

# 青果用かんしょの省力機械移植栽培体系の確立 ～徳島県の事例を中心に～



徳島県立農林水産総合技術支援センター 農産園芸研究課  
スマート農業担当 統括研究員 村井 恒治

# 1) サツマイモ産地紹介

## 産地



‘なると金時’  
地域団体商標登録

- 吉野川下流域、海岸沿いに広がる砂地畑で青果用サツマイモを栽培。
- 高系14号の派生系統
- 主な農協  
里浦、大津松茂、徳島市  
徳島北、板野郡管内





# 1) サツマイモ産地の紹介

## 作付と販売

表 収穫量の全国上位都道府県

順位	都道府県	作付面積 (ha)	収穫量 (t)
一	全国	33,100	687,600
1	鹿児島	10,900	214,700
2	茨城	7,000	182,000
3	千葉	3,940	90,200
4	宮崎	2,990	69,100
5	徳島	1,090	27,100
6	熊本	824	17,300

資料：農林水産省「作物統計」(令和2年度)

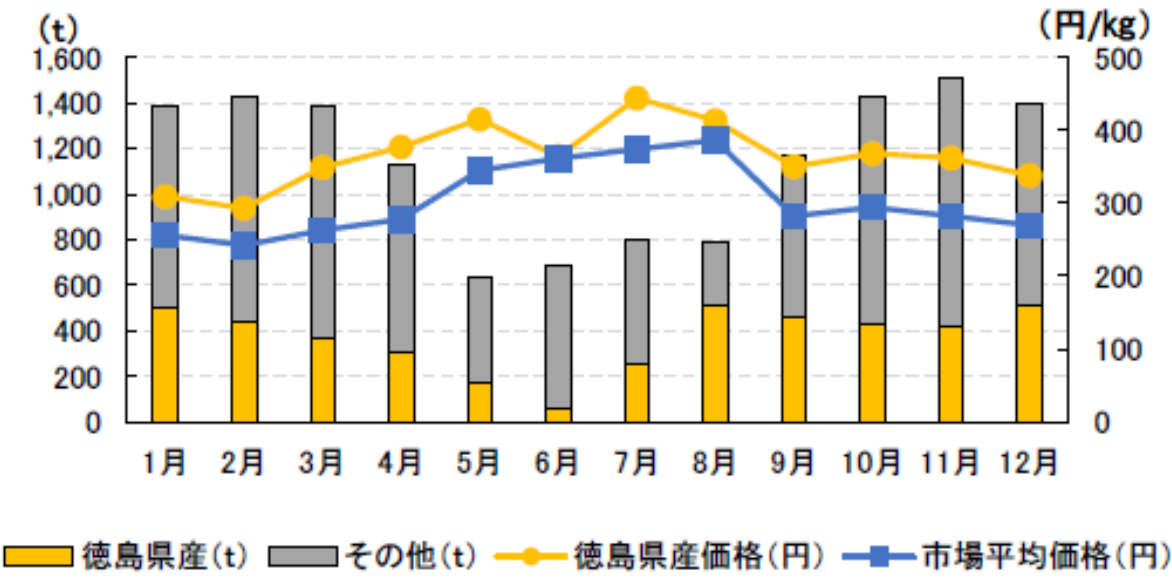


図 大阪中央卸売市場における月別取扱量及び価格 (令和2年度)

- 全国5位の栽培面積
- 250~350円/kgの単価

# 1) サツマイモ産地の紹介

## 現行の機械作業

畦立てマルチ同時畦内消毒

クロルピクリン土壌消毒は立枯病対策に必須  
1980年福西ら



防除・水やり

乗用ブームスプレーヤー、スプリンクラ



つる処理機・マルチ回収機

つる処理機は1995年頃、吉田ら



収穫機（ポテカルゴ）



ひげ根焼き機



芋洗浄機



育苗・挿苗以外は、機械化が進んでいる

# 1) サツマイモ産地の紹介

## 作業時間

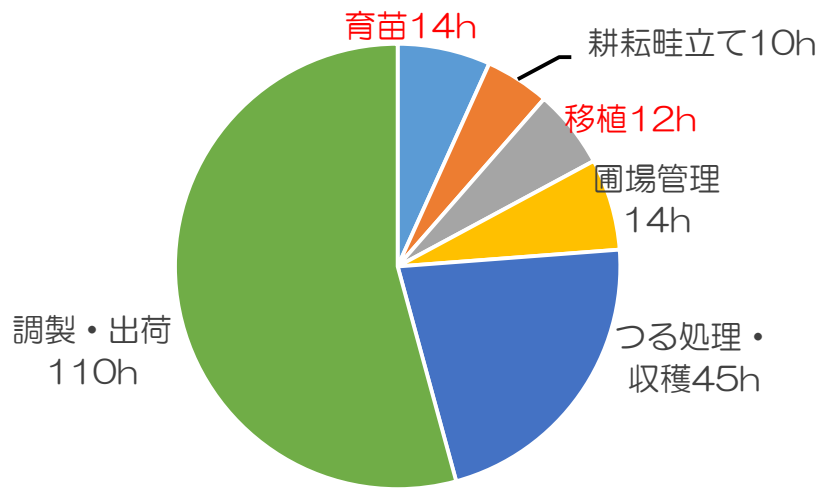


図 サツマイモ栽培における作業時間と全作業に占める割合：  
2000年聞き取り、総作業時間203時間  
(徳島農研吉田より引用)



軽労化



挿苗作業：  
台車で畦を跨いで挿苗する。



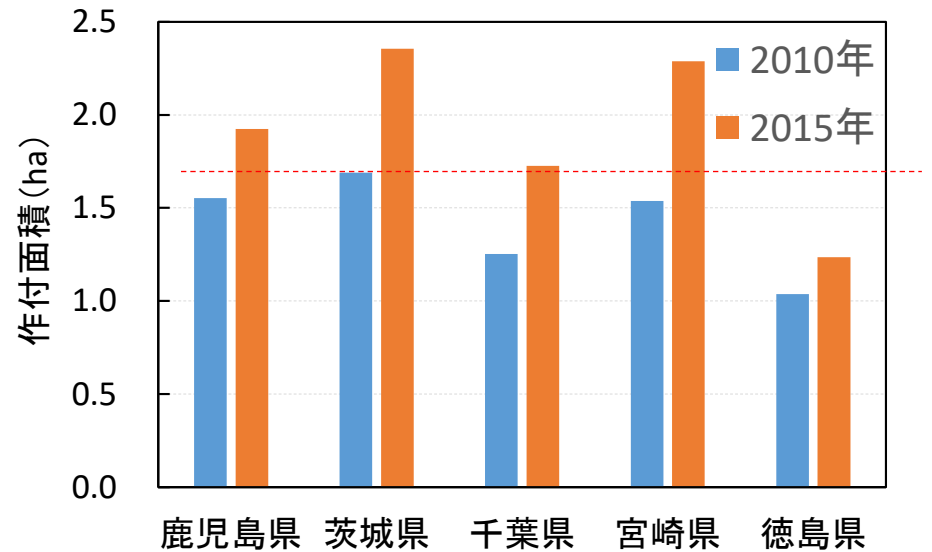
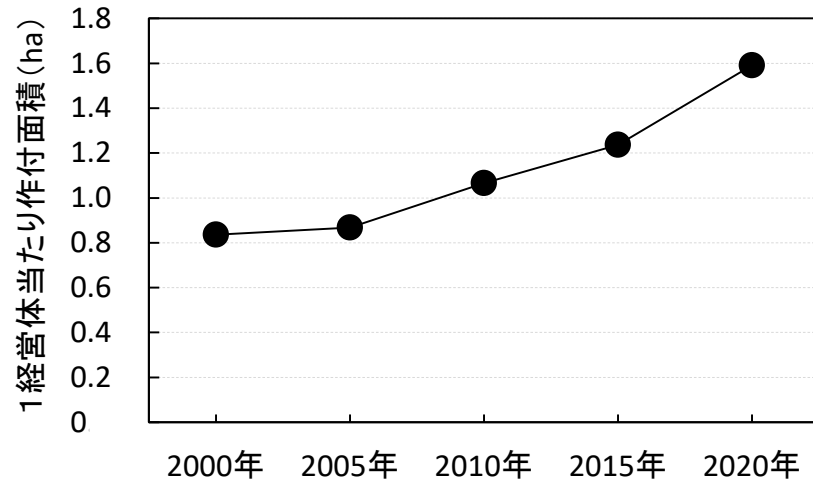
ウイルスフリーのポット苗を植えて、しゃがみ込んで採苗する。

- 調整・出荷が作業時間の半分以上を占める。
- 育苗、移植は、それぞれ、全作業時間の6~7%程度だが、腰を曲げた作業のため、労働負荷が大きい。



# 1) サツマイモ産地の紹介

## 経営規模



☒ 徳島県のかんしょ1経営体当たりの作付面積  
注) 農林水産省「作物統計」の作付面積と農業センサスのかんしょ経営体数の数値から算出した。

☒ 各県のかんしょ1経営体当たりの作付面積  
注) 農林水産省「作物統計」の作付面積と農業センサスのかんしょ経営体数の数値から算出した。

1 経営体あたりの作付面積は増加傾向  
今まで以上の省力化が必要

育苗・挿苗関係作業の省力・軽労化が有効

## 2) 挿苗作業技術の開発

### ●過去の研究（徳島県）

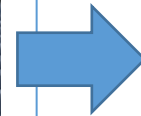
①セル苗による全自動移植機  
ヤンマー農機と共同、1995年



②三輪電動作業台車  
（株）ニシザワと共同、  
2001年



結局、普及せず・・・



③船底植かんしょ移植機  
新稲作研究会でヤンマーのかん  
しょ移植機を試す、2011年

再挑戦したくて、入れてもらいました・・・(^\_^)

●農水省 戦略的プロジェクト研究推進事業 現場ニーズ対応型

「青果用かんしょの省力機械移植栽培体系の確立」（平成30～令和4年度）

目的：移植機と育苗技術の開発で機械移植体系を実現

●代表 農研機構 九州沖縄農業研究センター、共同：鹿児島県農業開発総合センター、井関農機株式会社、鹿児島県大隅地域振興局曾於畑地かんがい農業推進センター、（株）吉川農園、徳島県立農林水産総合技術支援センター

## 2) 挿苗作業技術の開発

### 背景

○青果用サツマイモ移植機（井関農機）は、全国で600台普及。しかし、使われているのは、約2割。

徳島県には導入されていない。

○稼働率が低い、普及しない原因は・・・

- 1) 圃場に合わせた移植機の調整が難しく、移植精度が下がりやすい。
- 2) 移植機に適した苗しか植えられない。



移植精度が安定していない  
精度よく植えられる時もあるが・・・



●解決策（研究事業の目的）は・・・

- 移植機の調整を簡単、簡便に・・・。
- 移植機に適合する苗形状を明らかにし、育苗法、苗調整法を作りあげる。

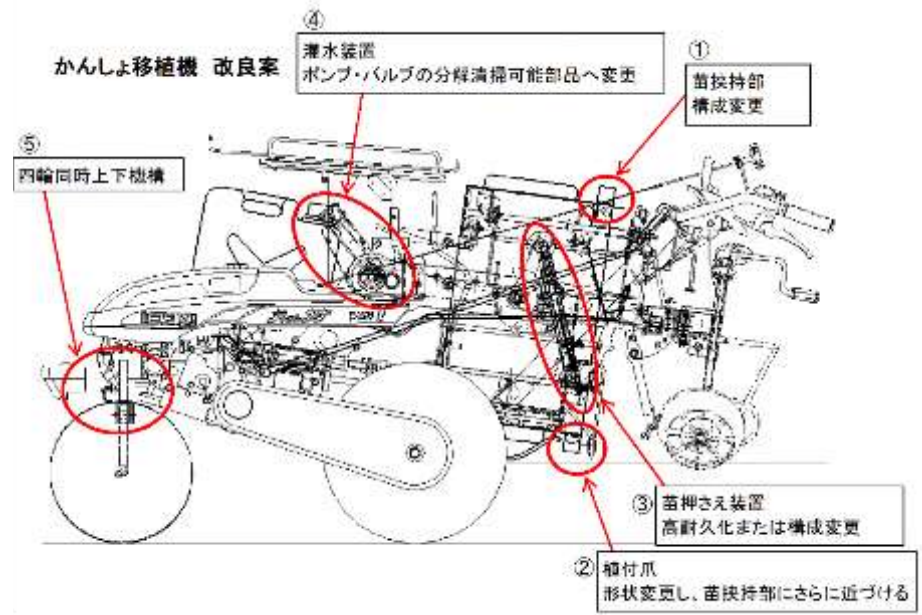


機械と栽培（苗）の両面から歩み寄り、様々な条件下でも安定した移植成功率に！

最終目標：挿苗作業を慣行の3割減へ。



## 2) 挿苗作業技術の開発



井関農機より

挿苗機適応苗	葉柄一方向苗	節間詰まり苗	曲がり苗
100%	100%	98%	96%

鹿児島県調べ

## 2) 挿苗作業技術の開発

### 移植精度低下の原因

#### ①様々な形状の苗で移植精度を検証

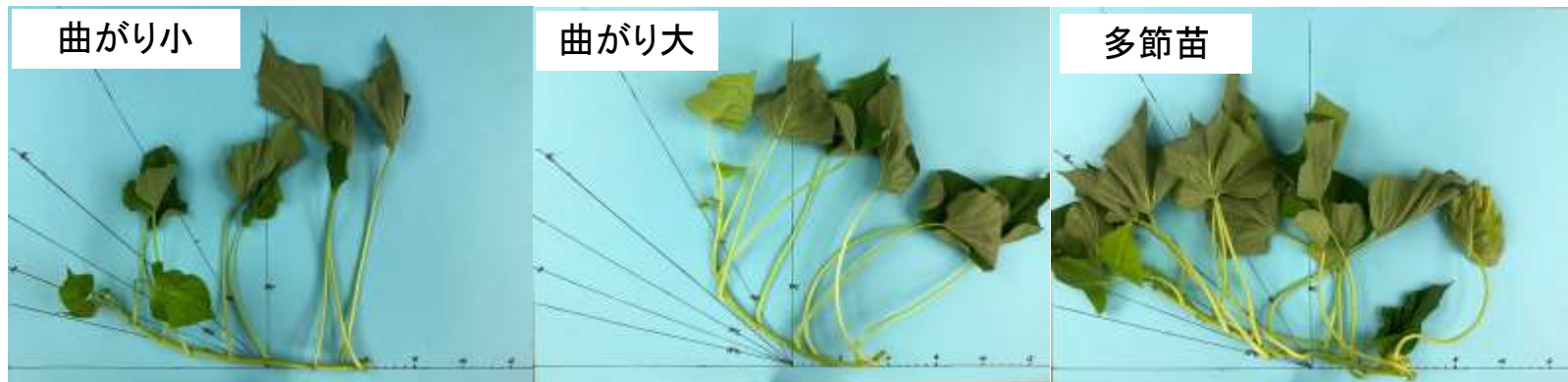


表 苗の節数と機械移植精度

	苗節数	苗曲がり度 (°)	適正移植率 (%) <sup>2</sup>
曲がり小苗	9.0 ± 0.2	26.6 ± 2.0	85.0
曲がり大苗	10.0 ± 0.3	54.5 ± 1.1	82.0
多節苗	14.7 ± 0.4	49.5 ± 1.7	46.0

色々試したが・・・

移植成功率が安定して90%を超えない！

鹿児島県より明らかに精度低い→なぜ？

## 2) 挿苗作業技術の開発

### ②葉柄を除去すると・・・



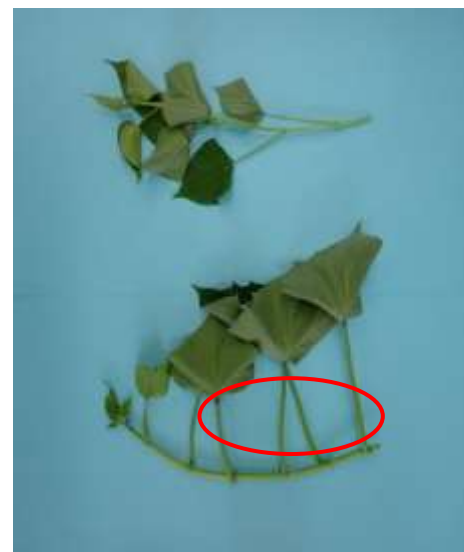
表 苗基部葉柄切除の有無による機械移植精度

	移植成功率(%) <sup>Y</sup>	苗つかみ損ね率(%)
無摘葉苗	86.7 a	13.3
2本摘葉苗	95.0 b	0

下葉を葉柄ごと除去すると移植成功率が95%になった。  
無摘葉苗は、「苗つかみ損ね」が発生して、成功率が下がった。

### 機械移植精度低下の原因

徳島県の苗は、  
葉柄一方向苗で、苗が太くて硬い。  
がちり苗が好まれるため、葉柄も強い。

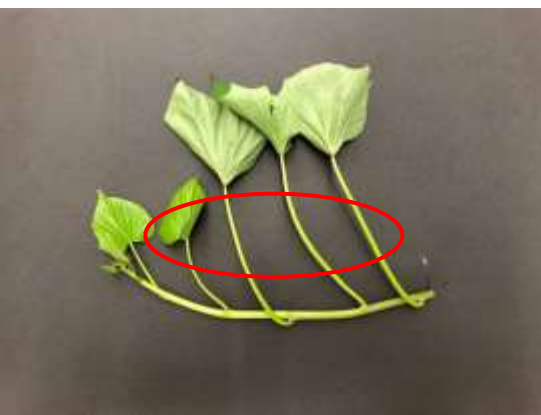


上：鹿児島県で使われる苗  
下：徳島県で使われる苗



## 2) 挿苗作業技術の開発

### 機械移植精度低下の原因



### 移植ミスの原因、「苗つかみ損ね」発生の流れ



葉柄を下向きにして、ブラシ式苗挟持部（黄色○）に苗基部を挟み込む



苗基部（黄色○）が動き、植付爪で苗基部を掴めない



連続ベルト式苗供給部が回転して機体下に苗が送られる。

この時に苗が動く・・・



### 移植精度低下の原因

- ①：葉柄が邪魔で、苗を上手く固定できない。
- ②：苗を置いたテーブルが動いていくうちに、葉の重みなどで姿勢が変わる。
- ③：植え付け爪で苗の基部を把持できない。

## 2) 挿苗作業技術の開発

### 苗加工による移植精度の向上



#### 苗の取り置き

- 採苗後、苗をビニルで覆い、3～4日、倉庫や貯蔵庫に苗を取り置いてから本圃に移植する。
- 苗取り置きは、初期の発根促進および節あたりの発根数は減るが1本当たりの根長が伸び、活着に有利（中谷ら）

機械移植に適するように、苗の加工を試みた



## 2) 挿苗作業技術の開発

### ① 葉柄除去

#### ○ 機械移植成功率

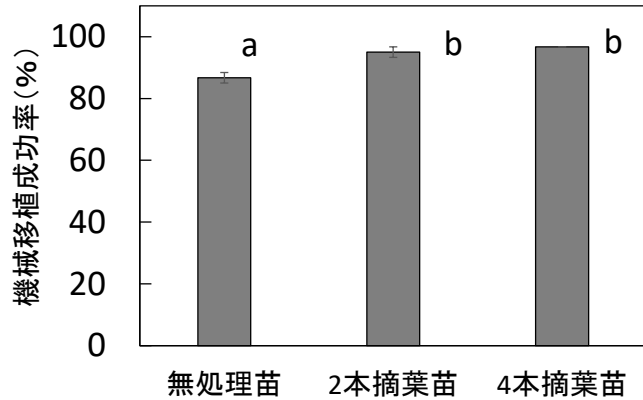


図 摘葉処理による機械移植成功率

移植成功率は葉柄を切除すれば向上する。

#### ○ 初期発根と収量



展開葉約5枚が残るように切除

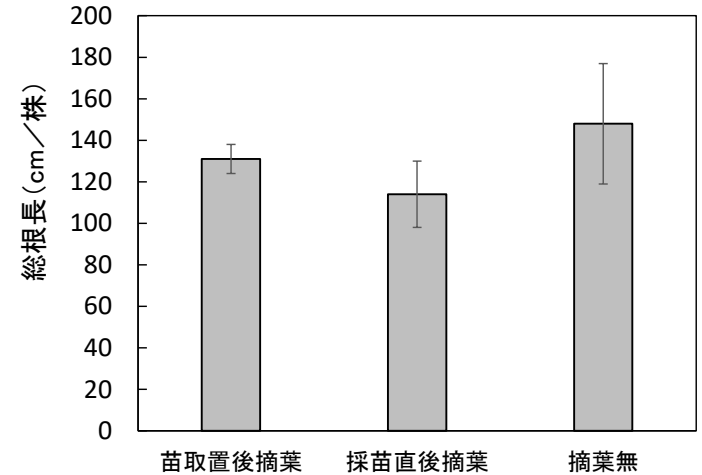


図 苗の葉柄除去の時期と初期発根量  
注) 5月26日に採苗し、4日間苗を取り置いた後、5月30日に挿苗した。1週間後の6月6日に節別の発根量を調査した。

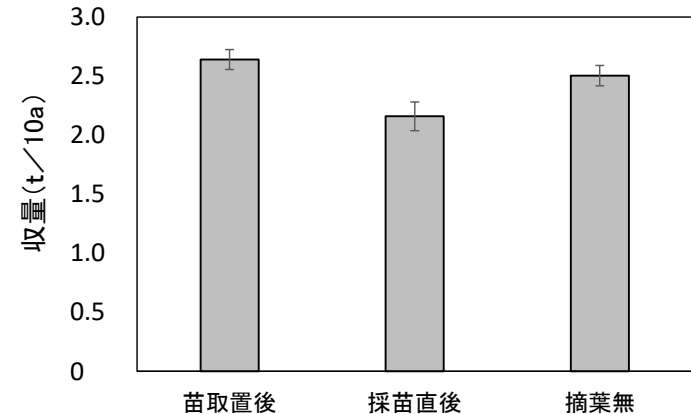


図 苗の葉柄除去の時期と収量  
注) 9月26日に調査した。

苗取り置き後に葉柄を除去すれば、初期発根、収量に及ぼす影響は小さい。



## 2) 挿苗作業技術の開発

### ②乾燥処理（不織布被覆）：葉柄を柔らかく



ビニル被覆（慣行苗）      不織布被覆（乾燥苗）

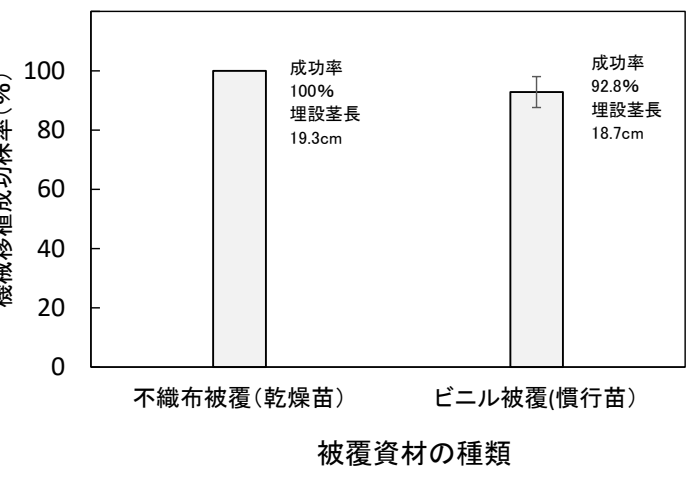


図 苗取り置き時の被覆資材の違いと機械移植成功率

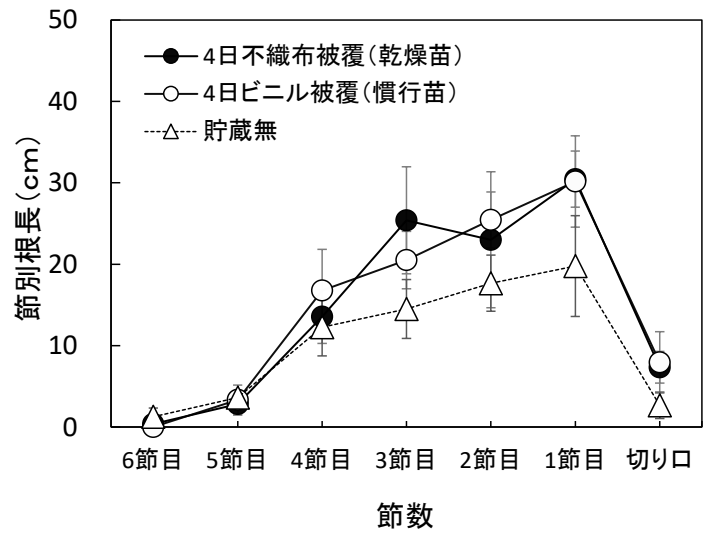


図 苗取り置き時の被覆資材の違いと挿苗初期の発根量

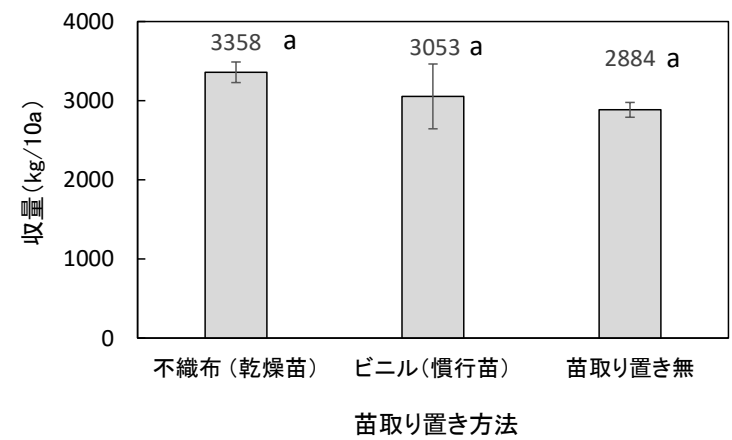


図 苗取り置き時の被覆資材の違いと収量

苗取り置き時の乾燥処理は・・・  
 ・機械移植精度を向上させ、初期発根、収量も慣行取り置きと同等。

## 2) 挿苗作業技術の開発

### 移植機の改良：機械改良と機械調整

① 苗挟持ブラシの改良：苗の姿勢制御がないように、強く苗を把持できれば・・・



表 機械移植試験に供試した苗の形状

	最長葉柄長(cm)	苗曲がり度(°)
供試した苗	16.1±0.4	57±5

注) 平均値±標準誤差、N=30

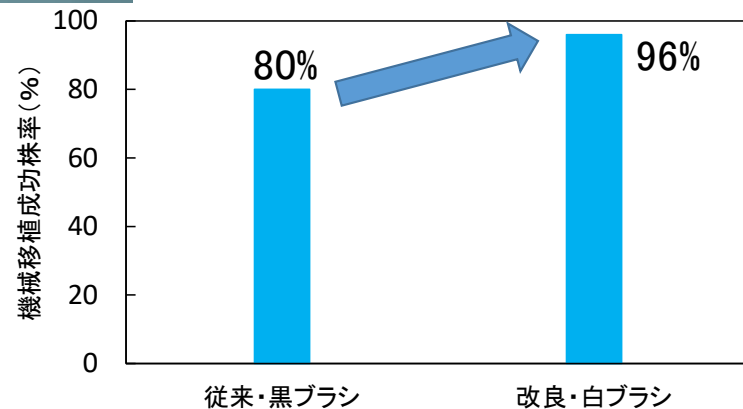


図 苗挟持ブラシの種類と機械移植成功率

連続ベルト式苗供給テーブル上の苗挟持ブラシ



従来・黒ブラシ



改良・白ブラシ

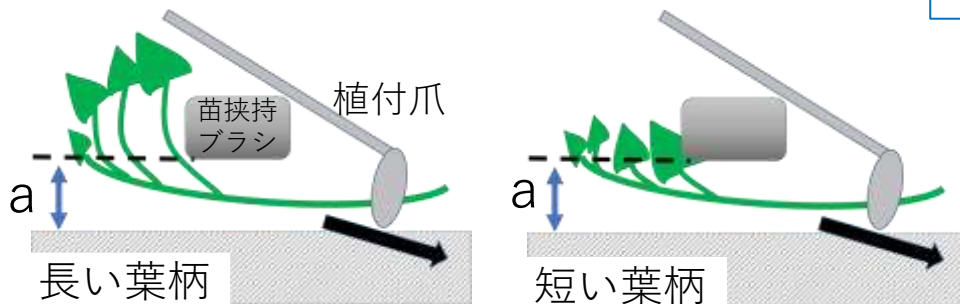
黒ブラシは柔らかく、白ブラシは硬い

- 苗挟持ブラシを硬いブラシに改良すると、移植時に苗の姿勢変化が少なく、移植精度が向上する。



## 2) 挿苗作業技術の開発

### ②白ブラシにあった機械調整法



- ・葉柄が長いと図中央のブラシに葉が引っかかりやすい。
- ・aの距離が短いとブラシに葉が引っかかりやすい。
- ・葉がブラシに挟まると植付爪で苗を引き抜けない。

○葉柄垂直苗、葉柄斜め苗（主茎に葉柄が沿う）を比較。  
○aの長さを、2～3cm（マニュアル書の標準）、5～6cm（通常より長い）を比較。

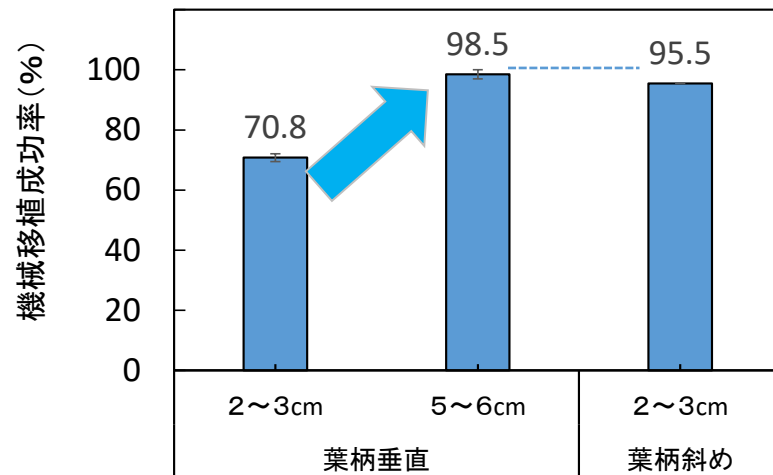


図 苗形状、苗挟持ブラシと土面の距離が機械移植成功率に及ぼす影響

表 供試した苗の形状

	節数	最長葉柄長 (cm)	苗曲がり度 (°)
葉柄垂直苗	10.1±0.2	19.7±0.9	49.2±4.5
葉柄斜め苗	9.2±0.3	26.0±0.9	37.9±3.2

葉柄垂直苗



葉柄斜め苗



### 注意事項：

- 苗ひっかかりを避ける、白ブラシに合った調整方法
- ・ 最長葉柄長が20cmを超える苗は、要注意
- ・ 成功率が劣る場合は、浅植え設定にする。  
(レバーで調節可能)
- ・ 土中への茎挿入は、やや短くなるが、生育に支障はない。

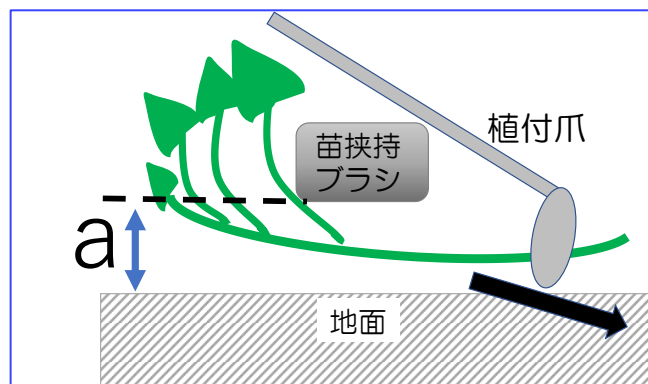
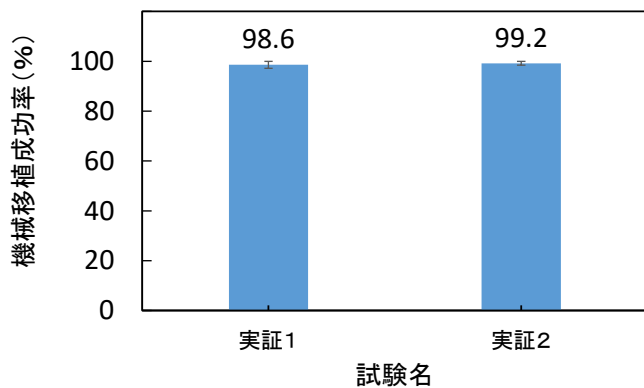


## 2) 挿苗作業技術の開発

### 機械移植の実用性と普及性は？

#### ① 移植機の機械移植精度が向上した。

a) 色々試したが、移植機の性能が向上し、いくつかの注意点を守れば、**ほぼどのような苗も移植可能！**



葉柄の長い苗は a の距離に気をつける。



基部曲がり苗は、基部を切除

#### 図 機械移植成功割合

注) 図中の誤差線は標準誤差。n=3、挿苗の3反復、実証2は83本挿苗の3反復



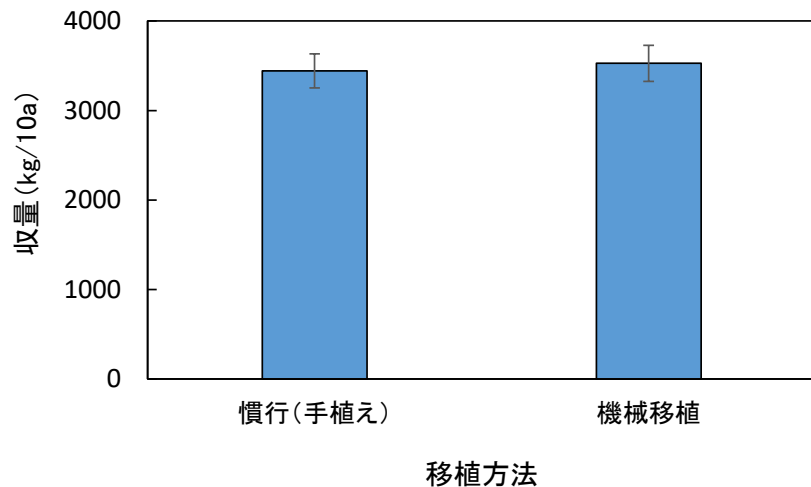
b) 4輪同時上下機構で、傾斜のある畑。前輪はね上げ機構で、機械の取り回し性も向上。

c) 灌水装置で薬剤灌注も可能。

湾曲苗も鉛直方向に真っすぐ挟む

## 2) 挿苗作業技術の開発

### ②収量・品質ともに大きな差はない。



#### 図 手植えと機械移植による収量

注) 2021年4月20日採苗、6日間苗取り置き後4月26日に挿苗。8月26日に収穫。

図中の誤差線は標準誤差、N=3(10株の3群調査)



#### 表 手植えと機械移植による着いもといもの形状

	1株当たりの着いも重(g)	1株当たりの着いも数(個)	1個当たりの平均いも重(g)	いもの縦横比 <sup>z</sup>
慣行(手植え)	1102±84	5.1±0.2	227±20	3.0±0.1
機械移植	1129±64	5.8±0.4	214±22	2.8±0.1

注) 平均値±標準誤差、n=3(10株の3群調査)、z: 縦横比=いも長さ/いもの直径(長径)

2021年4月20日採苗、4月26日挿苗。8月26日に収穫

## 2) 挿苗作業技術の開発

③慣行手植え作業時間の約32%を削減できる。

### 慣行手植え作業



挿苗作業

挿苗作業アップ

挿苗後の様子



水やり



ロール紙による苗被覆

### 機械移植作業

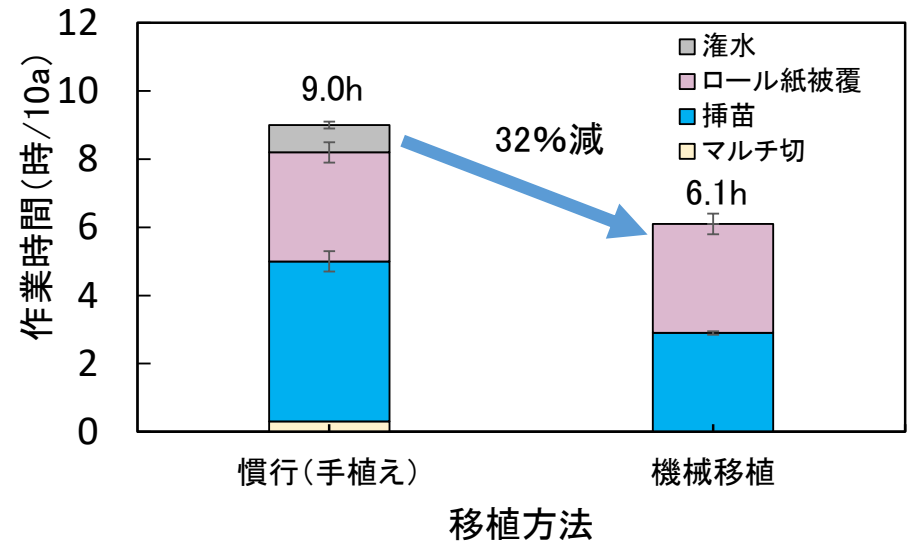


図 手植えと機械移植による挿苗関連作業時間の比較

注) 苗の圃場内への搬入時間は含んでいない。実証農家3ヶ所、N=3~6



## 2) 挿苗作業技術の開発

### ④機械導入による経済性

経営調査

(10a)

収入合計	1,078,000
販売金額	963,000
雑収入	115,000
経費合計	836,000
変動費	572,000
固定費	158,000
専従者給与	106,000
所得	242,000
時間当たりの所得	1210

2.4haのサツマイモ農家を参考に  
した。所得は2.4haで約600万円

導入による1作の経済効果

○労働時間削減効果：

$$2.4\text{ha} \times 10\text{a} \times 3\text{時間} \times 1,210\text{円} = 87\text{千円}$$

○労働時間短縮・軽労化による面積拡大

$$20\text{a} \times 242,000 = 484\text{千円}$$

○計：571千円



移植機代1,130千円を2年で償却できれば・  
(少し希望的すぎるか・・・)

### 結論

- 移植精度の安定性が向上した。
- 機械の性能、省力効果から実用性高く、普及性あり。
- 作業姿勢から、軽労効果も高いと予想される。

### 3) 育苗技術の開発

#### 育苗作業（採苗作業）の軽労化に向けた取り組み



しゃがみ込み行う、採苗作業はつらい作業の代表



プラスチック枠の高設育苗が県内に5～6件導入されている。幅1.5m程度あるため、採苗時、背中に負担がかかる。培養土は砂、たい肥、土を混ぜている。プラスチック容器が特殊なため、高価。

- 徳島農研で高設育苗（湛液水耕に近い、培地耕）を研究（1995～1999）
- 1件のみ、養液栽培が導入されている（ベッド底に湛液、液肥は灌水チューブで）



ほぼ、普及しなかった。  
• 湛液水耕は設備費がかかる。  
• 現場の培地耕は、生育があまり、良くなかった。

### 3) 育苗技術の開発

#### 普及技術とするためには？

- ①どこでも手に入る材料で（一般的なもので）。
- ②設備費が安価。
- ③生育は土耕よりも良い。
- ④姿勢改善効果が高い。



ベッド幅35cmのイチゴ高設栽培システムを利用して、蔓はベッド端から垂らす方式。

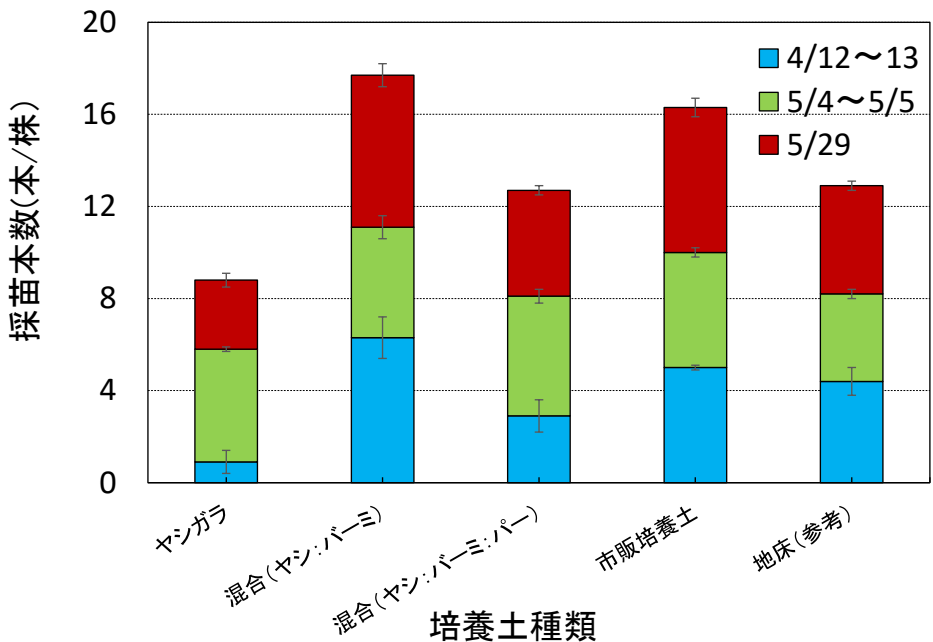


ヤシガラ袋培地を試したが、生育が不良。培地の化学性や適正pHなど、調べたが原因は不明。



### 3) 育苗技術の開発

#### 培地の種類



排水性の良い構造にした



ヤシガラ+バーミキュライト



ヤシガラ単体

#### 育苗培養土の種類による採苗本数

注) ヤシ:バーミはヤシガラ、バーミキュライトGLをそれぞれ体積比1:1で混合、ヤシ:バーミ:パーはヤシガラ:バーミキュライト:パーライトをそれぞれ体積比1:1:1で混合した。

- ①生育不良がでるのは培地が原因
- ②ヤシガラ単体、パーライト混入では生育が劣る。
- ③サツマイモ地上部の生育には、培地の水分特性が鍵かも・・・(水分が多すぎる or 乾きすぎる、→ 生育が劣る)

培地の物理性、水分特性、発根の関係は、今後詳しく調べたい・・・

### 3) 育苗技術の開発

#### 育苗システムの特徴

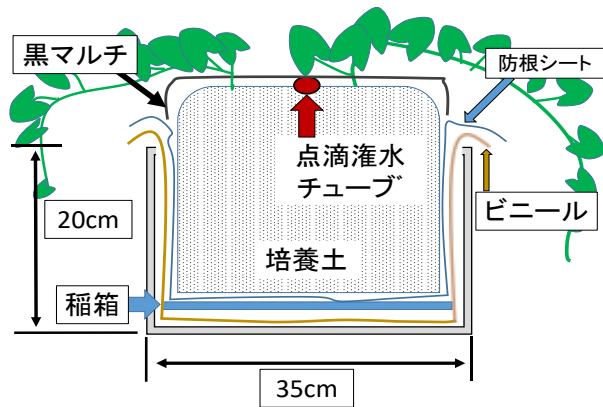


図 発砲スチロール製育苗ベッド内部の構造

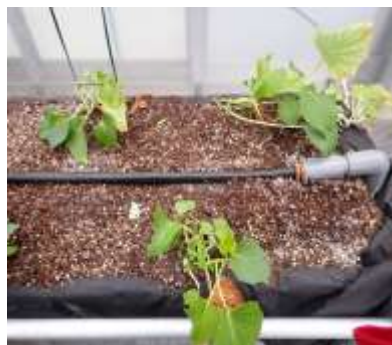


図 給液チューブの敷設

- 採苗作業時の姿勢、蔓の解き易さより、苗ベッド幅を狭くし、ベッド間に蔓を垂らす方式
- 十分な排水路を確保できる構造
- 養液土耕3号（窒素：水溶性りん酸：水溶性加里=15：15：15（%）、OATアグリオ株式会社）の1000倍液、EC約1ds/mで1株200～250ml、1日3～4回給液

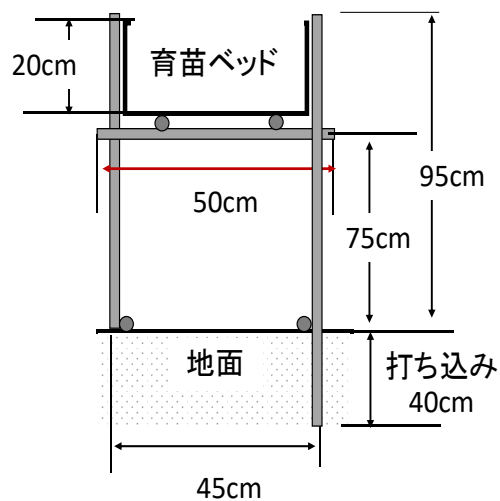


図 高設棚断面図  
図中の灰色はスチールの支柱（φ19mm）

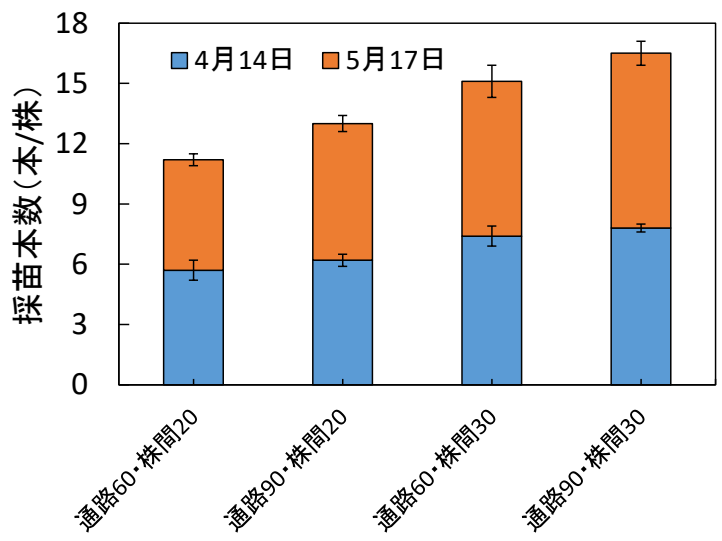


図 給液システム



### 3) 育苗技術の開発

#### 栽植密度と採苗本数



通路幅60cm



通路幅90cm

通路幅と株間

栽植密度と1株あたりの採苗本数

高設育苗における栽植密度と採苗本数

	採苗本数(本/株)	栽植密度(株/m <sup>2</sup> )	採苗本数(本/m <sup>2</sup> )
通路60・株間20	11.2	7.5	84
通路90・株間20	13.0	6.0	78
通路60・株間30	15.1	5.0	76
通路90・株間30	16.5	3.9	64
(参考)地床育苗	約13	3~6	39~78

- 栽植密度が下がるほど、株当たりの採苗本数は増える。しかし、単位面積当たりの採苗本数は減る。
- 株間20cmでは、採苗時、蔓が解きにくかった。
- 通路幅60cmだと、繁茂すると人が通れない。



### 3) 育苗技術の開発

#### 苗の特徴と機械移植適性



表 地床育苗と高設育苗の苗形状

	最長葉柄長 (cm)	苗曲がり度 (°)
地床苗	20.7 ± 0.6	38 ± 4
高設棚苗	14.4 ± 0.5	59 ± 2



育苗ベッドから垂れ下がった蔓

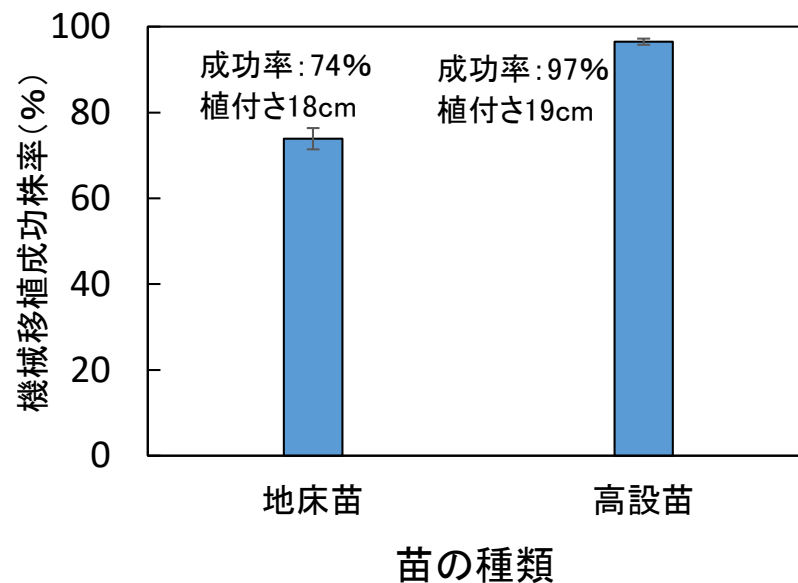


図 地床苗と高設苗の機械移植精度

- 垂れ下がった蔓は、湾曲する。
- ベッドの上を匍匐する蔓は、真っすぐ。
- いずれも機械移植適性は低下しない。

### 3) 育苗技術の開発

#### 省力効果と作業性

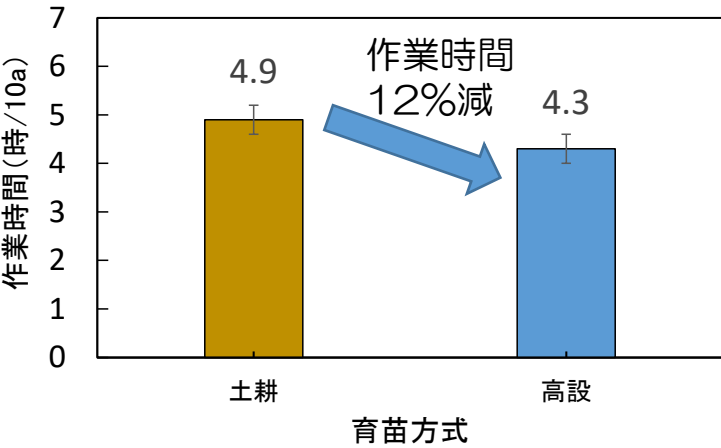


図 育苗方式の違いによる採苗時間

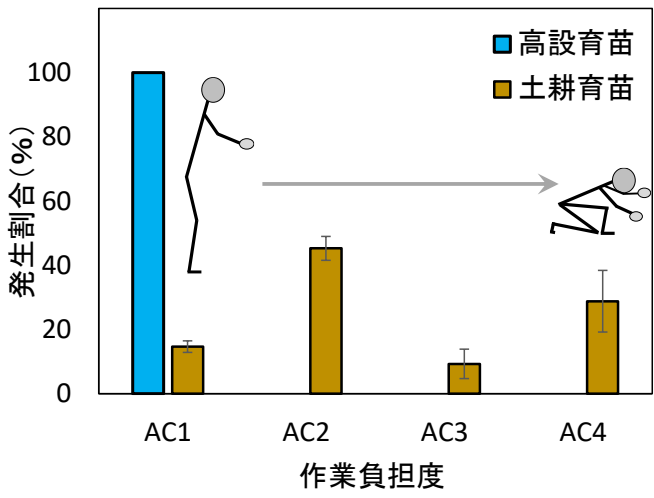
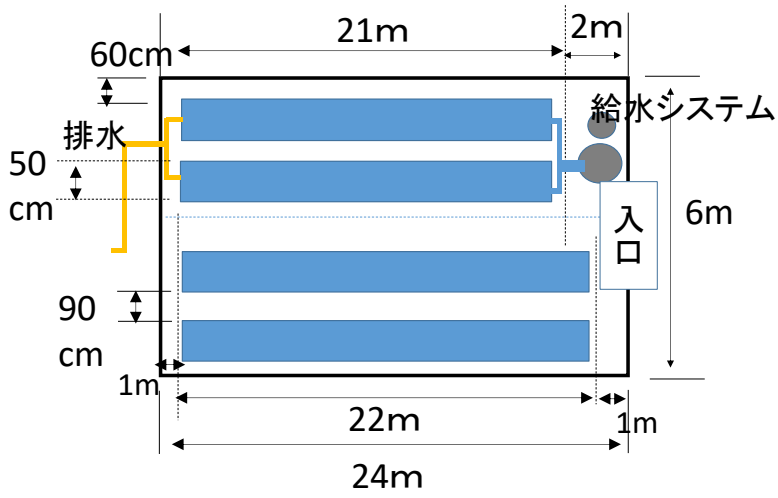


図 育苗方式と採苗時の作業姿勢  
注)OWAS法による作業姿勢評価

- 作業時間は12%減
- 改善の必要な作業姿勢は、0に。

#### 採苗本数の試算

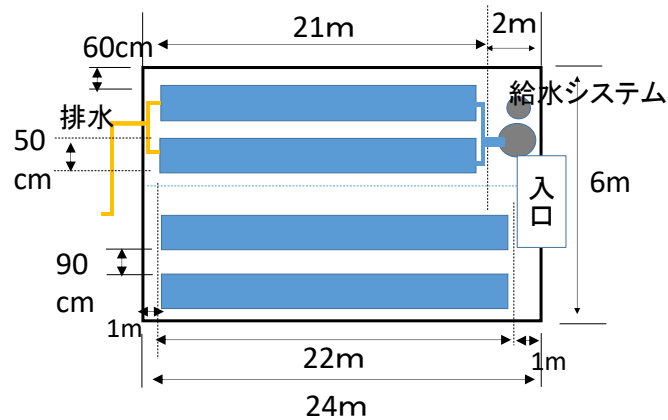
- 農家実証
- 4月11日～6月9日までに、29.1本/株が採苗できた。
  - 144m<sup>2</sup>の育苗ハウス17878本の苗が採れ、本圃60a分の苗が採れると試算。



通路幅90cmの育苗ベッドの配置  
注)農家実証圃

### 3) 育苗技術の開発

#### 経費試算



通路幅90cmの育苗ベッドの配置

注) 農家実証圃

培養土				
ヤシガラ、パーミキュライト混合の場合	個数	単価	計	備考
ヤシガラ	10	2,255	22,550	200L入り
パーミキュライト	36	1,260	45,360	60L入り GL
混合培養土 計			67,910	

液肥				
	個数	単価	計	備考
養液土耕3号(OATアグリオ)	6	4,742	28,452	10kg入り 15:15:15

注) 2021年時点での価格

	個数	単価	計	備考
育苗ベッド支柱	104	1,177	122,408	直管パイプ1本5.5m φ19スチール
支柱接続部材	400	66	26,400	φ19(パイプクロス、ハネ等)
スチロール製育苗ベッド	86	800	68,800	長さ1m(商品名:とこはるⅡ型、徳農種苗(株))
排水用育苗箱	140	199	27,860	1300穴
養液栽培用止水シート	1	10,109	10,109	黒0.15*90*100m
防根透水シート	1	17,776	17,776	商品名:ラブシート(ユニチカ) BKD20507 1050m×100m
灌水チューブ ユニラム	1	41,600	20,800	RC17(ネタフィム) 20cmピッチ 200巻き
ユニラムコネクタ関係	1	1,100	1,100	スタート、エンドのコネクタ4個づつ
給液タンク	1	20,196	20,196	200L 黒 丸型
濃縮液肥タンク	1	14,003	14,003	100L 黒 丸型
給水用部材及びボールタップ等	1	10,000	10,000	
フィルター、逆止弁等	1	15,000	15,000	
液肥混入器	1	95,700	95,700	商品名:ドサトロDR6-GL(サンホープアクア) 50mL/m
給液ポンプ	1	85,000	85,000	商品名:カワエース(川本ポンプ) NR206S
給液タイマー等	1	20,000	20,000	
排水配管	1	10,000	10,000	
給液タンク用養液測定機	1	32,780	32,780	EC、pH、水温、商品名ハイドロマスター
設備費総計			597,932	

注) 2021年時点での価格

- 144m<sup>2</sup>のハウスで、育苗システムの材料費は約60万円、消耗品費(培地・肥料)は、約10万円かかる(培地は2~3年連用可能)。
- 普及性は???  
作業負荷軽減には効果高いが、経費がかかる・・・



# 4) 今後の取り組み

移植機はもちろん、高設養液育苗も、今後の生産方式には必要と考えている。実証を通じて普及を推進する予定。

育苗技術は、普及に足りない一部技術を更に検討。

次は・・・

大規模な農家が必要としている機械移植を考える必要は？

例えば・・・セル苗や乗用の全自動移植機など・・・

## 省力栽培体系確立のためのサツマイモ挿苗機と高設養液育苗施設の普及

### 背景・目的

- 背景・問題：近年、1経営体あたりの栽培面積が増え、経営を維持するために、労働時間の削減と軽労化が求められている。挿苗、育苗に係る作業は、ほぼ人力で、省力・軽労化の余地がある。そこで、以下の技術を開発した。

#### ①船底植え対応型サツマイモ挿苗機

- ・適正移植株率97%以上
- ・挿苗の時間は手植えの1/3程度

#### ②高設養液育苗システム

- ・無理な姿勢をほぼ0にできる。
- ・株当たり1.3~1.6倍の苗がとれるが、栽植密度が低いため、土耕と同等か8割程度。

注) 農林水産省研究推進事業委託プロジェクト研究 H30~R4年。

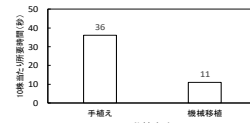


図1 挿苗時間の比較

(注) 徳島市川内内で測定。挿苗時間のみで比較。手植えは、移植機と同じ、播種器にて10cm間隔でマルチを切り、挿苗機は養生シートをかける作業が発生する。

普及に必要なのは、  
・技術性能、経営的  
導入効果の周知



### ●目的：

現地で実証し、労働時間削減効果、軽労効果を調べ、経営的な導入効果を明らかにする。そして、技術を見てもらい、その導入効果を周知する。

社会実装によるサツマイモ省力栽培体系を実現する

### 活動内容

#### ●船底植え対応型サツマイモ挿苗機の現地実証

- ・現地での省力効果を手植えと比較。
- ・実証農家6件で実演、挿苗機を周知。

性能を知ってもらう!



#### ●高設養液育苗システム試験と現地実証

- ・更なる資材費低減のため、市販の培地から、安価な資材配合による育苗培地を開発 (R5のみ)
- ・現地で育苗システムを試験導入し、省力・軽労効果、採苗本数を調べる。
- ・導入農家で現地検討会を実施し、周知する。

楽を感じてもらおう!



#### ●技術導入のための経営基礎資料の作成

- ・導入経費や効果を経営的に試算し、経営規模別に取りまとめ、適正な導入を推進。

### 期待される効果

- 技術導入により、移植、育苗に係る作業時間を3割削減
- 挿苗機の導入目標は30台 (令和6年時。根拠：全国3万haで600台普及しているため、1千haの徳島県なら、20台+αを普及させたい。)
- 高設養液育苗システムの導入目標は3件 (令和6年事業終了時)