

「革新的技術開発・緊急展開事業」
(うち人工知能未来農業創造プロジェクト)

「果実生産の大幅な省力化に向けた作業用機械の
自動化・ロボット化と機械化樹形の開発」

リンゴジョイントV字樹 省力栽培マニュアル



宮城県農業・園芸総合研究所

はじめに

農業分野にAIやICT技術を導入し、次世代の生産システムを構築しようとする取組が本格化しています。実用化している技術は、土地利用型作物に多く、果樹では樹種が多いことに加え、同じ樹種でも多様な樹形があり、また手作業中心の技術体系にあることから、作業機械の開発が遅れているといわれています。しかし、担い手の大幅な減少及び高齢化が進展する中、果樹生産においても収量や品質を落とすことなく、大幅な省力化が可能な技術開発は急務となっています。

本研究プロジェクトは、農研機構果樹茶業研究部門を代表機関として産学官がコンソーシアムを立ち上げ、生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業(うち人工知能未来農業創造プロジェクト)」の支援を受け、樹種共通の樹形開発と合わせて、作業の大幅な省力化を可能にする機械開発を進めてきました。

本資料は、研究プロジェクトで得られたリンゴジョイントV字樹の省力的な栽培管理方法等の成果を中心に取りまとめ、「リンゴの省力化樹形」の導入を検討されている生産者の皆様の参考になるようマニュアル化したものですので、栽培に御活用いただければ幸いです。

最後になりましたが、本プロジェクトの実施に当たり参画機関、関係機関の皆様に多大な御協力を賜りましたことに感謝申し上げます。

令和3年3月

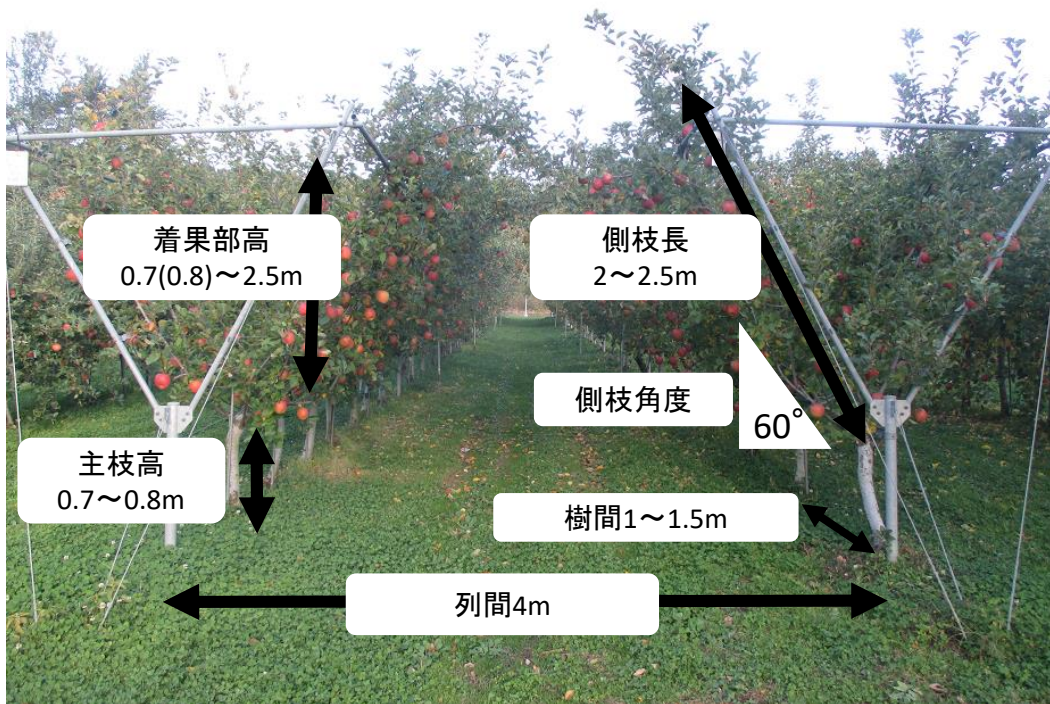
宮城県農業・園芸総合研究所
所 長 高 橋 芳 浩

目 次

I	樹形の特徴・主要成果	1
II	栽培の基本	3
III	成園化までの目標収量	8
IV	年間作業時間の削減と経営試算	9
V	ジョイントV字樹形の具体的な効果	10
VI	ジョイントV字樹形のお品種への適応性	11
VII	参考資料	12

I 樹形の特徴・主要成果①

◆栽培様式



「木と木をつなげる」発想から生まれたジョイント栽培(平棚)は、適用樹種拡大研究の中で、主枝高を70~80cmの高さとし、側枝を仰角60°で斜立させる「ジョイントV字樹形」(写真)としてリンゴへも応用されました。

この樹形は早期成園化や省力・軽労化だけでなく、機械化やロボット化についても、その可能性を高めるものと考えられます。

本マニュアルでは、'ふじ' / JM7のジョイントV字(以下「JV」)樹形の栽培特性等について以下の内容を掲載しました。

- I 樹形の特徴・主要成果
- II 栽培の基本
- III 成園化までの目標収量
- IV 年間作業時間の削減と経営試算
- V ジョイントV字樹形の具体的な効果
- VI ジョイントV字樹形のお品種への適応性
- VII 参考資料

I 樹形の特徴・主要成果②

◆主要成果

- ・早期多収(慣行樹形(立木樹)との比較)
定植3年目に着果開始 6年目でわい化栽培並みの収量3.5t/10aを確保(図1, 図2)
- ・樹形による省力効果
直線的な作業動線による年間主要作業時間の削減(図3)
薬剤散布量の削減(図4)
- ・機械導入による省力・軽労化
自動走行車両(市販化未定)による作業支援, 自動防除と自動除草による省力化
年間作業で50%程度削減

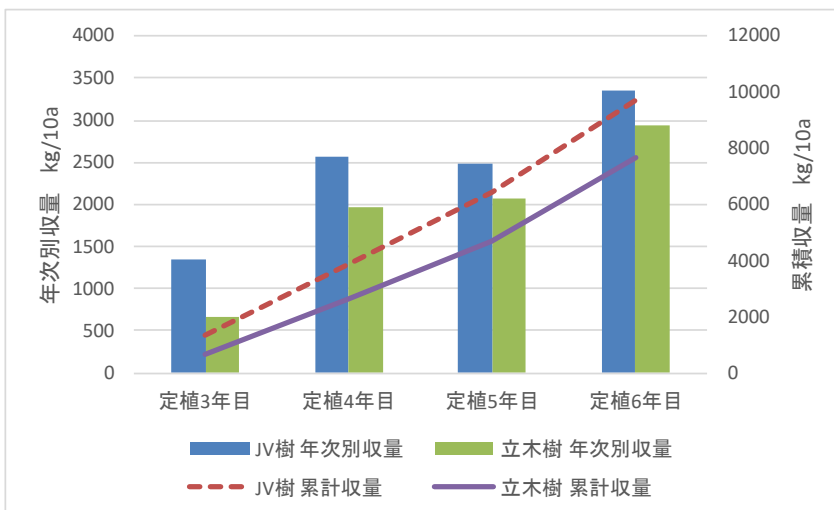


図1 ‘ふじ’JV樹形の年次別収量および累積収量

図2 定植6年目の着果状況



図3 作業動線は直線的



図4 薬剤散布量の30%削減が可能

Ⅱ 栽培の基本①

◆ほ場、苗木の準備

○苗木の調達と管理

- ・JV樹形の主枝高を80cm、樹間1.5mでジョイントする場合、苗木長を2.5～3.0m確保する必要がある(図5)。土壌条件により異なるが、樹間1.5mの場合、JM7程度のわい化度の台木が適している。
- ・口径30cm程度の不織布ポットに植付け、1～2L/日程度のかん水とN3g/月(4～9月)の肥料を与えて管理する。
- ・先端が伸長したら湾曲しないように支柱を立てテープナー等で結束し、発生した副梢は、8月までは基部を2～3節残して随時摘心し、9月以降は放任する(図6)。
- ・ただし、60～100cmまでの間に節をつくと主枝を水平に曲げたとき折損しやすくなるため、地際から100cm程度までに発生する副梢はかき取るようにする(図6)。



図5 育成中の苗木

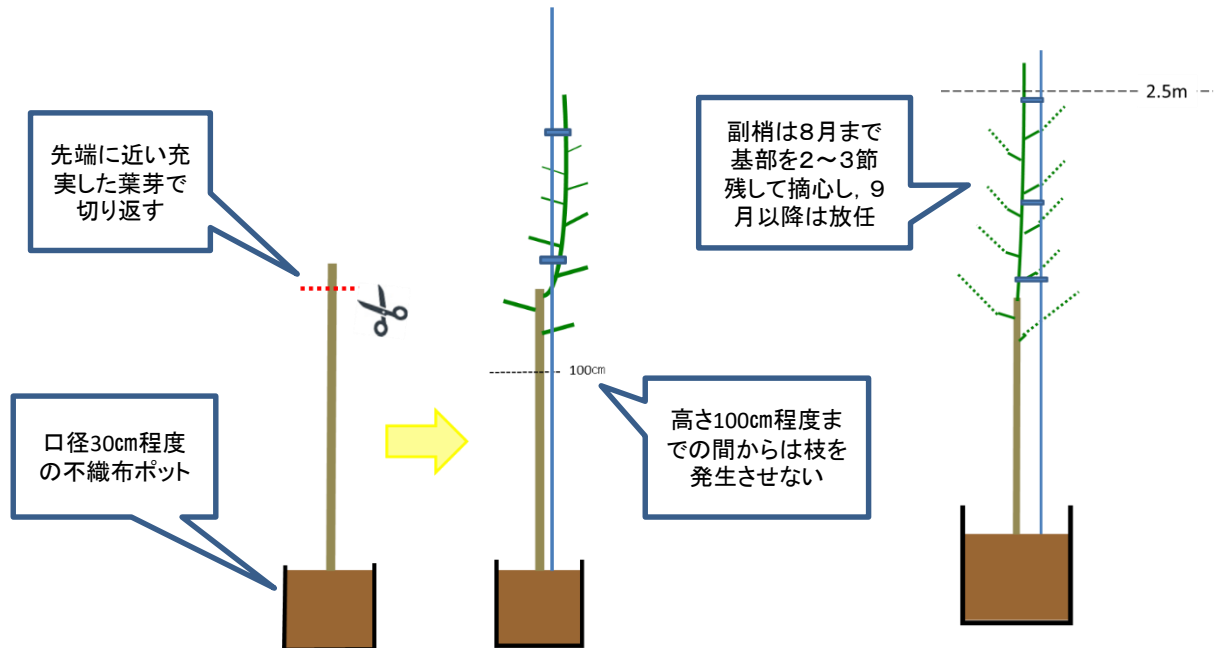


図6 苗の管理方法

○ほ場の整備(支持施設)

- ・畑の形状、起伏、排水等を考慮し、植栽方向、列間、枕地の距離を決定して植栽図を作成し、植栽図に基づいてJV樹用の支持棚を設計し、施工する。
- ・成園化し、着果量が多くなると支持棚に大きな負荷がかかることから、各列の棚同士を連結した構造にすることが望ましい(図7)。



図7 JV樹用支持棚

Ⅱ 栽培の基本②

◆ 植栽とジョイント

○ 植栽方法

- ・必要苗木長に達したものを3～4月に定植するが、主枝を曲げたときに確実にジョイントできる距離であるかを確認してから定植し、支柱に誘引する(図8)。なお、樹間は等間隔である必要はなく、苗木長に合わせて調整する。
- ・ジョイント場所は主枝が水平になる少し手前の位置がよい(図9)。
- ・同一品種を複数列植栽する場合は、結実確保のためユニット(連結したジョイントの単位)間に開花時期の異なる受粉用品種を組み合わせるとよい(図10)。



図8 ジョイント前の状態



図10 受粉用のクラブアップル(左: Makamik, 右: Snow Drift)



図9 ジョイント位置

○ ジョイントの接ぎ木方法・接ぎ木部の管理等

- ・接木ジョイントは、切り接ぎナイフと結束バンドまたはビニールテープ、カルスメイトなどの癒合剤を使って水平主枝を完成させる(図11)。
- ・はじめに主枝先端部の下面を5cm程度平らに削る。このとき先端の芽を欠損させないように注意する(図12)。
- ・継がれる側のR面が水平近くになった位置の上面を5cm程度平らに削る(図13)。
- ・削った面どうしを密着させ、結束バンドまたはビニールテープで固定する(図14, 図15, 図16)。



図11 ジョイントに必要な道具(癒合剤は塗布しやすいボトルに入れ替える)



図12 平削後の主枝先端部



図13 隣接樹の平削部



図14 削った面どうしを合わせる

Ⅱ 栽培の基本③

・結束バンドを用いた場合、主枝への食い込み防止のため、主枝の肥大に合わせたバンド調整が年3回程度必要になるが、ビニールテープは調整作業が不要となり、10か所当たり6分の作業時間短縮ができる。



図15 結束バンドによる固定



図16 ビニールテープによる固定

・ビニールテープを巻く

ときは、幅の半分程度を重ねながら基部側から先端方向に向かって主枝誘引線と一緒に巻き付ける。このとき、主枝先端の芽はビニールテープで巻かず必ず出しておく(図17)。

・先端まで巻いたら基部側に戻って一往復させる(図18)。

・乾燥防止のため結束バンド、ビニールテープとも枝との隙間を癒合剤で密封する(図15, 図16)。ジョイント部分は年内にはカルスが発生し、癒合する(図19)。



図17 テープ幅の半分程度を重ねながら先端方向に巻いていく



図18 先端まで巻いたら基部側に戻る



図19 癒合したジョイント部分

◆生育初期の管理と主枝・側枝の養成

○生育初期の管理

・水平誘引した主枝から発生する全ての枝は果実を成らせる枝(側枝)として、使用可能なものを選んで育成する。

側枝候補の新梢は架線にまっすぐに誘引する。

・側枝先端の生育を妨げる強い枝は適宜摘心して先端を1本棒状にする(図20)。特に側枝背面から発生する枝は徒長化しやすいので6月中旬に20cm以上伸長していれば除する。

・側枝候補とならないような弱い枝は主枝の太りを促すため生育期間中は切らずに残しておく。

・側枝数は、主枝1m当たり8本(V字の片側としては4本)程度を目安とする。



図20 側枝先端は1本に

Ⅱ 栽培の基本④

◆ 整枝・せん定

○ 冬季せん定

【定植2年目まで】

- ・定植後2年間は着果させずに主枝の育成を主体とした管理を行うため、主枝の生育を妨げるような枝のせん除が中心となる。
- ・主枝の水平位置までの間に発生した枝は強勢となりやすいので、根元から切り落とす(図21)。
- ・摘花の省力のため、側枝先端は軽く先刈りを入れる。



図21 R部分から発生する枝はせん除する(左:せん定前, 右:せん定後)

【定植3年目以降】

- ・定植3年目は側枝間隔を考慮しながら太い側枝を間引く(図22)。
- ・主枝径の1/2を超えるような太い側枝は根元からせん除し、更新する(図23)。特に成木に達するまで(定植6年目まで)の期間は太い



図22 定植3年目のせん定(左:せん定前, 右:せん定後)



図23 更新候補側枝(黄色矢印)



図24 元に近い充実した花芽まで切り返す(左:せん定前, 右:せん定後)

側枝をつくらないようにする。

- ・側枝から発生する結果枝(結果母枝)は、元に近い充実した花芽で切り返す(図24)。
- ・花芽が着生していない場合は年次変わり部分で切り返すか元から間引く。
- ・主枝から1m以上伸長した1年枝は、徒長的に伸長し、葉数が少なく、側枝候補としては勢力が強すぎるので間引く(図25)。
- ・主枝部分の大きな切り口には直ちにトップジンMペーストなどの保護剤を塗布する。



図25 定植10年目のせん定(左:せん定前, 右:せん定後)

Ⅲ 成園化までの目標収量

◆成園化までの目標収量と着果基準

○定植後年数と目標収量

- ・定植後2年目までは着果させずに樹体の育成を行い、定植3年目から着果させる。
- ・わい化栽培の目標収量である3.5t/10a並みの収量が得られる時を成園化とし、JV樹では定植6年目に確保することを目標とする(図29)。

○着果基準

- ・定植3年目には、主枝1m当たり8本程度の側枝を育成する。
- ・側枝長は定植後年数に応じて必要な長さを確保する(表2)。
- ・「ふじ」の1果重を330gとすると、定植3年目に1側枝当たり2個の着果数が得られれば1,000kg/10a程度の収量となる(表2, 図29)。
- ・定植6年目に1側枝に7果程度着果させれば3.5t/10aの収量を得ることができる(表2, 図29, 図30)。

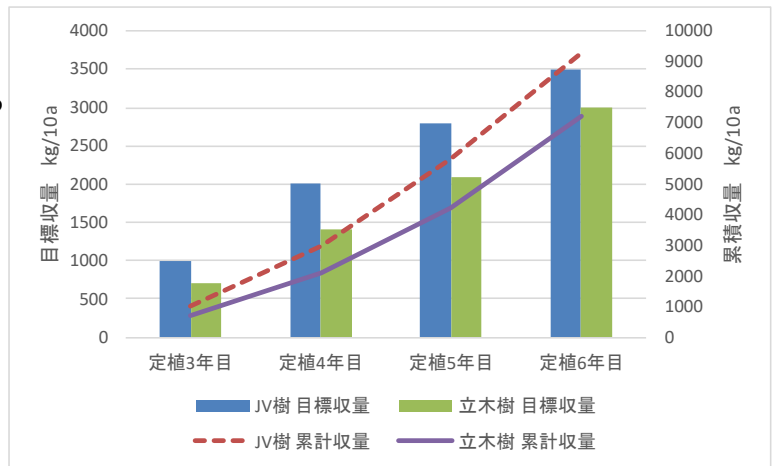


図29 ‘ふじ’JV樹の定植後目標収量

表2 目標収量を確保するための定植後年数の着果基準

	JV樹		立木樹
	着果数(個)	側枝長(cm)	着果数
定植3年目	2	100	26
定植4年目	4	150	52
定植5年目	5	200	79
定植6年目	7	250	112



図30 定植3年目(左)と定植6年目(右)の着果状況

IV 年間作業時間の削減と経営試算

◆慣行樹形と比較した年間作業時間

表3 樹形の違いが主要作業時間に与える影響

	立木樹 作業時間(h)	JV樹 作業時間(h)	JV樹 削減率(%)
年間主要作業合計	139.8	93.7	33.0
整枝・せん定	31.3	22.0	29.7
除草	8.4	5.0	40.5
薬剤防除	3.8	2.3	39.5
摘果	31.8	16.5	48.1
着色管理	24.1	17.9	25.7
収穫	19.8	12.9	34.8
その他管理	20.6	17.1	17.0

※収穫時間は立木樹3,500kg/10a, JV樹4,500kg/10aに換算した。

- ・作業機械は樹形共通で除草に乗用モア, 薬剤防除に600Lのスピードスプレーヤを用いた。
- ・年間主要作業時間の削減としては, JV字樹が立木樹より33%削減できる試算となり, JV樹の省力性が確認できた(表3)。

◆キャッシュフロー

表4 定植1年目から6年目までの累計収支

年次	支 出			収 入				累計収支
	項目 ^z	金額 (円)	摘要	収量 ^y (kg/10a)	単価 ^x (円/kg)	金額 (円)	摘要	
1年目	肥料費, 農薬費, 資材費他	1,616,000		0		0		-1,616,000
	(内訳) 支持支柱・棚資材	1,360,000	V字棚・列間4m 施工費含					
	種苗費	238,000						
	光熱水費	1,000						
	肥料費	1,000						
	農薬費	6,000						
	諸材料費	10,000						
2年目	肥料費, 農薬費, 資材費他	34,000	肥料, 農薬等	0		0		-1,650,000
3年目	肥料費, 農薬費, 資材費他	104,000	出荷資材含む	1,350	290	391,500	すべて直売	-1,362,500
4年目	肥料費, 農薬費, 資材費他	181,000	出荷資材含む	2,560	290	742,400	すべて直売	-801,100
5年目	肥料費, 農薬費, 資材費他	189,000	出荷資材含む	2,488	290	721,520	すべて直売	-268,580
6年目	肥料費, 農薬費, 資材費他	257,000	出荷資材含む	3,343	290	969,470	すべて直売	443,890
累計		2,381,000		9,741		2,824,890		

^z 支持支柱, 棚資材, 施工費, 苗等は単価により変動あり。

^y 試験結果に基づく数値。樹間1.5m, 列間4mのJV字樹形。

^x 効率的かつ安定的な農業経営の基本的指標(営農類型)「リンゴわい化+ジョイント」単価より。

- ・累計収支は, 定植6年目で443千円の黒字となる(表4)。

V ジョイントV字樹形の具体的な効果

◆作業の省力化，軽労化

・薬剤防除は慣行より散布量を30%削減しても病害虫発生率に慣行との差がなく，十分な防除効果が得られるため，作業時間の短縮と薬剤費を抑えることができる(表5)。

表5 薬剤散布量の削減が主要病害虫の発生率に与える影響

区		発病葉率(%)		発病果率 (%)	虫害果率 (%)
樹形	散布量	斑点落葉病	褐斑病		
JV字樹	30%削減	17.5	0.1	0.7	2.7
立木樹	慣行	22.9	0.1	1.3	4.5
有意差		ns			

※発病葉率は目通りの新梢20本(1ユニット当たり)を10月下旬～11月上旬に調査した。

※発病果率はすす斑(点)病，虫害果率はシンクイムシ類，カメムシ類について11月下旬に収穫果実を調査した。

※有意差はアークサイン変換後にt検定を行い，nsは有意差なし。

・JV樹は樹高が低く，列状密植となっていることから作業動線が直線的(図31)で，全ての主要作業時間が立木樹に比べて短縮される(表3)。

・JV樹では結果部位が面的となるため，摘果や収穫の際にも無理な姿勢での作業が少ない(データ略)。



図31 JV樹と立木樹のせん定作業における動線の違い

◆早期多収

・JV樹では定植3年目から1tを超える収量が得られ，定植6年目でわい化栽培並みの収量3.5t/10a程度を確保することができる(図32)。

・定植9年目から夏季摘心を省略したことで，定植10年目以降は4.5t/10a以上の収量が得られている。

・果実品質はJV樹，立木樹との間に差はない(データ略)。

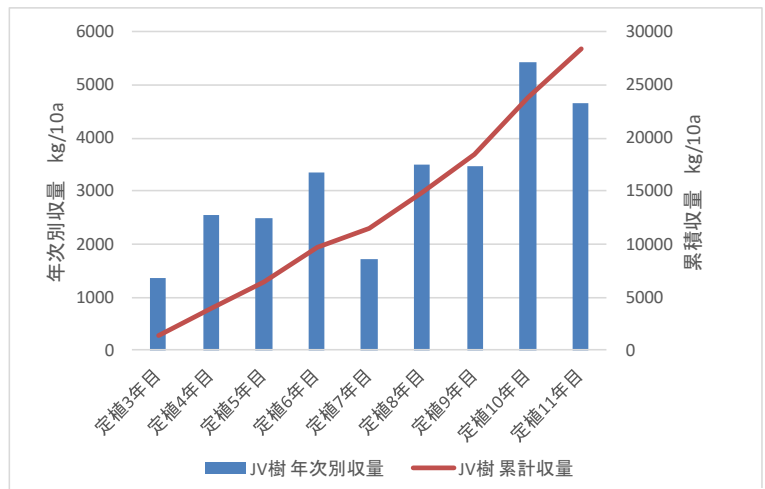


図32 JV樹の定植後年数と収量推移

VI ジョイントV樹形の他品種への適応性

◆‘ふじ’以外の品種への適応性

‘ふじ’は一般に新梢の発生数が多く伸びやすいため、JV樹として導入する品種としては、難しいほうに分類されると考えられる。一方で‘サワールージュ’や‘はるか’のような短果枝の着生が良好な品種は、特別な技術がなくとも側枝間隔が適正に維持しやすいと考えられるため、平成30年から‘はるか’、‘こうとく’、‘ぐんま名月’のJV樹としての適応性を検討している。令和2年は定植3年目となるため結実をスタートさせたことから、得られたデータを参考として掲載する(表6)。

これらの品種は側枝特性が‘ふじ’と異なり、最適な側枝本数や枝梢管理の基準が不明であることから、今後の研究の中で明らかにする計画である。

なお、令和2年は、‘ぐんま名月’はイノシシによる食害のためほとんど収穫できなかった。JV樹は主枝高が70~80cmと低いため、側枝下部の果実は食害を受けやすく、またイノシシが樹体に脚をかけたことから側枝候補枝などが折られる被害も発生した。イノシシの発生地域でJV樹形を導入する場合は、電気柵を設置するなどの対策が必須と考えられる。

表6 定植3年目の品種別収量

品種	ユニット ^z 当たり 収量(kg)	10a当たり ^y 収量(kg)	1m当たり 側枝数(m)	1側枝当たり着 果数(個)
ふじ	30	810	8.2	1.7
はるか	33	887	9.5	1.8
こうとく	30	801	8.5	2.2
ぐんま名月 ^x	4	101	7.2	0.2

z: ユニット構成: 樹間1.5m×5本

y: 27ユニットとして試算

x: 獣害のため減収



図33 定植3年目‘はるか’の着果状況



図34 定植3年目‘こうとく’の着果状況

VI 参考資料

◆作業の無人化へ向けて

今回のプロジェクトでは、ジョイントV字樹形をリンゴ、ナシ、西洋ナシに導入して作業の無人化の可能性について検討してきた。具体的には、樹列を検知して無人走行が可能な自動走行車両に防除機、草刈機、コンテナシステム搭載の収穫ロボットを連結し、実用性や作業精度などを確認したので、現状を紹介する。

・自動走行防除機

自動走行車両とCAN通信によってコック開閉や送風機のON/OFF、圧力の段階調整が可能となっている。薬剤調合作業は人が行うが、散布は無人で行うことが可能である(図35)。



図35 自動走行防除機

・自動走行草刈機

自動走行車両とCAN通信によってエンジン始動停止や草刈り部の昇降などの制御が可能となっている。乗用幹周草刈機がベースであることから、幹周の刈取りもできるため、樹冠下を背負い式草刈機等で刈り取る必要がない(図36)。



図36 自動走行草刈機

・収穫ロボット

スライド機構を有した2アーム式の収穫ロボットと自動走行車両に設置されたコンテナシステムが連動して収穫できる。‘ふじ’のJV樹で行った試験では、収穫精度は90%以上であった(図37)。

これらの作業機械を導入することにより、年間の作業時間は約50%削減できると試算された。現時点で機械の市販化は未定であるが、今後普及モデルが市販化されれば、作業の無人化により果樹栽培の大幅な省力化や大規模化が可能になるものと考えられる。



図37 収穫ロボット



本マニュアルは、農林水産省革新的技術開発・緊急展開事業(うち人工知能未来農業創造プロジェクト)「果樹生産の大幅な省力化に向けた作業用機械の自動化・ロボット化と機械化樹形の開発(平成29年度～令和2年度)」の研究結果をもとに作成しました。

発行年月 令和3年3月
印刷・発行 宮城県農業・園芸総合研究所
〒981-1243 宮城県名取市高館川上字東金剛寺1
TEL022-383-8134
E-mail marc-ff@pref.miyagi.lg.jp