であっても晩生に過ぎる品種は、冷害年を考慮して用いるべきではない。したがって、品種選定は熟期の上からは、それぞれの地帯で慣行移植に用いられるものを選び、また、本栽培法を用いて水田2毛作のために稲の短期栽培を行なう場合には、その作季に適応する熟期を選定する必要がある。したがって渡島半島南西部での野菜後作には、「マツマエ」よりもやや早い「ユーカラ」程度の熟期が適当である。

紙筒苗はらまき植の稲は倒伏しやすい。倒伏は、紙筒苗の茎数を増大さす性質と、ばらまきが局部的に過密植になることで細稈軟弱化するために起るが、主な原因は、浅植になるために、水



第3図 紙筒苗浅植の場合の倒伏と地上部重と稈長 (昭47. 中央農試稲作部)

田土壌による稈基部の支持力低下と、根張りが浅いことが関係する。この場合の倒伏は、第3図のように稈の長短と地上部の重量に支配されるので、強稈品種であっても長稈・穂重型に近い品種は不適当である。なお、なお、局部的に過繁茂状態になるので、いもち病、紋枯病に強い品種を用いる。

(2) 育苗

1) 紙筒の種類

紙筒には機械移植用と、ばらまき植用との2種類がある。機械植用は苗運搬や機械に登載する際に1冊の紙筒が分離しないよう、紙筒個々の糊接着力が強くなっている。これをばらまき植に用いると、移植前、苗取作業時の苗分離(紙筒1個に分離する)に労力を要する。ばらまき用は糊接着力が弱く苗分離が容易であるから、必ず、ばらまき用に規定されたものを用いる。

2) 育苗土壌

育苗土は他の田植機用の育苗に必要な土壌と同じで、原則的には一般の畑苗用床土の時性を具備するのが前提である。有機質を多量に含んだ軽い土は、ばらまき時の落下姿勢がわるく、浮苗になりやすいので使用を避ける。また、極端な粘質土壌は苗の生育に支障があり、砂質土壌は、苗取りやはらまき作業時に紙筒から抜け落ちることがある。

土壌反応はPH4.5 附近が最適とされるので前年秋に 4.0 ～ 5.0 程度に矯正しておく。必要土量は、本田 10 アール相当分の育苗に、乾土で 180 Kg 程度必要である。これを碎土し、5 目程度の篩でふるって使用する。

3) 床土施肥量

紙筒苗の育苗施肥量は、土性別に検討されていないが、培養された一般苗床土壌（植壤土）を紙筒育苗に用いて検討した結果は、第 2 表の通りである。この結果から紙筒苗の育苗施肥量

第 2 表 水稻紙筒苗育苗肥料試験結果（昭 42、中央農試稲作部）

乾土 180 Kg 当り 施 用 量 (g)			苗の乾物 重量 g/100本	要素含有率（乾物中%）			
N	P	K		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg O
0	0	0	0.91	1.79	3.14	4.32	0.69
0	130	0	0.89	1.72	3.08	4.04	0.54
47	130	90	1.31	2.20	3.15	4.61	0.56
90	130	90	1.64	2.90	2.75	4.51	0.48
130	130	90	1.89	4.38	2.25	4.82	0.45
180	130	90	1.73	4.38	2.17	4.34	0.45

は、乾土 180 Kg に対して窒素、磷酸を各 130 g、加里を 90 g 程度入れて充分混和すれば足りる。

なお、水稻紙筒苗専用化成肥料（N—10%、P₂ O₅—10%、K₂ O—8%）を用いる場合には、土 180 Kg に対して約 1 Kg の割合で混合する。

4) 種籾の予措

慣行苗と同様、塩水選、水洗、浸種、消毒、芽出しを行なう。とくに紙筒苗は紙筒個々の苗立を良好かつ均一にする必要があるから、種籾は播種むらを生じやすい原因になる芒や枝梗を取り除く。また、発芽力が良い種子を選ぶため、塩水選を比重 1.1 程度で行なう。

種子消毒は、今後水銀剤の使用が規制されるので、ペノミル剤等による。

5) 土づめ播種

紙筒苗の育苗日数は 30 ～ 35 日程度である。したがって、播種期は慣行の普通期栽培では 4 月下旬に行なう。播種量は、第 3 表に示すように、1 紙筒当り 2 粒播では個体当りの苗質は良いが、株当り苗立数が不足であり、4 粒を越えると過密植で苗素質の低下を招くので、密播に

第3表 播種量と苗質（昭43）

場所名	播種量 1筒当り	移 植 時		
		草 丈	葉 数	100本当り 乾物重
北農試	3粒	15.1cm	3.6	3.98g
	4	13.4	3.4	3.03
十勝農試	2	9.1	2.8	2.00
	3	8.7	2.8	1.98
	4	8.9	2.7	1.56

ならないよう注意する。

機械移植用紙筒の土づめ播種装置として開発された大型播種プラントは、ばらまき用にも使用できる。本装置は土づめから播種覆土まで自動的に行ない作業能率は10人が1組で、1時

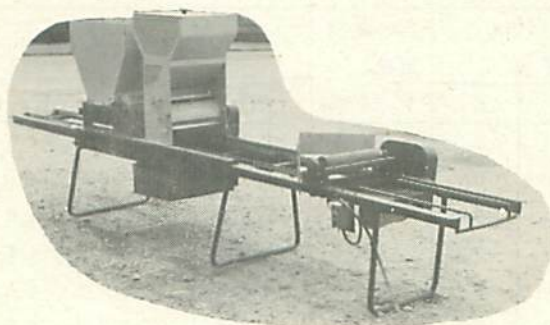


写真2. 播種プラント

間当り本田1ヘクタール分の紙筒を処理できる。本装置を用いると播種粒数が不均一になる場合が多いので、播種部分の調整を常に注意しなければならない。

紙筒専用土づめ器具で本作業を行なう場合には、順序にしたがって紙筒展開、土づめ、播種、覆土を行なう。この際、土づめが不十分であると、苗床設置の移動時に床土が抜け落ちるので、土づめは衝撃を強く与えて堅めに沈下させる。覆土は紙筒の上縁より高くしないことが肝要で、必ず紙筒上縁が基盤目状に見えるようにする。この器具による作業は、播種精度は良いが作業能率が低く、2人が1組で1時間当り本田5アール相当の能率である。

6) 育苗床への設置

紙筒苗用の育苗床は、ビニールハウス式、またはトンネル式いずれでもよいが、育苗管理が容易で、かつ光利用度が高いビニールハウスが有利である。

設置床は排水良好な場所を選び、耕起の必要はないが、床面の均平が重要である。紙筒苗の根が設置床に貫入するのを防止するため、根止めを考慮しなければならない。根止め資材と方法に

は、次のものがある。

ア) 紙筒専用下紙

機械移植用紙筒苗の育苗に用いられるもので、紙筒とはほぼ同質の紙に根止め用薬液を塗布したものである。

専用下紙による根止め方法を行なうと、根は下紙の上面に添って横に張るので、隣接紙筒の根と絡み合う場合がある。この状態が生じると移植前の苗分離作業に長時間を要する。

したがって、ばらまき用には下紙方法は適当でない。しかし、育苗土壌に已むなく砂質土を用いた場合には、この根状が、ばらまき時に土が紙筒から抜け落ちるのを防止するので利用できる。

下紙を敷く場合に、設置床が過乾燥の状態であると、育苗期間中、床土水分が不足しやすいので、設置床面に軽く散水して下紙を2重に敷く。その上に土づめ播種が完了した紙筒を並べ設置する。

イ) PCP溶液散布

均平にした設置床面に、PCP水和剤10gを2ℓ程度の水に溶かし、1m²の面積に均一

第4表 PCPによる根止めと苗の生育 (昭44中央農試稲作部)

区 別	苗 質		茎 数	
	葉 数	乾物重	6月26日	7月16日
下紙区	3.9	3.6g	5.8本	27.5本
P 5g	4.1	4.0	5.7	27.0
C 10	4.0	4.3	5.7	27.0
P 水和剤 15	4.0	4.2	5.4	24.0
m ² 当り 20	4.0	4.2	5.3	25.7

散布する。しかし、砂壤土系の土を育苗土に用いた場合には、PCP10g量では薬剤が紙筒苗の床土に移動して根止め位置が高くなることがあるので注意する。

ウ) PCP溶液浸漬寒冷紗

PCP水和剤20倍溶液に、150番又は300番寒冷紗を浸し設置床面に敷く。この方法は資材費が高むが、寒冷紗は3～4年以上の耐用年数があり、下紙法よりも作業が容易で

第5表 根止め資材と苗の生育 (中央農試稲作部)

根 止 め 資 材	量	4 6 年		4 7 年	
		草 丈	葉 数	草 丈	葉 数
下 紙	2枚重ね	10.8cm	3.2	△12.3cm	△ 3.4
PCP溶液散布	10g/m ²	12.0	3.0	11.6	3.3
PCP液浸漬 寒冷紗		12.4	3.6	10.9	3.2

注 △印は紙筒苗と同一播種量の慣行苗

ある。また、苗取りに際しては、寒冷紗を持ち上げる操作のみで紙筒が1株ずつ分離するので苗取り時間が著しく短縮できる。

7) 簡易土づめ播種法

上記の方法は、機械移植用の紙筒育苗に準じた方法である。しかし、ばらまき植用の紙筒苗は、機械移植用の紙筒苗のような、機械の苗置き装置や植付機構に適合させるための規格化した紙筒苗を必要としない。したがって、ばら用苗の土づめ播種には、次のような簡易方法が行なえる。

先ず、上記に準じて設置床に根止め処理を行ない、その上に直接紙筒を展開する。この場合、紙筒は3～6冊を糊でつなぎ、長尺にすると展開が能率的に行なえる。適当数の紙筒を展開した後、床土を静かに軽く入れ、均し板で紙筒上縁の余分な土は取除く。その上から、かん水を m^2 当り5～7 ℓ の割合で一時に施し土の沈下を図る。このことにより床土上面が紙筒上縁から3mm程度沈下し種粉が入りやすくなる。しかし、有機質に富んだ土壌は沈下しづらいので土入れ後、箒で上部の土を掃き出す必要がある。

播種は紙筒用播種板を用い、1紙筒当り3粒程度になるように行なう。

覆土は節で紙筒上縁よりやや高くなる程度に均一に行ない、覆土の上を沈圧板で必ず紙筒上縁が碁盤目状に見えるまで沈圧する。紙筒上縁より上に覆土があると、根が紙筒上縁を越えて隣接株に入り、上部根がらみを起して苗取り能率を低下させる。なお、覆土後沈圧前に均し板で覆土の上を均すと、種粉が浮上り露出することがあるので注意を要する。

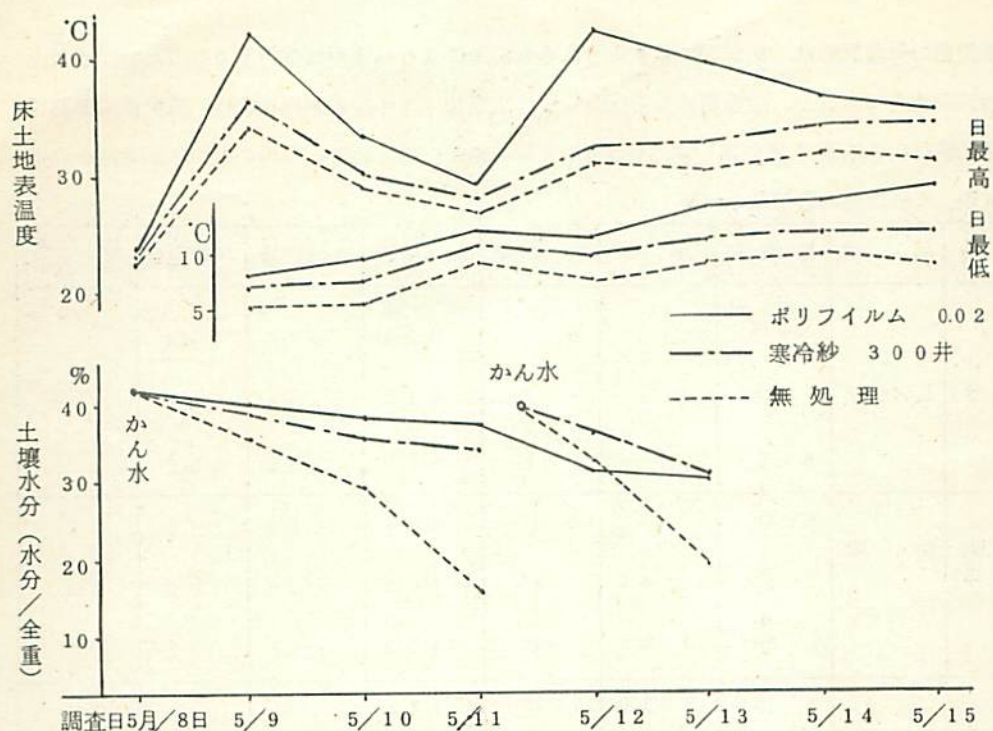
8) 管 理

管理は一般畑苗管理の理論、方法に従って行なうが、特に注意すべき点は次の通りである。

播種、設置作業が完了したら、苗立枯病防除とかん水を兼ねて、ヒドロキシ、イソキサゾール(タチガレン)剤を、1,000倍液の場合には m^2 当り5 ℓ 、500倍液の場合には3 ℓ の割合で散布する。ただし、この液量で床土水分が不足な場合は適宜補水する。

根止めに下紙を使用した場合は、床土が乾きやすく、また、簡易土づめ法を行なった場合は、覆土量が少ないために種粉が乾き易い。したがって、発芽するまで二重被覆により床土水分を保持する必要がある。

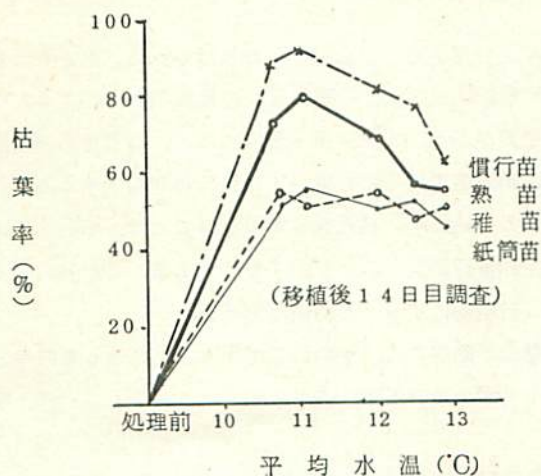
二重被覆資材の種類と、保温、保水の程度は、第4図に示すとおりである。ポリエチレンフィルムは水分保持は良いが、日中過高温になるので地温が35℃以上にならぬよう注意する。300番寒冷紗は、保温保水が劣るが、過高温になり難く、補水には被覆の上からかん水が可能であるから管理が容易である。発芽後の水管理は、過乾、過湿にならぬよう注意する。とくに、かん水回数が多く常に土が湿り過ぎの状態であると、紙筒が変質して根が紙を通して隣接株に入るので、苗取りの苗分離を困難にする。



第4図 苗床2重被覆資材と地温土壤水分の変化 (昭46中央農試稲作部)

(3) 移植時期と苗の形質

紙筒苗の移植適期は、慣行苗と同様、道央以南では5月20～5月末日の期間が適当である。



第5図 移植後の水温と枯葉率 (昭44 上川農試)

紙筒苗の低温反応は、第5図に示すように冷水処理による枯葉率は慣行苗より少ない。また上川農試の調査によると、活着期に異常低温を受けた昭和44年度の枯死株率は、紙筒苗<熟苗<稚苗<慣行苗の順序で、紙筒苗の耐冷性は極めて強い結果を得ている。このことから紙筒苗を利用

第6表 紙筒苗の移植期と収量

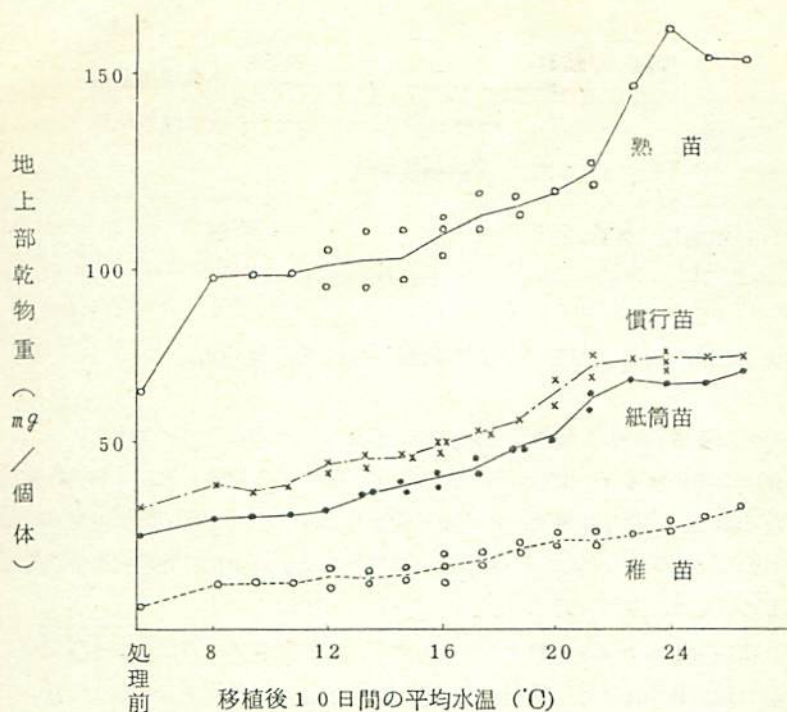
場 所 (年 次)	品 種	移 植 期	苗 令	出 穂 期	m ² 当穂数	a 当収量	収量割合	備 考 (枯死株率)
上 川 (43 年)	しおかり	月 日 5. 15		月 日 8. 3	本 6 2 4	Kg 5 7. 6	% 1 3 6	%
		25		1	4 1 8	4 2. 5	1 0 0	
		6. 5		6	4 5 0	5 6. 2	1 3 2	
道 南 (44 年)	新 栄	5. 10	3. 6	8. 16	3 5 4	5 1. 5	1 2 0	1 7
		20	4. 2	17	4 0 9	4 3. 0	1 0 0	2 2
		30	3. 1	16	4 2 9	4 5. 8	1 0 7	0
中 央 (44 年)	そ ら ち	5. 17	3. 2	8. 17	4 3 2	—	—	1 2
		24	3. 4	14	5 4 2	5 0. 4	1 0 0	0
		31	3. 1	14	6 0 0	5 0. 9	1 0 1	1
		6. 5	2. 9	16	5 4 2	4 6. 0	9 1	0

注) 1. 場所は道立各農試 2. 枯死株率は移植時低温による枯死

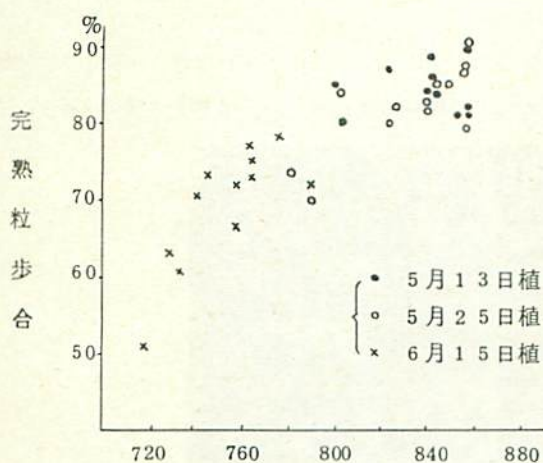
することで、移植期の早期限界をより早めることの可能性が期待される。しかし、第6表に示すように、早植の場合、熟期促進の効果は少なく、早熟品種は穂揃性の低下があるので、それには品種、栽培条件を明らかにする必要がある。また、第6図によると、移植後の水温段階と乾物重増加量は各苗とも同一の傾向で、紙筒苗であっても低温下で生育量が増大することの期待は少ない。したがって、前述した低温下での枯葉率、枯死株率が少ないことは、低温下における活着性を示すものでなく、低温下での生体維持が長いことを示すものである。これらのことから、紙筒苗移植期の早期限界は、慣行苗と同時期にすることが適当である。

北海道における慣行苗の移植期の早期限界は、平均気温が12.0℃に達した時期と称されている。この時期は、さきに示した第1図からみると、道央以南では5月20日過ぎ、限界地帯では5月末日頃になる。

移植期の晩期限界は、出穂の晩期限界と品種の熟期とから決められる。本道では移植期の遅れが出穂遅延をもたらし、登熟気温の低下により充実不良を来す場合が多い。登熟期間の積算温度と玄米完熟粒割合との関係は、第7図に示すように、完熟粒を80%以上得るには、出穂後40

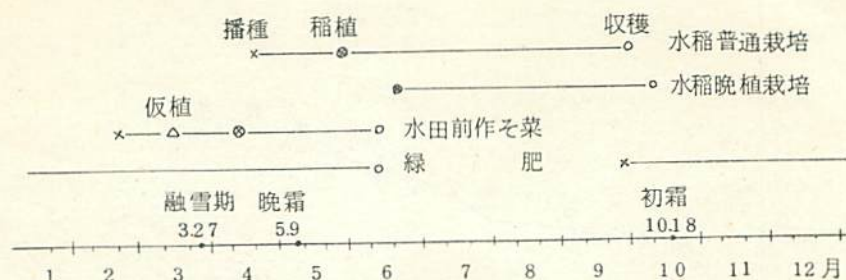


第6図 水温と地上部乾物重増加 (昭44 上川農試)



第7図 出穂後40日間の積算気温と登熟歩合との関係 (昭47年上川農試)

日間の積算気温が800°C、完熟粒70%程度を得るには750°Cが必要で、この温度は従来、北海道での登熟限界温度とされているの一致する。以上のことから、出穂の安全限界温度を800°C、晩期限界温度を750°Cとした地帯別の出穂限界日は、さきに示した第1図のとおりとなる。これからみた移植の晩期限界は、道南ではおそく、限界地帯では早いことになる。しかし、本道では出穂限界日が早い地帯では早生種が作付され、出穂限界日がおそい地帯では晩生種



第8図 渡島半島南部における水田二毛作栽培季節（昭39年道南農試）

が作付されているので、移植期の晩期限界は地域別に大差なく5月末日までとなる。

渡島半島南部における水田2毛作の栽培季節を第8図に示す。この場合、後作水稻の移植時期は6月25日頃になるので、熟期促進のために熟苗（育苗日数45～50日の分けつ苗）移植が条件とされる。したがって紙筒苗を用いる場合には、早熟品種を用い密植で熟期促進を図る必要があるが、この点については、なお検討する。

移植時の適苗は、草丈10～13cm葉数3.0～3.5葉で、これに要する育苗日数は30～35日程度である。育苗日数が長くなると、播種密度が高いため苗素質が低下するばかりでなく、紙筒が変質して根の貫通が多くなり、苗取り時の苗分離作業に多くの労力を要する。したがって、育苗日数は35日を限度とする。

(4) 苗とり作業（苗はぐし）

紙筒苗は1株1個の紙筒760個（株）が1冊（30cm×57cm）になっているものであり、移植機械の場合には、1冊のまま運搬をして移植機に登載するが、ばらまき植は、苗が1株づつ



写真3. はぐした紙筒苗

に完全に分離されていなければならない。そのために、苗取り時に苗分離作業を行なうが、これを一般に苗はぐしと呼んでいる。

これに要する作業時間は、前述した紙筒の種類による糊の接着強度、および土づめ、播種、育苗法などによる根がらみ、貫通根の多少等の差に関係するところが極めて大きい。したがって、

これらの過程を適切ならしめることが肝要である。

苗取り時に紙筒や床土が乾き過ぎの状態であると、糊の接合強度が強くなるため苗分離が困難になり、また、土の脱落、移植直後の浮苗などになり易い。水分過多の状態では、紙筒や床土がべたつき、作業が困難になる。したがって、この場合の水分状態は苗取り前日にかん水した程度が適当であるから、苗取り当日にはかん水を行わない配慮を要する。

苗取りは、20株程度の地上部を一握りして引き上げ、そのまま振るか、紙筒底部を上向に反転するかで分離できる。この場合、貫通根や糊付で分離しない時には、片方の手で強制的に分離する。

はらまき専用紙筒を用い、周到な作業過程の下に育苗した苗の苗取り作業は、本田10アール分がおおよそ30分程度で終了する。

はくした苗は、運搬およびはらまき作業に便利な容器に入れて水田に運ぶ。この場合、容器毎のおよその株数を知っておくことが、はらまき密度を適正に行なう上に必要である。

(5) はらまき条件

はらまき植は苗を本田に植え付ける操作でなく、自然に落下させるものであるから、苗の植付姿勢は、極端な浅植状態や転倒することがある。転倒苗は、移植後数日で起き上り正常姿になる

第7表 紙筒苗の植付姿勢と生育収量

年次 (場所)	植付姿勢	出穂期 月 日	m ² 当り 穂数	a当り 収量 kg	収量比 %	倒伏	備考
昭 43 (上川)	転倒	8. 1	640	52.6	101	極多	供試品種
	極浅植	2	615	49.7	96	〃	しおかり
	標準植	1	600	51.9	100	なびく	
昭 46 (中央)	転倒	8. 8	635	52.9	102	なし	
	傾斜	8	643	53.0	103	〃	ゆうなみ
	標準植	7	563	51.6	100	〃	

注) 植付姿勢

転倒



極浅植



傾斜



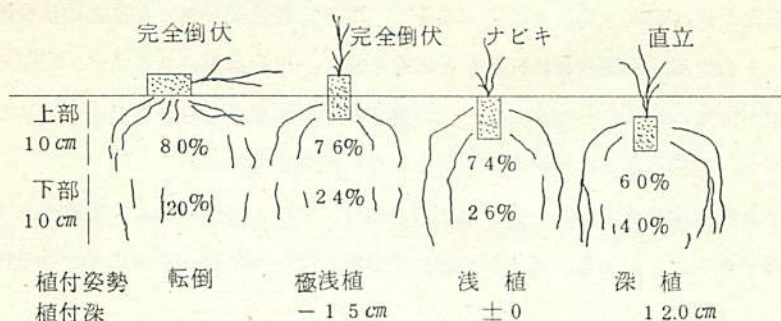
標準



ので、その後の生育に悪影響は少ない。しかし転倒苗は、はらまき後、風波により移動しやすく、これが栽培密度の均一性を乱す。また、極浅植状態になるので、第9図に示すように根張りが浅くなり、そのために倒伏しやすくなる。

転倒姿勢を示す苗は、第8表に示すようにはらまき時の水田土壌の硬さ、落下高度、風の強弱による。水田土壌の硬さは「下げ振り貫入深」で12cm程度が望ましい。したがって、水田は碎

成熟期倒伏



第9図 植付深度による根の土層別分布割合と倒伏（昭43上川農試）

第8表 はらまき条件と転倒苗割合（昭46中央農試）

水田の硬さ	落下高	転倒苗	備 考
下 げ 振 貫 入 深 10 cm	0.5 m	5.6 %	水 田
	1.0	3.2	垂泥炭土
	2.0	2.0	代かき後3日目
12 cm	0.5	4.4	風 力
	1.0	1.2	1 ~ 2 m / S
	2.0	1.2	

土を充分にし、代かきには、水田の均平化と古株の沈下、ならびに代かき直後のはらまき時の水深を適度にするため、代かき水を少な目に行ない、はらまき作業を代かき直後に行なうことが望ましい。

はらまき時の水深が深いと、葉身が浮上するため外観上は転倒苗が少ないように見えるが、極端な浅植状になり、葉が浮遊する。したがって水深は浅いほど良い。

作業時の風力は弱いことが望ましい。風が強い場合には風上からはらまきと転倒苗が少なくなる。特に強風の場合には、密度が不均一になるので作業は中止しなければならない。

(6) 栽植密度

はらまき植の栽植密度は、面積当りの必要株数と、各株が占める面積の不均一性の限界、ならびに許容範囲を考える必要がある。

はらまき植の必要株数について検討した結果は、第9表に示すとおりで、中央農試稲作部の m^2 当り30株区は、出穂が促進されたため障害型を受けて増収効果は認められないが、道南農試における「マツマエ」は高密度で顕著な増収が認められ、第10表に示す紙筒苗正条植の場合と同様

第9表 ばらまき植の栽植密度と収量 (昭47)

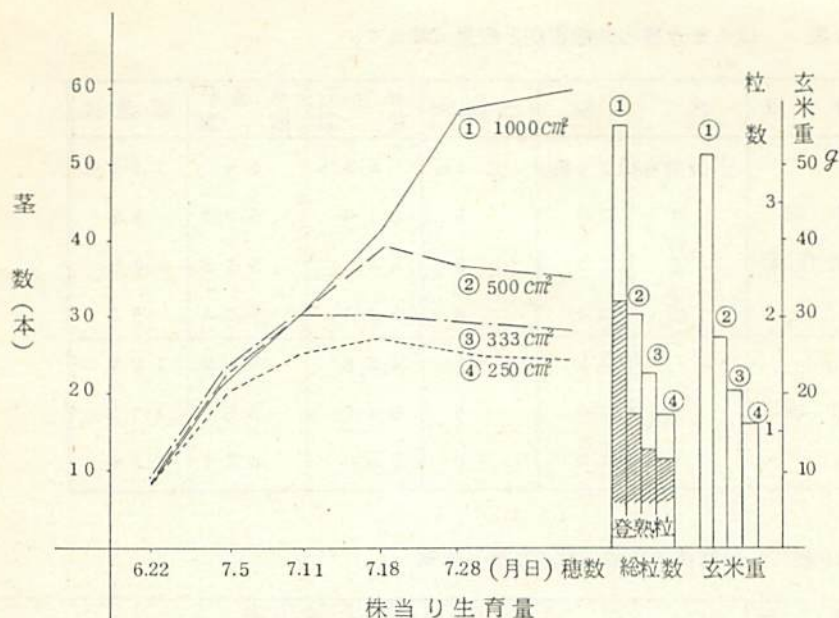
場 所	区 別	出 穂 期	m ² 当 り 穂 数	a 当 り 収 量	収 量 比
中 央 稲 作 部	正条並木植 25株	月 8日	568本	54.5	100%
	ばらまき植 { 20	9	518	53.3	98
	{ 25	8	545	55.8	102
	{ 30	8	594	52.6	97
道 南	{ 20	8. 7	458	53.0	100
	{ 30	6	567	65.3	123
	{ 40	6	600	68.7	129

第10表 紙筒苗正条植の栽植密度と収量

場 所 (年次)	m ² 当り株数	出 穂 期	m ² 当 り 穂 数	a 当 り 収 量	収 量 比	備 考
上 川 (44年)	20	8月 3日	478本	51.8kg	95%	品 種
	25	2	520	54.4	100	しおかり
	30	3	603	58.5	108	
中 央 稲 作 部 (47)	20	8. 16	504	49.8	100	そらち
	25	8. 14	623	53.0	106	
	10	8. 8	597	51.5	95	ゆうなみ
	20	6	722	54.2	100	
	30	6	846	61.5	113	
	40	5	928	64.5	119	
道 南 (44)	20	8. 16	389	43.7	100	新 栄
	25	17	397	46.8	107	

な結果であった。このことは、後述するばらまき植した一般水田の穂数と収量との高い相関（試験研究成果の概要を参照）から見て、穂数確保が容易な紙筒苗であっても、なお密度による穂数増加の必要性を示すものである。

人力でのばらまき植は、各株が占める面積に不均一が生じ、そのために出穂並びに生育量に株間の変動を生ずる。占有面積を異とする株の生育量の差を示すと第10図の如くで、m²当り30株の正条植密度(333cm²)密度に相当する株に対する個体の玄米生産割合は、500cm²の占有面



第 10 図 紙筒苗の占有面積別個体生育量の差異

積株が 132%、1000 cm² 株が 251% に達した。

したがって、占有面積を異にする株が混在したばらまき植は、その面積に応じた生育量、すなわち補償性により、面積当りの必要株数が保たれば、同密度の正条植、並木植などの均等植に比べ減収は認められなくなる。しかし、株間の生育差や、小面積単位での株数密度の差が大きいことは、出穂、登熟が不整となり品質の低下を招くので、密度、株占有面積の均一性を重要視せざるを得ない。

本試験では、ばらまき植の、各株が占める面積の不均一性についての限界を知り得なかったが、栽植株数が少ないほど広い占有面積株が増加し、高密度ほど少ないことが想像される。また、密植になるにしたがい、穂数、穂重の標準偏差が減少する。

以上のことから、ばらまき植の栽植密度は、m² 当り 25 株を最少限度とし、1 筆の水田内でこの密度以下の箇所が無いように行なう必要がある。

(7) 人手によるばらまき作業方法

紙筒苗を持ち運びに便利な容器に入れる。容器としては、肥料散布用ポリバケツが適当で、これには、およそ 800～900 株程度の苗が入り、その重量は 8 kg 程度である。

ばらまき作業は一握り 10～15 株の苗を空中に放てきする。落下高は転倒苗を少なくするために 2 m 程度が最適である。

密度を均一に保つために、1 筆の水田全体をばらまきしてから補正まきを行なうと結果が良く

ない。良い方法は、作業者が一度に持てる苗数に見合った面積（肥料散布用ポリバケツの場合は約35m²）を完全に仕上げ、順次移植面積を拡大していく方法で、その手順は一度に持てる苗数に相当する面積に、まず80%程度の苗を適当にはらまき、残り20%の苗でその面積内のむらまき補正するのが効率的である。

(8) 本田施肥

はらまき植は株数密度を高める必要があるところから、密度により茎が細稈軟弱化しやすい。また、過繁茂状態になり、いもち病、紋枯病の多発が懸念される。したがって本田施肥量は、これらを未然に防ぐため、それぞれの地帯別土壌別に設定された標準施肥量を守らねばならない。

この窒素量は安全性を見込んだもので、平年を目標にしたものであるから、高温年では慣行施肥量に比べて少ない。しかし、この程度の量があれば、高温年であっても有効茎の確保、および中期の生育を維持できる。したがって中期以降の栄養は天候に応じて追肥を考えれば良い。

慣行移植の場合の追肥時期は、有効茎歩合を高め穂数を増加す幼穂形成から7日後頃の期間に施用効果が高い場合と登熟の向上に役立つ止葉期に施用効果が高い場合とがある。はらまき植の追肥時期は、基部節間が伸長しやすい前者よりも、止葉期追肥の方が適当と考えられる。なお、施肥量が極度に少ない水田や、肥料が流出しやすい水田では、密植により中期以降の生育が著しく

第11表 北海道良地帯における水稻施肥標準

土壌 \ 肥料	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
沖積土	7.0～8.0	8.0	6.0～7.0
洪積土	5.5～7.0	6.5～8.0	5.0～6.5
泥炭土	5.0～6.0	7.0～8.0	6.0～7.0
火山性土	7.0～8.0	10.0	6.5～7.0

注) 昭46年施肥基準より成分量Kg/10a

上川中央部以南のうち良地帯のみ

劣る場合がある。このような水田では地力の向上が重要である。

(9) 管理

1) 水管理

紙筒苗は慣行苗と異なり、移植時に根の損傷が全くないので、移植直後の天候が晴天、乾燥、風が強い条件下においても、根部を潤す程度の水分があれば、葉身が萎凋することはない。その反面、水深を保つことは、転倒した苗の地上部を浮上させ、苗の起き上りを支援する役割がある。



写真4. 紙筒苗「ばらまき植」11日目の水田

したがって、ばらまき直後の水深は、極端な浅水では保温上と転倒苗の起き上りに支障があり、深水は苗の風波による移動と苗腐敗を起す危険があるので、転倒苗の葉先が水面上に見える程度の水深が良い。

その後の水管理は、慣行移植栽培に準じて行なうが、特に限界地帯では、紙筒苗といえども初期分けつが不振となり、穂数不足で期待した収量が得られない場合があるので、水地温を高め、発根を促進する必要がある。

障害型冷害軽減のための危険期における深水かんがいは、当然、他の栽培法と同様に行なう。しかし、ばらまき植の稲が倒伏に弱い性質を有することは前述したとおりであるから、冷害の危険がない場合や、危険期を過ぎた稲は、直ちに浅水に切替える。

寒冷地における生育中期の中干しは、生育遅延をもたらすことがあるので慎重を期す必要がある。しかし、ばらまき栽培の場合の中干しは、水溶性有害物質の排除、土壌還元緩和が目的でなく、土壌を固めて倒伏を防止するのが主な目的である。したがって軟弱水田では、生育障害を来さない止葉揃に達したら中干しを行なう。また、その他の水田においても出穂後は一時的に落水して地固めを行ない、その後は間断かんがいににより水田土壌の過乾燥の防止を図るのがよい。

2) 除 草

ばらまき栽培における除草体系は知見に乏しいが、各試験を実施した供試圃場の除草体系は下記の通りである。

中央農試稲作部、田植前PCP又はMO処理（昭和46年）田植前ロンスター処理（昭和47年）→中期処理剤→拾草

道南農試、田植前ロンスター処理→中期処理剤→拾草

上川農試、田植前MO処理→中期処理剤→除草

ばらまき栽培における極早期用除草剤の田植前処理試験は、各場所共薬害が認められなかった。しかし、ばらまき植は、代かき直後に行なうのが原則であるところから、田植前処理剤は使用することができない。したがって、ばらまき後、苗の起き上りを見て、早めに土壌処理を使用することが最善であろう。その後は慣行苗移植栽培に準じて行なうが、ばらまき植は、耕種の除草である中耕除草が行なえないので、除草剤の使用は特に適正に行なう必要がある。また、ホタルイ・ヘラオモダカ・ウリカワなど多年性雑草が優占化している水田では、ばらまき栽培は行なわないほうがよい。

3 技術導入の効果

北海道の稲作は低収不安定と称されるが、豊作年における反映は決して低いとは言えず、むしろ、道央部の収量は全国上位に位置する。したがって、低収といわれる原因は冷害年の著しい減収による。

五十嵐¹⁰⁾は、施肥量に対する農民の行動型に慎重型、中間型、投機型の3型があると仮定し、施肥量と豊凶年における純収益を推定して、確収の経済性を述べているが(参考資料表4)、不安定性の解消、即ち低温年次の収量確保こそ、本道稲作農民の経済発展の第1の眼目である。

紙筒苗は、中央農試稲作部の試験結果から見て(参考資料表6)凶作年である昭和46年の収量比は、慣行苗に対比して111%を示し、平作年に相当する昭和45年が104%、豊作年の昭和47年が101%であるところから、確収を得るには好適育苗法である。したがって、紙筒苗を利用するばらまき栽培技術の有利性の第1はここにある。

有利性の第2点は、いうまでもなく、本技術の目的とした移植作業の省力化である。

北農中央会などの農業団体が、昭和44年に稲作の大型技術体系と集団栽培方式確立のため、東川町で実施した実験結果によると、ヘクタール当り稲作労働時間は、一般農家の慣行方式で985.3時間を要し、これに対する大型体系は $\frac{1}{2}$ の491.8時間である。このうち、補植作業を含めた田植作業は、大型体系区においても197時間を要し、全労働時間の40%弱に相当する。これを、人力によるばらまき植に置き替えて見ると、苗取り及び苗運搬を8アール/時間、ばらまき植を8アール/時間と仮定した場合、ヘクタール当り25時間程度になる。

したがって、慣行方式の労働時間は、約220時間が省力されて760時間/ha程度となり、大型体系区では172時間が省力され、323時間/haの労働時間となる(参考資料表5)。

なお、ばらまき機械導入によれば、より省力可能であることは論をまたない。

4 普及指導上の留意事項

- 1) ばらまき苗は、紙筒苗を利用した技術であるから、紙筒苗手植ならびに機械植が行なわれるいづれの地域にも適用できる。しかし一部の地域では、本田初期に紙筒が変質消滅しないので、初期生育が劣るといわれる。したがって、このような地帯での本栽培法は適用不能である。なお、水田土壌が代かき後、急に硬くなる砂質土壌水田や、休耕復元田では行なえない。
- 2) ばらまきした水田は、中耕除草機による除草が不可能であり、また手取り除草も行ない難い。したがって、除草剤の適正な使用が大切である。また、除草困難な雑草が優占化している水田は、予め除草しやすい他の移植法で、雑草防除を行ってから本技術を導入すべきである。なおまた、ばらまき植を連年行なうことは、残存雑草が優占化することも考えられるので、他の移植法との1～2年毎の輪換移植を検討する必要がある。
- 3) 育苗土壌の確保は、土付苗田植機共通の問題である。特に紙筒苗には多量の土を必要とし、ばらまきは、高密度の株数が望ましいので、育苗土壌問題は深刻である。当面は水田土壌を採取し培養をしておく必要がある。
- 4) 紙筒苗育苗の問題点である播種に関連した作業は、簡略化により省力できたが、なお他の機械植用のそれに比べて、多くの時間を要す。したがって、育苗土は設置床周囲に集積し、紙筒はR3（長さ60cmの規格）を3冊程度つなぎ、長尺にして作業能率の向上を図るべきである。
- 5) 収穫作業は、バインダーでも行なえるが、この場合、正条植に比べて能率が低下する。また、刈取られた稲束の穂揃が乱れ脱穀ロスを生ずることがある。したがって収穫には全面刈自脱コンバインか、大型コンバインによることが望ましい。

参 考 資 料

表 1) 栽植様式と本田生育密度 (昭 46)

(中央農試 稲作部)

栽植様式と株数		茎数 (本)		稈長 cm	穂長 cm	穂数 本	出穂期	穂揃 日数	玄米重 kg/100a当り	同左比	備 考	
		7月6日	7月26日								m ² 当り 実株数	
慣行苗標準植25株		8.2	16.2	62.7	16.7	19.7	8月11日	8日	486	100%		倒伏なし
紙筒苗 " 25株		12.8	21.1	62.3	15.9	22.7	8	6	545	112.3		
紙筒苗	正方形植20	13.6	22.7	59.7	16.4	26.0	"	5	495	101.7		
	" 25	14.6	24.2	59.3	15.6	24.7	"	"	510	104.9		
	" 30	12.3	19.9	61.6	15.6	20.0	"	"	523	107.5		
	" 35	12.9	19.2	59.3	15.1	18.7	7	"	496	102.1		
	千鳥植20	12.5	21.9	59.3	16.3	26.1	9	6	466	95.9		
	" 25	13.6	21.4	61.1	15.3	23.3	"	"	501	103.1		
	" 30	12.1	18.5	59.8	15.3	18.8	8	"	497	102.2		
	" 35	10.7	18.3	61.3	15.2	18.1	"	"	526	108.3		
	バラマキ20	15.3	23.6	57.6	15.6	25.9	9	8	533	109.6	21.5	F 値 1.24
	" 25	15.5	21.1	57.3	15.2	21.8	"	7	558	114.9	26.8	
	" 30	14.1	19.6	57.8	15.2	19.8	8	6	529	108.7	31.7	

供試食品「ゆうなみ」

表 2) ばらまき栽培の密度と生育・収量 (昭 47)

(道南農試)

区 別		マ ツ マ エ							ゆ う な み						
		m ² 穂数 本	出 穂 期	LAI 出穂 期	m ² 当 粒数 (×1000)	登熟 歩合 (%)	玄米 重 (kg/a)	等級	m ² 穂数 本	出 穂 期	LAI 出穂 期	m ² 粒数 (×1000)	登熟 歩合 (%)	玄米 重 (kg/a)	等級
普 苗	20	458	8月7日	3.03	24.8	81.0	53.0	3 下	530	7月31日	2.47	29.1	84.1	52.9	3 下
	30	567	6	3.30	39.0	84.9	65.3	3中下	699	30	3.24	40.4	84.3	65.2	3 下
	40	600	6	4.15	32.6	85.6	68.7	3中下	672	29	3.85	35.1	83.2	52.4	3中下
熟 苗	20	556	4	3.20	36.8	87.5	64.5	3 下	678	25	2.55	32.7	83.1	53.7	3 下
	30	525	3	3.51	32.6	84.1	59.3	3中下	693	25	2.47	30.8	83.0	49.4	3下下
	40	572	3	4.56	36.6	85.7	61.4	3 中	780	24	2.59	38.6	77.5	51.6	3下下

注) 倒伏は無〜微(小)であった。

表 3) 紙筒苗の手植とばらまき植の比較

〔昭 4 7. 上川農試〕

生 育 調 査

区 別	出穂 (月・日)			草丈 (cm)		茎 数 (本/株)				有 効 茎 歩 合 %
	始	期	揃	6.2 1	7.1 0	6.2 1	7.1 0	7.2 5	成	
紙筒苗ばらまき	7.3 1	8.2	8.4	25.9	47.8	13.5	31.5	23.1	20.9	65.7
" 手 植	7.2 6	7.3 0	8.1	28.3	52.9	13.0	29.3	24.0	23.3	79.5

注) 「しおかり」、密度 m^2 当 2 5 株

収量調査・粒厚分布

区 別	a 当り収量 (kg)			玄 米 千粒重 g	粒厚分布 篩目 μ						
	全 重	精 玄 米 重	比 %		2.2 以上	2.2 2.1	2.1 2.0	2.0 1.9	1.9 1.8	1.8 1.7	1.7 以下
紙筒苗ばらまき		55.4	94	20.4	44.3	32.7	13.5	4.2	2.0	1.1	1.7
" 手 植		59.2	100	20.3	37.9	36.1	18.4	3.6	1.6	0.9	1.5

米 質 調 査

区 別	整粒 %	未 熟 粒						被 害 粒		検 査 等 級
		青 米	不完全青	不完全白	乳 白	腹 白	奇 形	茶 米	褐変米	
紙筒苗ばらまき	85.7	2.7	5.0	0.9	0.1	0	3.5	2.1	0	4 上
" 手 植	89.9	1.2	3.9	1.2	0.3	0	1.7	1.7	0.1	4 上

株間の変異 (5 2 株調査)

形 質	紙 筒 苗 ば ら ま き		紙 筒 苗 手 植	
	平 均	標 準 偏 差	平 均	標 準 偏 差
株 当 穂 数 本	20.9	6.16	23.3	2.19
平均出穂日 日	8月・20.3	1.09	7月・31.7	0.46
平均1穂粒数 粒	54.9	8.03	67.3	—
1株当玄米重 g	19.8	6.75	23.7	—
未熟粒混入率 %	18.1	4.37	21.4	—

ばらまきと手植における出穂期 (全体・株間・株内) の変異

	ば ら ま き		手 植	
	平 均	標 準 偏 差	平 均	標 準 偏 差
全 体	8月・2.3日	2.13	7月・30.7日	1.78
株 間	・2.0	1.00	・30.7	0.46
株 内	・2.0	1.69	・30.7	1.83

表 4) 作型と行動型の組み合わせによる水稻 10 アール当り純収益と家族労働報酬の推定

(五十嵐 1971)

		1 慎重型	2 中間型	3 投機型	最大収益
純 収 益	③凶作年	4,000 円	-1,000 円	-8,000 円	4,000 円
	②平 年	14,000	19,000	15,000	19,000
	①豊作年	26,000	29,000	30,000	30,000
	計	44,000	47,000	37,000	53,000
家 族 労 働 報 酬	③凶作年	20,400	15,800	9,200	20,400
	②平 年	30,800	36,200	32,600	36,200
	①豊作年	43,200	46,600	48,000	48,000
	計	94,400	98,600	89,800	104,600

表 5) 水稻のヘクタール当り作業別労働時間

(北海道、東川町、昭44)

区 分		耕耘機利用区	大型体系区
項 目			
堆 肥 全 般		39.8時間	28.2時間
育 苗		89.5	54.9
耕 起、碎 土		11.8	3.9
代かき、均 平		22.5	11.6
施 肥	元 肥	12.4	4.9
	追 肥	9.4	4.5
移 植		159.1	172.0
補 植		85.7	24.8
圃場、水管理		83.5	31.4
除 草		187.9	151.2
防 除		8.4	3.7
刈 取		84.5	3.7(+3.9)
乾 燥		71.0	-
脱 穀		87.5	-
調 製		27.3	-
出 荷		4.0	-
合 計	自家労働	802.2	494.8
	雇用労働	183.1	
	計	985.3	494.8

資料；北海道農協中央会他、昭和44年度北海道稲作近代化実験農場
試験成績、昭45・4()内コンバインの作業時間

表 6) 紙筒苗と慣行苗の収量の年次間比較

〔中央農試稲作部〕

年次	苗質区別	出穂期 (月日)	穂揃 日数 (日)	m ² 当り		登熟 歩合 (%)	a 当り 収量 (kg)	同比率 (%)	品質 等級
				穂数 (本)	総粒数 (×100)				
45 年	紙筒苗	8・7	10	582	298	79.3	48.9	104	3 上
	慣行苗	10	11	469	277	77.0	46.8	100	4 中上
46 年	紙筒苗	7	5	564	315	74.0	45.9	111	3 下
	慣行苗	13	9	444	262	71.2	41.3	100	4 中下
47 年	紙筒苗	6	9	570	337	79.1	60.9	101	4 中上
	慣行苗	8	9	533	351	75.0	60.3	100	4 中下
37年 平均	紙筒苗	7	8	573	317	77.5	51.9	105	3 下
	慣行苗	10	10	482	297	74.5	49.5	100	4 中

表 7) 昭和47年度における紙筒苗移植面積

	紙筒移植面積	うちばらまき植
北海道	5,934 ha	1,510 ha
府 県	2,574	934
計	8,508	2,444