

磁気利用によるやさい育苗用播種機の開発

前田^{*} 拓^{*} 細野満典^{*} 横山幸徳^{*}

Development of Magnetic Seeder for
Vegetable Seedbed

T. MAEDA, M. HOSONO and Y. YOKOYAMA

緒言

やさい移植栽培における育苗上の問題点の一つに、播種労力の集約化があって、この省力化対策が重要な課題となっている。そこで、1975年に、九州農試開発による静電気播種機について、同農試指導のもとに実用化を試みた結果、外気湿度の低い場合は良好な播種精度を示すが、高湿の場合に種子吸着が劣り、播種精度を著しく低下させることがわかった。そこで、対策として起電布を赤外線ランプ・ニクロム線ヒーターを用い、上下から加温乾燥し種子吸着を促したところ、効果は顕著であり加温装置を装備すれば全天候型播種機としての機能が期待できるようになった。しかし、播種作業を重ねるうち、PP（ポリプロピレン）からなる帯電棒は、熱を加えると摩耗が激しく、無加温時（約500～600箱の耐久性）の約2倍から3倍の摩耗量となり、摩耗対策の課題を残した。

そこで、筆者らは、帯電棒の摩耗対策は、帯電棒の材質に問題があって、かなり長期にわたる対策研究が必要であると判断し、緊急を要する育苗播種の省力化問題を、摩耗法によらないで直流電気の磁性化装置と、種子吸着が可能なように種子に磁性粉体を粉衣し播種する方法を考慮し解決しようとした。

開発研究の手順は、下記に示す項目に準じ実施した大要は、最初に磁気利用による播種機（以下マグネット播種機）の試作と、マグネット播種機を軸にした播種プラントの改造（静電気播種機に用いた試作プラントを改造し、マグネット播種機と結合）を行い、続いてこれら試作機の播種機についての技術的使命、すなわち、所定の播種量を、所定の位置に、確実に播種することと、種子に傷害を与えず有効な発芽率をうるなどの性能をどの程度具備しているか検討し、最後にマグネット播種機を軸にした播種プラントの作業能率と作業能率を高めるため

の最適組人員について検討し、本機の経営的意義を明らかにした。ここに若干の知見をえたので取りまとめ報告する。

実験方法

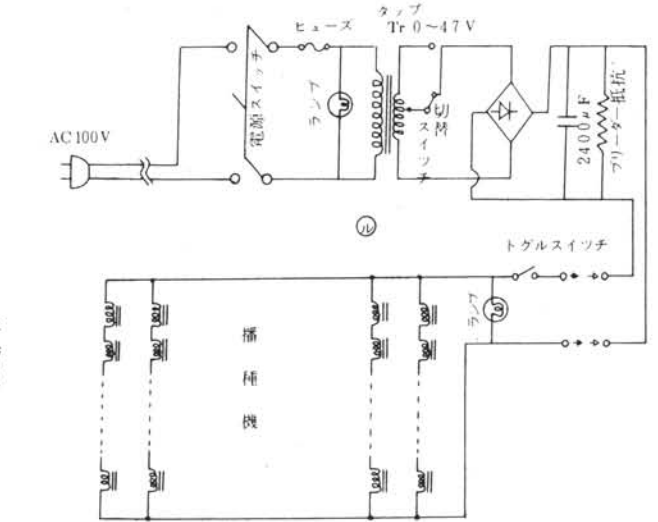
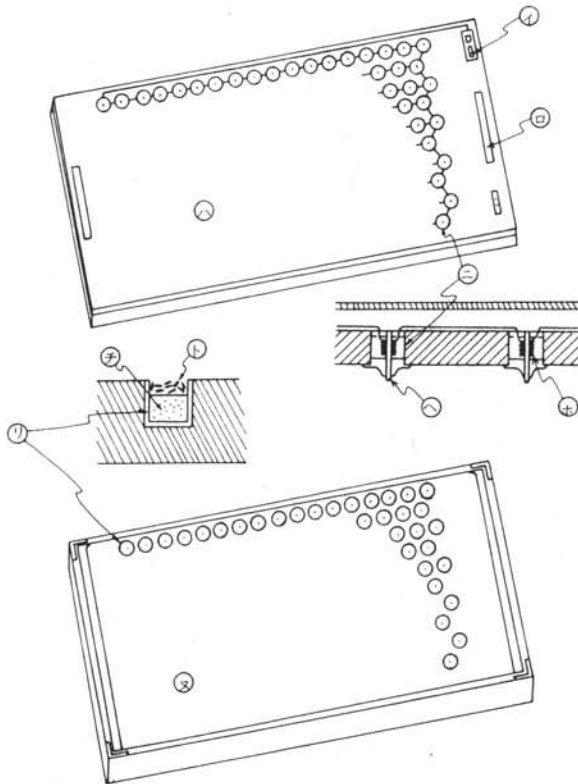
1. マグネット播種機およびマグネット播種機を軸にした播種プラントの試作改造。

マグネット播種機と播種プラントの設計方針と特徴。マグネット播種機およびマグネット播種機を軸にした播種プラントの設計試作は、1976年2月から7月25日にかけて実施したが、播種プラントは1975年に、静電気播種機のプラントとして用いたもので、一部問題として指摘された箇所を改良した機械である。これら機械の具体的な設計試作の要点は、次の通りである。

1) マグネット播種機

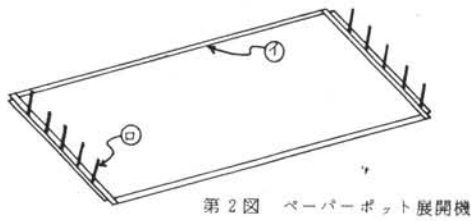
種子に磁性粉体を粉衣し、これを磁力発生と消磁で吸着、離脱を行い播種する機械で、種子に磁着性を持たせる粉体は、粒径 0.5μ 前後の Fe_2O_3 を主成分とする磁性粉体であって、これを粉衣（粉衣方法は約1ℓの円柱形の容器に、種子と磁性粉体を容比1:1の割合で入れ約1分間振とうして混和させる。粉衣後余分の鉄粉は、30メッシュのフルイで選別除去する）し用いる。また、磁石は鉄心にコイルを巻き、これに交流電源100Vを可変変圧機（範囲0～47V）を用い降圧し、さらに整流器で直流に交換しコイルに通電することにより磁力を得た。通電状態で種子は磁着し、通電を断ち消磁させると種子は離脱し落下播種する。第1図に構造の概要を示したが、試作過程において、播種精度を向上させるために構造上重要になった部分は、第1図⊙の磁極構造であった。すなわち、磁極を針状にすると磁力線が集中するため磁力が大きくなり播種量増加の原因となるので、その対策として電圧を下げると吸着ムラをおこし、播種精度を低下させた。これと同様に、半球状、M状もなく、第1図⊙の情円を採択した。

* 営農部農業機械研究室

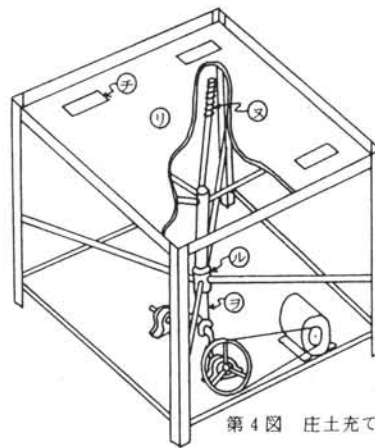


- ① スイッチ
- ② 取手
- ③ マグネット播種機
- ④ ボビン
- ⑤ コイル
- ⑥ 磁板
- ⑦ 種子
- ⑧ スポンジ
- ⑨ 種子受皿
- ⑩ 種子箱
- ⑪ 変圧整流器

第1図 マグネット播種機の要部と構造概要

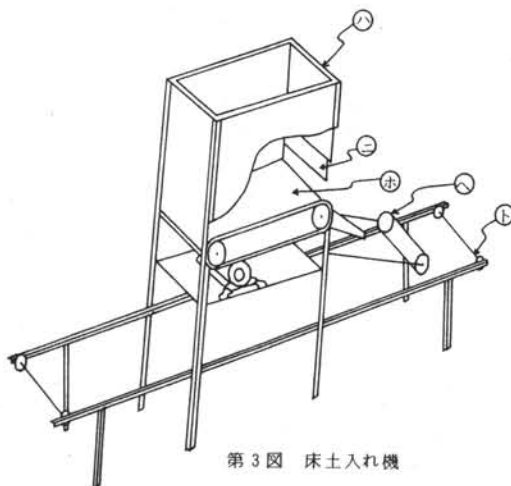


第2図 ペーパーポット展開機

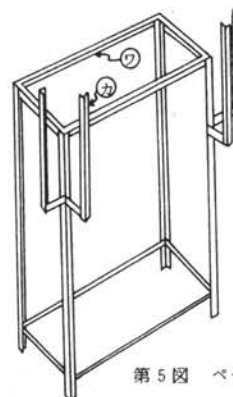


第4図 庄土充てん機

- ① 外枠
- ② 展開爪
- ③ 床土ホッパー
- ④ 土量調節板
- ⑤ 繰出しベルトコンベアー
- ⑥ 均平ブラシ
- ⑦ 搬送ベルト
- ⑧ 育苗箱取出し差手口
- ⑨ 振動板
- ⑩ 振動巾調節スプリング
- ⑪ 軸受
- ⑫ 接続棒
- ⑬ 外枠
- ⑭ ガイド棒



第3図 床土入れ機



第5図 ペーパーポット展開機抜取機

2) 播種プラント

マグネット播種機を軸にした播種プラントは、①、ペーパーポット展開機（以下展開機）と作業台 ② 床土入れ機と床土補給コンベア（市販のベルトコンベアを用いる） ③ 床土充てん機 ④ 展開機抜き取り機 ⑤ マグネット播種機（マグネット播種機・変圧+整流器・種子箱およびこれらをのせる作業台） ⑥ 育苗箱一時貯留台からなり、それぞれ次に示す機構・構造上の特徴を具備させた。

① 展開機、床土を入れた後、展開機の抜き取りを容易にするため、第2図に示すように展開機枠を中空にし、第5図の展開機抜き取り台に置けば自然に抜け落ちる仕組みにした。

② ペーパーポット装てんの能率化。ペーパーポットの装てん位置と展開爪に合わせマークを入れ、作業者の装てん位置判断を容易にし、能率向上を図った。

③ 床土入れ機、第3図に示すように水稻育苗用播種と変わらないが、⊖に示すように土量調節の範囲を大きくし、土量を多く使用するやさいに適合させた。

④ ペーパーポット抜き取り機。ペーパーポットの外枠内寸法を抜き機外寸法より大きくした。作業中展開機が抜き取り機に接触しないように、展開機の中空部が抜き取り機と合致しない位置に確実に誘導できるよう⊖ガイド枠を設けた。（第5図）

⑤ 床土充てん機。上下振動（振巾6%、振動数毎分160回）する振動板に育苗箱を置き充てんする機械で、育苗箱の供給と取り出しは機械を停止することなく連続使用する方法をとった。（第4図）

⑥ 育苗箱一時貯留台。播種作業と、それ以後の作業の流れで中断したり、組人員不足により播種作業を境に2工程にわかれ、次の工程まで一時貯留しておかなければならない場合に用いる台である。

なお、この播種プラントの仕様諸元は第1表に示した通りである。

2. マグネット播種機の播種精度

(1) 電圧と播種精度

電圧と播種精度の関係を1株平均播種粒数とその分布から知ろうとして、1977年に第2表に示す試験区を設け実施した。

供試作物は、レタス「GL366」とハクサイ「力」を用いたが、それぞれの干粒重と磁性粉体附着率は、レタス1.1g-56.8% ハクサイ3.03g-30.3%であった。

第1表 やさい育苗用マグネット播種機と播種プラントの仕様

項 目		諸 元	
名 称		やさい育苗用マグネット播種プラント	
播 種 部	長 さ (cm)	63.0	重量 4.07 kg
	巾 (cm)	28.0	
	さ (cm)	1.8	
	磁 極 数 (極)	170	
	電 圧 (V)	0~46	
A-D変換器	磁 極 間 規 格	V4用 (3.3mm×3.3mm)	
	電 源 (V)	100	
A-D変換器	変 圧 範 圍 (V)	0~46	
	長 さ (cm)	63.5	重量 18.7 kg
巾 (cm)	28.0		
種 子 箱	さ (cm)	2.6	
	種 子 受 皿 (個)	170	
	容 量 (cc)	1個1.1cc...170個187cc	
穴の大きさ (cm)	直径1.4×深さ0.8		
ペーパーポット展開機	長 さ (cm)	64.0	重量 4.0 kg
	巾 (cm)	30.0	
	さ (cm)	6.0	
	展 開 爪	左右各5本、さ5.0cm	
床土入れ機	長 さ (cm)	260.0	重量 180 kg
	巾 (cm)	40.0	
	さ (cm)	1,600	
	電 源 (V)	200	
式	ギヤアーマータ		
ペーパーポット抜き取り機	長 さ (cm)	55.0	重量 7.5 kg
	巾 (cm)	24.5	
	さ (cm)	65.0	
床土充てん機	長 さ (cm)	80.0	重量 200 kg
	巾 (cm)	80.0	
	さ (cm)	65.0	
	電 源 (V)	200	
式	反復起動型三相モーター		

第2表 試験区の構成

作物名	処 理 (電圧 V)
レタス	12・14・16・18・20・22・30・46
ハクサイ	14・18・20・25・30・35・46

調査は、1月20日～22日にわたり実施し、設定値電圧をトランスポリウムで調節し、NO LOAD電圧を基準にLOAD電圧も読んだ。なお電流は播種直後調査した。1株播種粒数は、磁極数170極のうち85極を対象に6反復調査した。

(2) マグネット播種機連続使用に伴う電流降下と播種精度

マグネット播種機を長時間連続使用するとコイルに熱を帯び、電流降下の原因になるおそれがあるので、これが播種精度に及ぼす響響と、精度低下対策としての電圧上昇効果について、1977年に第3表に基づき実施した。種子は磁性粉体附着率39.0%のレタス「GL366」を用い、電圧を一定にして時間の経過と共に電気抵抗と播種精度の関係を、4日間（1月24日～1月27日）にわたり実験した。

第3表 試験区の構成

試験区		方法
開始直後		通電開始から、設定経過時間に測定。
経過時間 (分)	20	
	30	
	40	
	60	
	80	
100		
100分経過後電圧上昇		開始直後の電流に合わせる

なお、マグネット播種機を連続使用する場合の通電条件は、実際の作業の場合は、種子吸着に4～6秒通電し、播種では電源を切り、次の種子吸着までのOFF時間が6～8秒である。しかし、実験では、電気抵抗の増加を早めるため通電時間をON3分、OFF15秒にした。

また、抵抗変化に伴う播種精度試験では、試験区のみ種子を用い、設定通電条件を保つためのスイッチのON、OFFは、操作のみで種子は用いなかった。

(3) 磁性粉体の種類と種子附着性および粉衣種子の附着性

磁性粉体の種類と種子附着性の関係、ならびにこれが附着性とどのような関係にあるかを明らかにするため、1977年に種類を第4表の試験区のように設定し実施した。

第4表 試験区の構成

試験区	特性
第1種	磁性粉体の種類は、粒径、相対磁化率、水分の異なる4種。 (但し明記されていない)
" 2 "	
" 3 "	
" 4 "	

種子は、レタス「GL366」を用い粉衣条件を一定にして行った。つまり、種子と粉体を容比1:1の割合で1ℓ容器に入れ1分間振とう混合し、のち余分の粉体をフルイ選別により除去した。また粉体の種子附着率は、粉衣前の種子重量を測定し、粉衣後の重量から粉体の附着量を求め、種子と粉体の重量比をもって表現した。

なお、粉衣種子の磁性性は、一定の電圧での粉衣種子の吸着粒数をもって表わし、調査は1月24日から1月27日にかけて実施した。

(4) 磁性粉体粉衣種子の発芽

磁性粉体が発生に及ばず影響をみるために、1977年に、無粉衣種子を対照区とし第5表に示す試験区を設け実施した。

第5表 試験区の構成

No.	磁性粉体粉衣の有無	1株播種粒数(粒)
1	有	1
2	有	2
3	有	3
4	無	1
5	無	2
6	無	3

供試品種はレタス「GL366」を用い、粉衣種子は粉体附着率56.8%のものを用いた。

播種は1月20日に手播きし、以後器内温度25℃の電熱育苗器により、1月30日まで育苗管理し、発芽始めから1月30日までの8日間、発芽勢と発芽率を調査した。

3. マグネット播種機を軸にした播種プラントの作業能率と、播種プラント育苗苗の間引きおよび補植時間。播種プラントの能率は、組人員とどのような関係にあるかを明らかにするために、1977年に第6表に示す搬送ベルト速度を設定し、育苗箱の供給に見合う組人員を明らかにしようとした。

第6表 試験区の構成

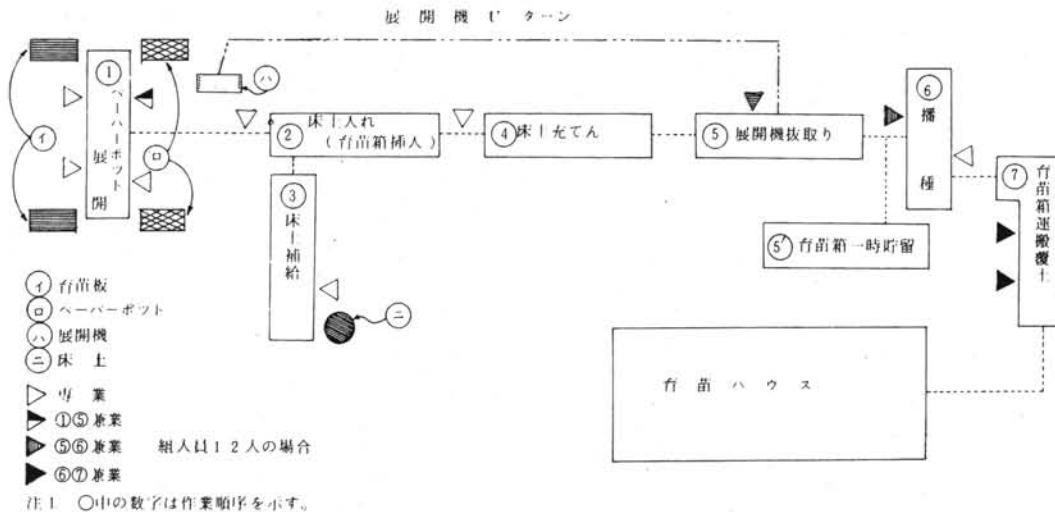
搬送ベルト速度(m/s)
1.5 (25箱分), 2.4 (4箱分), 3.6 (6箱分), 対照

実施場所は、桑名郡木曾岬村木曾岬干拓試験地で行い、調査は8月12日に約1.5haの播種を行う過程で実施した。

作業方法は、第6図に示す各機の配列、作業者の配置に基づき①～⑦の工程順に実施し、作業者が作業に馴れた時点で試験を開始した。作業者には、試験開始を通告せずに逐次搬送ベルト速度を変え、各工程別に作業者の過不足を読み取った。

また、マグネット播種機により播種育苗した苗の異なる成苗率と、間引き、補植能率の関係を明らかにするため、1977年に第7表、第8表にあるように、異なる苗立状態をモデル化し、それぞれの成苗率別に間引き、補植能率を明らかにした。

磁気利用によるやさい育苗用播種機の開発



第6図 マグネット播種プラントの機械配置図と作業工程別作業配分図

第7表 試験区の構成

苗立本数(本)
1・2・3・4・5・6・7・8・9・10・11本の11区

第8表 試験区の構成

欠株発生程度(%)
100・14.7・11.7・8.8・5.9・2.9・1.76の7区

さらに模型実験からえた能率係数をもとに、実際マグネット播種機により播種した苗を用いて間引き・補植能率を次式 $T = \frac{[(F x) + (f x_1)] e}{3600}$ から求め、

F=欠株発生ポット数

x=補植時間係数(第2表)

f=1ポット苗立数別発生ポット数

x₁=1ポット間引時間係数(第1表)

e=10aあたり所要箱数(32箱)

その計算値と、計算に用いた苗の実際の間引き・補植時間とどのような関係にあるかを、第9表の試験区に従い実施した。

第9表 試験区の構成

苗立状況(1株平均苗立本数)
I 3.5本 II 3.7本 III 5.2本 N 5.5本の4区

用いた苗は何れも育苗日数12日間(本葉2枚・草丈平均37cm)のレタス「GL366」を用い、1月25日~28日にわたり実施した。

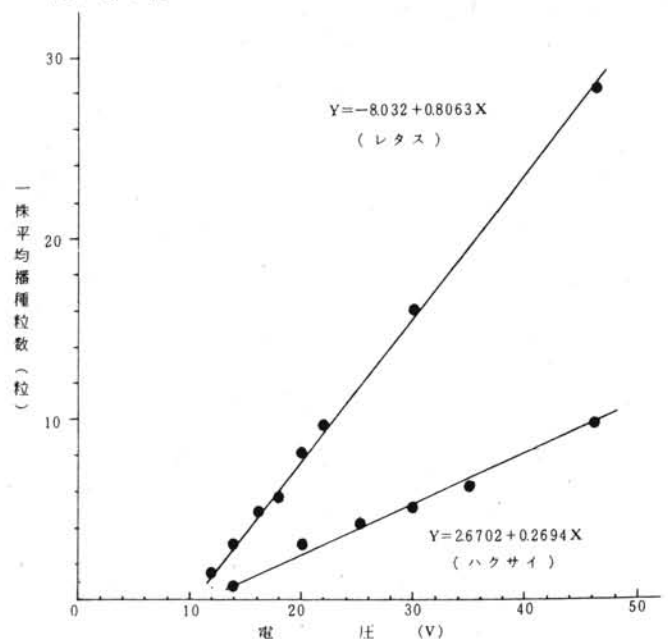
結果および考察

1. マグネット播種機の播種精度

磁性粉体を粉衣した種子に磁極を接近させると種子は磁着し、通電を断ち消磁させると種子は離脱し、所定の位置に播種することができた。そこで本試験は、播種量がどの程度の精度になるか検討した。

1) 電圧と播種精度

播種量の制御を電圧の高低によることとして、その効果をレタス・ハクサイについて検討した結果、第7図に示すように、レタスでは電圧12Vの場合、1株平均播種粒数は1.64粒、30Vでは16.0粒、46Vでは29.1粒になった。



第7図 電圧と1株平均播種粒数

一方、ハクサイは電圧14Vの場合、1株平均播種粒数は1.1粒、30Vでは5.4粒、46Vでは9.7粒となり、両種子共に電圧をくすると1株平均播種粒数も増加することが明らかとなった。そして電圧と1株平均播種粒数の関係は、第7図に示す一次式の関係があり、レタスの場合 $Y = -8.032 + 0.8063X$ 、ハクサイは $Y = -2.6702 + 0.2694X$ となった。

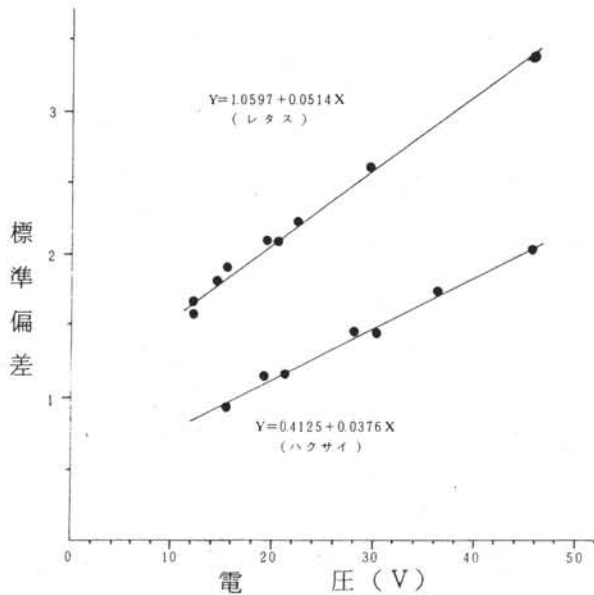


図8図 電圧別標準偏差

また、1株平均播種粒数の偏差は、第8図にあるように、レタスの場合電圧12Vで1.68、30Vでは2.6、46Vでは3.4を示し、一方ハクサイの場合は、電圧14Vにおいて0.94、30Vでは1.54、46Vでは2.14となり、両種子共に電圧がくると偏差も同様に増加することが明らかとなった。そして電圧と標準偏差の関係は、レタスの場合 $Y = 1.0597 + 0.0514X$ 、ハクサイは $Y = 0.4125 + 0.0376X$ となり、一次式の関係にあることが明らかとなった。

以上の結果から、期待する1株平均播種粒数は偏差を含め、上式から電圧(X)を求めることによって可能となり、マグネット播種機の播種量の制御法としての電圧は、極めて有効であることが確認できた。

このように、マグネット播種機の播種量の制御法としての電圧は、簡便かつ確実であるが、レタン・ハクサイ両種子間の一定電圧における1株平均播種粒数には大きな差があり、電圧14Vの場合、レタスの1株平均播種粒数3.25粒に対し、ハクサイは1.1粒、30Vの場合レタスは16.0粒で、ハクサイは5.4粒、46Vではレタスの29.1粒に対し、ハクサイは9.7粒となり、常に

レタスはハクサイの約3倍となり、同一式で表わすことのできない結果になっている。

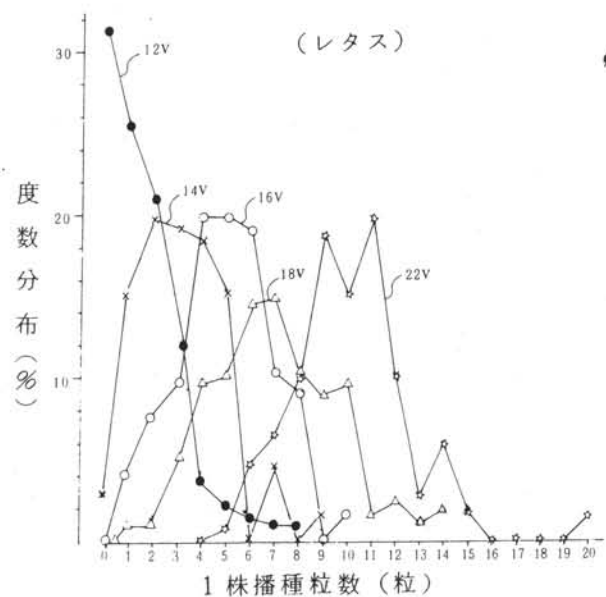
その主な理由として、両種子間に干粒重の産があげられ、レタスの1.1gに対しハクサイは3.03gで、軽い種子が多く磁着するものと考えられる。

また磁極面積に対する種子の表面積の関係では、表面の小さいレタスは多く、逆に大きい表面積を有するハクサイは少なく、これは一定磁極面積に対する種子1粒の占有面積の比によると考えられる。

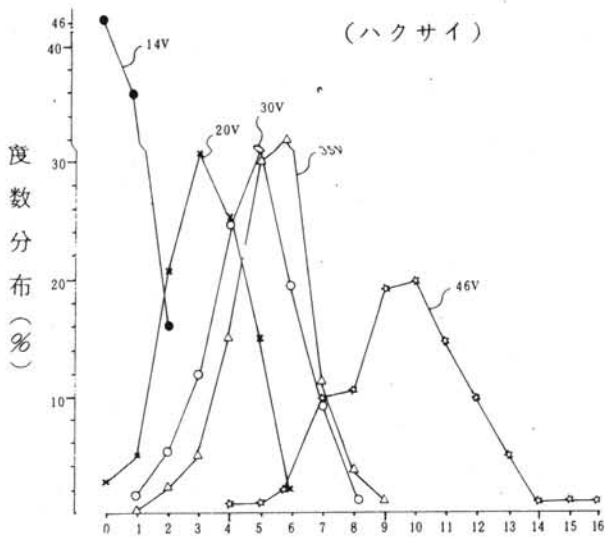
なお相対磁化率一定の磁性粉体を使用した附着率は、レタスの56.8%に対し、ハクサイは30.3%と少ないが絶体量はレタスの0.62gに対し、ハクサイは0.92gと多く、磁性粉体の附着量の多いハクサイが逆に播種粒数の少ないこと、矛盾であり、従ってこのことが播種量を多くしたと考えられる。

2) 粒数分布

電圧と1株平均播種粒数の関係は、両者に一次式の関係のあることが明らかとなったが、これらの1株平均播種粒数はどの程度の粒数分布を示すか、電圧との関係において解析した結果、第9図(レタス)、第10図(ハクサイ)の通りであった。すなわち、レタスの場合電圧12Vにおける粒数分布は、分布割合の最も多い0を頂点に、0から8粒まで分布し、14Vでは2粒を最高に0から9粒、16Vでは4粒を最高に1から10粒、18Vでは7粒を最高に1から14粒、22Vでは11粒を最高に4から20粒に分布している。



第9図 電圧と1株播種粒数分布割合



第10図 電圧と1株播種粒数分布割合

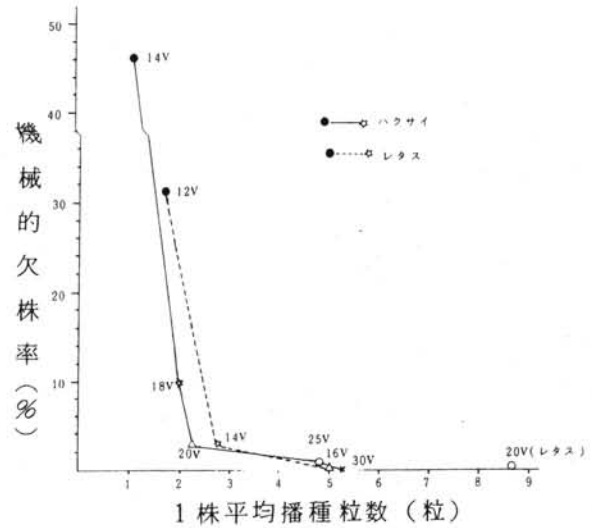
一方ハクサイの場合は、14Vにおいて0を頂点に0から2粒の範囲に分布し、20Vでは3粒を最高に0から6粒、30Vでは5粒を最高に1から8粒、35Vでは6粒を最高に1から9粒、46Vでは10粒を最高に4から16粒の範囲に分布した。

すなわち、一株平均播種粒数の粒数分布は、電圧が高くなると分布巾も大きく、かつその中で、粒数の最も多く集中するところが明らかとなった。

このように、マグネット播種機の播種精度は、1株平均播種粒数に対しかなり大きな粒数分布巾を示すが、ポット育苗における補植用苗は、1本仕立てを前提とすることから、0粒を含み、1株平均播種粒数以上に粒数分布することは、補植・間引き作業を伴う性能の程度であると云える。第11図に一株平均播種粒数と機械的欠株率の関係を示したが、レタスでは1株平均播種粒数5粒で機械的欠株率はゼロとなり、ハクサイは5.4粒で欠株率ゼロを示している。

また、機械的欠株率ゼロを示す1株平均播種粒数から、それ以上に分布する粒数を第9図(レタス)、第10図(ハクサイ)でみると、レタスの場合16Vが該当し、分布上限は10粒に及び、ハクサイは30Vにあって、上限分布は8粒に達している。このことは共育ちの理論を考慮に入れても間引き時間を多く要し問題点のひとつである。

こうした粒数分布は、従来用いられている殆どどの播種機も同様で、その理由として、種子ホッパーの構造(種子の内部摩擦の大小に関しホッパーからの種子流下の



第11図 1株平均播種粒数と機械的欠株率

良否に影響)・種子繰出し機構(汲出し式では充てん効率に整一性を欠き、かつ播種量を少なくしようとして繰出し穴を小さくすると、充てんが悪く無理して充てんすると種子は落下しない)・種子の物理性(種子の形状による内部摩擦や粒径の違いによる繰出し量の違い)のいずれかが影響するものであって、マグネットの播種機の場合も種子繰出し機構に相当する磁極構造(磁極面と種子表面積との比)と、種子の物理性(粒径・粒重の違い)に基因すると考えられる。

従って、レタスのような不整形種子を播種しようとする場合、従来の播種機では、繰出し機構・構造からみて極めて困難といえるが、その点マグネット播種機の機構構造は有利といえる。

このようなことが背景となって、現在粒数分布が少なく、不整形種子への適応の広い播種機の開発が進められている。もちろん筆者らが着手したマグネット播種機も同じ考え方であるが、これ以外にコーティング種子を用いる真空式播種機があり、欧米では実用化されているという報告(農業機械化研究所…欧米の農業事情)もある。

わが国では広島農試がコーティングの研究を進め、真空播種機との結合や、回転目皿式播種機との結合を検討しているが、現段階では、コーティング技術は農家段階では実施困難で、企業段階まで発展させなければならないという結論であり、コーティング種子を用いた回転目皿式播種機の性能では、1粒播種は可能であるが、発芽率を考慮に入れると複数播種が必要で、共育ちの理論に結びつくと考え、この場合の播種は播種粒数と同じ播種回数となると報告(1977年)している。

以上の結果から、マグネット播種機の粒数分布は、比較的広い分布巾を示すが、機械的欠株の生じない1株平均播種粒数は、両種子共に存在し、しかもその制御は電圧によって容易であることが明らかとなった。しかし、問題は機械的欠株の生じないところを下限に、1株平均播種粒数を決めた場合、上限は高い位置に分布し、共育ちの理論を考慮しても問題のある数値と考え、今後のマグネット播種機改良の資料を得た。しかし、補植作業を加えれば、播種能率の向上から考え、現段階においても十分実用に供しうるものと判断した。

(2) マグネット播種機連続使用に伴う抵抗変化と播種精度

一定電圧条件下でマグネット播種機を連続使用した場合、効率損失としての野発生があり、この熱がコイルに蓄された場合電気抵抗の増大となり、その結果、電流低下を招き播種精度に影響するものと考え実施した。その結果は、第10表の通りで、開始直後の電気抵抗7Ωが時間の経過と共に増大し、80分後には8.05Ωに上昇し以後8.05Ωが平行維持されることがわかった。

第10表 マグネット播種機連続使用に伴う抵抗変化と播種精度

時間(分)	測定項目		抵抗 (Ω)	電流 (A)	一株平均播種粒数 (X)	標準偏差 (s)	欠株数 (%)
	無負荷	負荷					
2.0	1.6	1.24	7.0	1.77	4.2	1.804	0.78
3.0	1.6	1.24	7.3	1.69	4.07	1.634	1.8
4.0	1.6	1.24	7.5	1.65	3.62	1.786	2.9
6.0	1.6	1.24	7.7	1.61	3.36	1.761	2.7
8.0	1.6	1.24	7.9	1.57	3.01	1.783	3.3
10.0	1.6	1.24	8.05	1.54	2.69	1.795	7.8
修正	1.8	1.42	8.05	1.54	2.71	1.789	7.5

注 室温24.5、～25.6 の範囲で実施(室温は暖房による)

一方電流は開始直後1.77Aを示しているが、時間の経過と共に減少し、80分後には1.54Aに下降し、以後1.54Aを平行維持することがわかった。そしてこの両者の現象は明らかにコイルに帯熱現象があり、熱により電気抵抗が増大し、電流が降下したもので、一定時間経過後平行維持する現象は、コイルに蓄積される熱量と放熱量が外気温と平行するところまで一定になるためと判断した。

このように電気抵抗の増大に伴う電流の降下が播種精度に及ぼす影響を、1磁極に磁着する一株平均播種粒数から検討すると、第10表にあるように、開始直後の電気抵抗の少ない電流の大きい場合に、1株平均播種粒数は4.2粒を示し、時間の経過と共に電気抵抗が増し、電流が降下するとそれにつれ1株平均播種は減少し、80

分後には2.69粒と少なくなる。しかし80分以後は、電気抵抗、電流と同様に一定し、連続使用に伴う1株平均播種粒数の変化は、電気抵抗並びに電流の変化と一致することが明らかとなった。

そこで、マグネット播種機の連続使用に伴う播種精度の低下は、電流降下にあることから、電圧を18Vに上昇し、電流を1.54Aに回復させたところ、1株平均播種粒数は4.11粒に復元し(第10表下段)、実際使用時にこの操作をすれば、問題はないと判断した。

(3) 磁性粉体の種類別種子附着性と磁性粉体衣種子の磁着性

マグネット播種機を使用する場合の重要なことのひとつに、磁性粉体の性質がある。粉体が磁石によく磁着することは当然であるが、それ以外に種子にもよく附着する性質を備えてなければならない。すなわち、粉体の磁石への磁着性と、種子への附着性が重要であってこれを明らかにした。

その結果は第11表の通りで、磁性粉体の種子附着率は第2種が75.0%と最も多く、第3種の64.5%がこれに続き、第1種は31.1%であった。第4種は、3.5%と最も少なかった。

第11表 磁性粉体の種類と種子附着率および磁着性

項目	附着率(%)	1株平均播種粒数(粒)	欠株率(%)
第1種	31.1	3.7	0.87
“2”	75.0	5.7	0.00
“3”	64.5	2.1	11.80
“4”	3.5	0	100.00

注 1. 附着率(%) = $\frac{\text{磁性粉体種子附着量(g)}}{\text{種子重量(g)}} \times 100$
 2. 電圧は各区16V(無負荷時)

一方、磁性粉体の種類と1株平均播種粒数との関係は粉体の種子附着率の最も高い第2種が5.7粒とよく磁着し、続いて附着率は3番目であった第1種が3.7粒で、附着率が2番目に多かった。第3種が2.1粒と3番目になった。粉体附着率の最も悪かった第4種は、0粒となり全く磁着しなかった。

また、粉体の種類と機械的欠株発生程度との関係は、1株平均播種粒数を決定した粉体の種類と一致し、1株平均播種粒数の最も多い第2種が欠株率ゼロを示し、第1種の0.87粒がこれに続き、第3種の11.8%が3番目

であった。粉体の附着が最も悪かった第4種は、欠株率100%を示し使用不能であることを示した。

このことから、第2種は最も良質の粉体と考えられるが、作業時に粉体が磁化され、磁極を消磁しても離脱せず、連続使用した場合磁極に蓄積されて、磁着の障害になるのではないかと判断された。

また、第3種は種子への附着はよいが、磁極への磁着は無く、それ故に1株平均播種粒数も少なくなっている。その理由として相対磁化率の低い粉体と考えた。その点、第1種は第3種と逆で、種子の附着はよくないが、相対磁化率が高いために良好な磁着を示したものと考えられ、1株平均播種粒数に顕著であり欠株率も少ない。

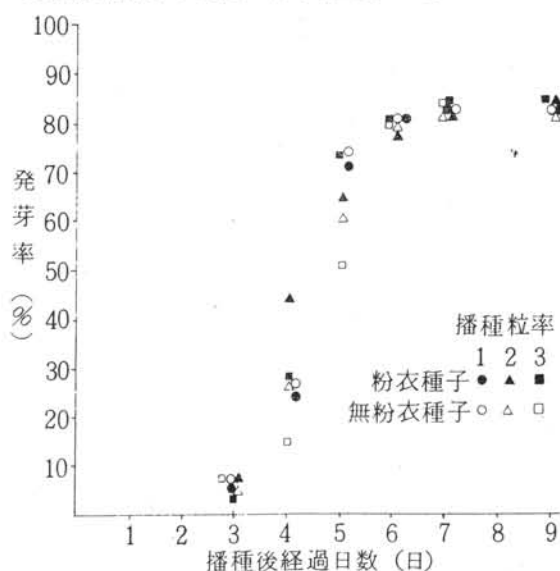
第4種は、附着性が劣悪で、そのため厚く磁着しなかった。以上の結果から第1種が適当な磁性粉体であると判断した。

(4) 磁性粉体粉衣種子の発芽

磁性粉体の具備しなければならない性質は、種子附着性や磁極への磁着性のほかに、発芽や以後の生育に及ぼす影響も重要で、発芽や生育に障害のある物質では問題になる。

そこで磁性粉体が発芽に及ぼす影響とくに欠株の発生しない播種量について明らかにしようとした。

検討の方法は、無粉衣種子を対照区として実施したが、その結果は第12図に示した通りである。



第12図 粉衣の有無と発芽率

すなわち、播種後4日の発芽勢は、2粒播種の粉衣種子区43%を最高に、これに続いて3粒播種の粉衣種子、1粒播種の無粉衣区が24%を示し、最も悪い無粉衣区

3粒播種は13%であった。しかし日時の経過と共にその差は接近し、播種7日後には両区共に80%から84%の範囲になり、9日後の発芽率も同様でその差は僅少であった。

このことから、磁性粉体が種子の発芽に及ぼす影響は全くないと判断した。

また、粉衣の有無と欠株率の関係を、それぞれ1粒播種から6粒播種まで6段階に分け実験した結果、1粒播種では両区ともに18%の欠株でし差はなく、3粒播種では両区とも欠株率ゼロとなり、以後6粒播種まで両区共に欠株率ゼロを示した。

しかし、2粒播種では、粉衣の欠株率は3.6%を示したのに対し、無粉衣は2.1%の欠株率となり差を生じた。しかし、他の区の試験結果から判断して、磁性粉体の影響であると断定できなかった。

以上の結果から、磁性粉体の発芽に及ぼす影響はなく、十分実用性のあることの知見を得、マグネット播種機を使用する場合の播種量決定に、特別に考慮する必要のないことが明らかとなった。つまり欠株を生じない播種量は、無粉衣種子と同様に、1ポット3粒のところ的存在することと認知し、それ以上の播種量増加は、共育ちの理論を無視すれば全く無意味で、間引き時間を多く要する問題点と考察した。

3. 播種プラントの作業能率と、間引き・補植時間

(1) 播種プラントの作業能率

理論作業量は、床土入れ工程における育苗箱が5分間に通過する箱数をもって表わし、組人員は、その能率を維持できると判断した場合の組人員をもって表わした。また、供試プラントは、ベルト速度1.5 m/minが最下限で、これ以下では組人員・作業工程の関係で実施が困難であった。

このようなことからベルト速度1.5 m/minの場合、組人員7人では1工程作業は不可能で、やむを得ず作業を2工程(ポット展開から展開機抜き取りまでと、播種から運搬覆土までの2工程)に分けざるをえなかったが、2行程に分割すれば作業は可能であった。

この場合の理論作業量は、第1工程の場合毎時150箱、第2工程は毎時360箱の能率となったが、この両作業工程を1時間内で実施した場合の理論作業量は、毎時106箱の能率となる。

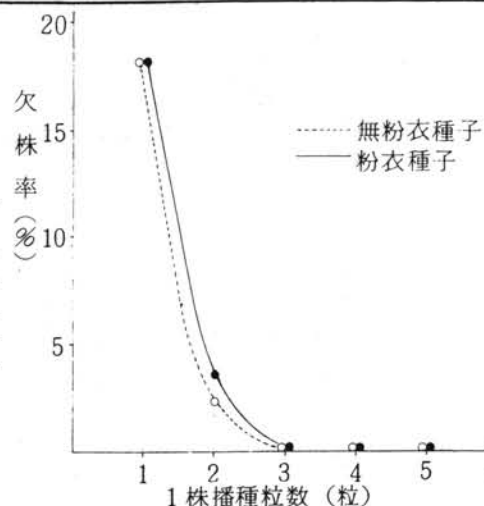
また、ベルト速度2.4 m/minの場合の理論作業量は、毎時240箱の能率となり、組人員12人で全工程を1

第12表 育苗箱供給速度別作業能率と組人員

ベルト速度 (m/s)	工程と組人員(人)	理論作業量 箱/時(a/時)	実作業量 箱/時(a/時)	効率(%)	1人当たり実作業量 箱/時(a/時)
標準(人力)	2人 ①-⑦ 7工程		6.4 (0.2)		3.2 (0.1)
1.5	7人 ①-④ 2工程	①-④150 (46.8) ⑤-⑦360 (112.5)	90 (28.1)	85.0	12.8 (0.4)
2.4	12人 ①-⑦ 1工程	240 (75.0)	210 (65.6)	87.5	17.5 (0.55)
3.6	16人 ①-⑦ 1工程	360 (112.5)	305 (95.3)	84.7	19.1 (0.6)

注) ベルト速度別、組人員の配列で作業者数の下の○印は作業名で第6図参照

1.5m-①3人(うち1人は開閉機運転) ②1人、③1人、④1人、⑤1人、+⑥4人(うち⑤兼務1人) ⑦3人
2.4m-①4人(うち1人⑤と兼務) ②1人、③1人、④1人、⑤1人、⑥兼務) ⑦2人(うち1人⑤兼務) ⑧2人
3.6m-①6人(うち1人⑤兼務) ②1人、③2人、④1人、⑤1人、⑥3人(うち1人⑤兼務) ⑦2人



第13図 粉衣の有無別1株播種粒数別欠株率

工程でなしえた。

ベルト速度を3.6m/minに加速すると、組人員12人では連続作業は不可能となり、ポット展開2人、床土入れ1人、播種1人、計4人を投入して作業が可能となった。この場合の理論作業量は毎時360箱の能率を示した。

また、実作業量を各ベルト速度別にみると、ベルト速度1.5m/minの場合、毎時90箱で効率は85%であった。続いて2.4m/minでは、毎時210箱の能率をなし効率は87.5%となった。ベルト速度の最も速い3.6m/minでは、毎時305箱となり、効率は84.7%であった。

以上のことから、マグネット播種機の作業能率は、ベルト速度を増し供給箱数を多くすると、能率は向上することが明らかとなった。しかし、能率に見合う組人員を配備することが重要で、ベルト速度と組人員が適切でない場合、ベルト速度1.5m/minにあったように、作業工程を分割せざるを得ない場合が生じる。しかし、逆に組員が不足した場合、作業工程を分割すれば作業は可能であることがわかり、機械的には、ベルト速度の調節範囲を大きくすれば、少ない組人員でも1工程作業が可能であるとの見通しをえた。

なお、標準の人力作業の実作業量は、毎時6.4箱 2人で、1人当たり定作業量は3.2箱となった。これに比べ播種プラントの1人当たりの実作業量は、ベルト速度1.5m/minの場合12.8箱、2.4m/minでは17.5箱、3.6m/minでは19.1箱となり最も高い能率を示し、標準に比べ播種プラントはいずれも高い能率を示した。

(2) 播種プラントによる播種育苗の間引き・補植時間

マグネット播種機の能率向上効果は高く、省力化対策として極めて有効な技術として考えられるが、一方マグネット播種機の播種精度は、1株平均播種粒数において広い分布を示し、かつ機械的欠株の生じない1粒を下限に基準をおき播種した場合にもその上限は高く、更に発芽率の条件を加え、欠株の生じない下限粒数3粒に基準をおくと、上限は益々高い位置に拡大する。

これが、現段階のマグネット播種機の性能であるが、この段階のマグネット播種機を用いて播種育苗した苗が、1本仕立てを前提とした場合、どの程度の補植・間引き時間を所要するか検討した。

検討方法は、まず補植・間引きの所要時間は苗立状態と関係すると想定し、それぞれ異なる苗立状態を人為的に模型化し、苗立状態と補植・間引き所要時間の解析を容易にし、苗立状態別の能率係数を得ようとした。そして更に苗立状態別の能率係数をもとに、マグネット播種機により実際に播種育苗した苗の補植・間引き時間を計算により求めると共に、実際に間引き・補植に要した時間と対比させ、間引き・補植時間を予想するための係数として利用できるか否かを検討し、その所要時間から、マグネット播種機の問題点と今後の課題をも知ろうとした。

1) 苗立数別間引き時間

苗立本数と間引き時間の関係は、第13表にあるように、苗立数の少ない2本では、1箱当たり4.8分、3本では8.8分、4本では10.9分、6本では15.3分と逐次所要時間を多く要することが明らかとなった。しかし、苗立本数6本以上からは、殆んど間引き時間に増減

第13表 苗立数別間引き

苗立数別間引き			
項目 1ポット 苗立本数(本)	間引き所要時間		
	分/箱/1人	時32時/10a/1人	秒/1ポット/1人
1	0	0	0
2	4.8	2.56	1.7
3	8.8	4.7	3.1
4	10.9	5.8	3.8
5	14.6	7.78	5.1
6	15.3	8.16	5.4
7	15.4	8.2	5.43
8	15.2	8.1	5.36
9	15.3	8.16	5.4
10	15.4	8.2	5.43
11	15.2	8.1	5.36

注) 間引き目標……1本仕立てとする。

第14表 欠株発生程度別補植時間

補植時間	欠株率 (%)						
	株% 170(100)	25(14.7)	20(11.7)	15(8.8)	10(5.9)	5(2.9)	3(1.76)
分/箱/1人	279	4.6	3.9	3.4	2.4	1.1	0.75
時/32箱/10a/1人	14.9	2.4	2.08	1.8	1.3	0.59	0.4
秒/1ポット/1人⊗	985	13.4	14.7	13.6	14.4	13.2	15.0

注) 補植目標……1本仕立てとする。

はなく一定していることが明らかとなった。これは、6本以上の苗立本数になると、残そうとする苗の判断が困難になり、目標苗を決定するまでは、1回に多くの苗を間引くために、全体の時間が少なくなるためと考えられる。

また、苗立本数別1人当たり1ポット当たり間引き時間は、1箱当たり間引き所要時間と同様に、苗立本数6本までは逐次増加するが、6本以後11本までは殆んど一定し大差のないことがわかった。もちろん10a当たり所要時間も同様である。

2) 欠株発生程度別、補植時間

第14表は、欠株発生程度と補植所要時間とどのような関係にあるかを調査した結果であるが、欠株率100%の場合の1箱当たり補植時間(移植時間と同じ)は、27.9分、14.7%の場合は、4.6分、11.9%では、3.9分、8.8%では3.4分、5.9%では2.4分、2.9%では1.1分、1.76%では0.75分となり、欠株発生率が少なくなるにつれ1箱当たり補植時間は少なくなることが明らかとなり、一方1ポット当たり補植時間は、欠株100%の場合9.85秒で、欠株率14.7%では13.4秒、11.7%では、14.7秒、8.8%では13.6秒、5.9%では14.4秒、2.9%では13.2秒、1.76%では15.0秒となり、欠株率の多少にかかわらず1ポット当たり補

植時間は殆んど一定することがわかった。従って1箱当たり補植時間は欠株率の多少に比例して増減することがわかった。

なお、欠株率100%における1ポット当たり補植時間は、他の区に比べ少ない時間であるが、これは、欠株発生個所が予見できるうえに補植位置が整然として確認が容易であることが、作業効率を高くした最大の原因と考えられる。

以上のことから、間引き時間は苗立数の少ない場合に少なく、能率の面では極めて有利と考えられ、一方補植時間は、欠株発生程度と比例して増減し、多い場合は多く要し欠株の少ないことがなによりも重要であることが明らかとなった。

従って、補植・間引き時間を少なくする方法は、欠株発生の生じない、共育ちの理論を満足させる極限の播種粒数に規制す

ることが、重要であることがわかった。

3) マグネット播種機による播種育苗の補植・間引き時間

第15表 補植・間引き能率試験供試苗の苗立状況

F1ポット 苗立数	I		II		III		IV	
	分布数	苗立数(本)	分布数	苗立数(本)	分布数	苗立数(本)	分布数	苗立数(本)
0	6	0	6	0	0	0	0	0
1	10	10	8	8	3	3	1	1
2	24	44	31	62	7	14	6	12
3	44	132	29	87	15	45	17	51
4	44	176	43	172	25	100	14	56
5	23	115	28	140	42	210	44	220
6	15	90	20	120	45	270	44	264
7	3	21	4	28	22	154	27	189
8	1	8	1	8	5	40	13	104
9	0	0	0	0	4	36	4	36
10	0	0	0	0	1	10	0	0
苗総数(本)	170	600	170	625	169	882	170	933
1ポット平均苗立数(本)	3.52		3.67		5.21		5.48	

マグネット播種機を用い第15表にある苗立状態の実際に播種育苗した苗を用い、1本仕立てにする場合の補植・間引き時間を明らかにするとともに、補植・間引き時間を上記試験1)、2)の間引き時間(第13表⊗1人当たり、1ポット当たり、所要時間…秒)および補植時間(第14表⊗1人当たり、1ポット当たり、所要時間…秒)の能率係数にもとづき、予め計算(計算式は第16表…注の項)により求め、その数値が信頼しうるものか、実際の間引・補植時間と対比させ検討した結果、第

第16表 補植・間引き能率

項目 区	実測値		計算値	
	分/箱	時/10a	分/箱	時/10a
I	11.6	6.18	10.9	5.8
II	11.9	6.3	11.23	5.9
III	15.8	8.4	14.6	7.8
IV	14.2	7.6	14.98	7.98

計算値は次式により求めた。

$$T = \frac{[(Fx) + (fx_1)] e}{3600}$$

F=欠株発生ポット数

x=補植時間係数(第2表)

f=1ポット苗立数別発生ポット数

x₁=1ポット間引時間係数(第1表)

e=10a当たり所要箱数(32箱)

16表に示すように計算による補植・間引き時間は、Iの場合10.9分/箱、IIは11.23分/箱、III14.6分/箱、IV14.98分/箱となっている。I・IIは、III・IVに比べ時間を多く要する欠株を含みながら、少ない時間になっている。その理由は、欠株3.5%程度では、他の区に比べ間引き苗数が少ないことが影響したものと思われる。

なおこのことは、I・II間の比較でも明らかで、間引き苗数の少ないIが少ない時間となっている。III・IVも同様で間引き苗数が多い場合に多く、I・IIに対し特に顕著である。

したがって、間引き・補植時間の総時間は、欠株発生程度の度と間引き苗数との相対的な関係で決まるもので、相殺された結果の時間がI・IIを少なくしたと考えてよく、III・IVは欠株はないが、間引き苗数が多いために要した時間は多い。

また、実際に間引き・補植作業を実施し、これに要した時間は、Iは11.6分、IIは11.9分、IIIは15.8分、IVは14.2分となり、計算値と同様の結果になった。しかし、III・IVの能率の逆転は明らかな理由はない。

このように、間引き・補植時間は、欠株率の程度、間引き苗数の多少により左右されることがわかり、欠株の発生がある場合でもその程度は小さく、間引き苗数が少なければ所要時間が少なくなることはわかった。

なお、計算値と実測値は、完全には一致しなかったが近似値を得られた。これは人力作業によるため、技能・

心理状態の影響をうける人力作業の宿命と考えられる。しかし、本実験に用いた能率係数と計算方法を用いれば、おおよその所要時間を予測できると考えられる。

しかし、マグネット播種機で実際播種育苗した苗の間引き補植時間に、10a当たり6.18時間から7.6時間を要することが明らかとなったが、今後さらに間引き、補植時間を少なくする研究を実施する必要がある。

4. 摘要

(1) やさいの機械化栽培体系を確立する一環として、育苗のための播種作業の省力化対策として、磁性粉体粉衣種子を用いるマグネット播種機の試作と、これを軸とした播種プラントを試作し、播種精度と作業能率および間引き・補植時間を検討した。

(2) 播種精度は、電圧の高低に応じ1株平均播種粒数も増減し、しかもその関係は一次式の関係にあることがわかり、同時に電圧は播種量の制御法として有効であることも明らかとなった。

しかし、粒数分布の中は広く、特に機械的欠株の生じない苗種粒数1個を下限においた場合でも、上限の広がり大きく、共育ちの理論を考慮に入れても多い粒数となり、間引き時間を多く要する問題が懸念された。

また、マグネット播種機は長時間連続使用すると、効率損失としての熱発生があり、これがコイルに帯びると抵抗を増し、その結果電流降下を招いて吸着性を低下させる原因になることが明らかとなった。しかし、電圧を上げることにより、容易に修正できる方法も見出した。

なお、マグネット播種機の播種精度に重要な影響をおよぼす磁性粉体の種類について、附着性と磁着性を検討し、すぐれた粉体のあることを見出した。

また、磁性粉体は発芽障害の物質にならないことを実証したが、実際に土を用いた場合の育苗では、欠株率ゼロとなる下限粒数は3粒であって、これを基準に播種すると上限の広がり大きく、間引き時間の増大が懸念された。

(3) マグネット播種機を軸にした播種プラントの作業能率は、組人員が少ない場合には作業工程を分割して実施する必要があり、1工程で実施しようとするれば12人以上の組人員は必要であることを明らかにした。作業能率は、従来的人力作業に比べ高い能率を示し省力効果のいことを実証した。

しかし、マグネット播種機により播種育苗の間引き・

補植に要する時間は多く、今後この点の改善策についての研究が必要である。

5. 結 論

磁性粉体粉衣種子を用いるマグネット播種機と、これを軸にしたプラントを試作し、性能を検討した結果、作業精度は、欠株の生じない方法として、電圧調節により、播種量を変えることであるが、粒数分布の上限が広がり、間引き時間を逆に多くすることがわかった。しかし、マグネット播種機の開発により、育苗作業の省力効果は高く初期の目的を十分達したと思うが、今後さらに省力効果を高めるために、間引き・補植作業を必要としないマグネット播種機に改良する必要がある。

なお、本研究にあたって、播種機開発の重要性について、問題提起のあった伊勢農業改良普及所と、実用化研究に御協力をいただいた伊勢・松阪・志摩農業改良普及所、そして問題解決のための技術開発について御指導い

たゞいた九州農試池田氏をはじめ、三重農業技術センター園芸部やさい研究室員、営農部長小林裕氏に深甚の謝意を表する次第である。

引用文献

- 1) 物理 佐藤喜一 福音館書店
- 2) 電機工学概論 山西孝男 コロナ社
- 3) 物理 茅 誠司 好学社
- 4) 機械材料 石田四郎
和田次郎 オーム社
- 5) 都道府県における農業機械の改良開発
(昭和52年度) 機械化研究所