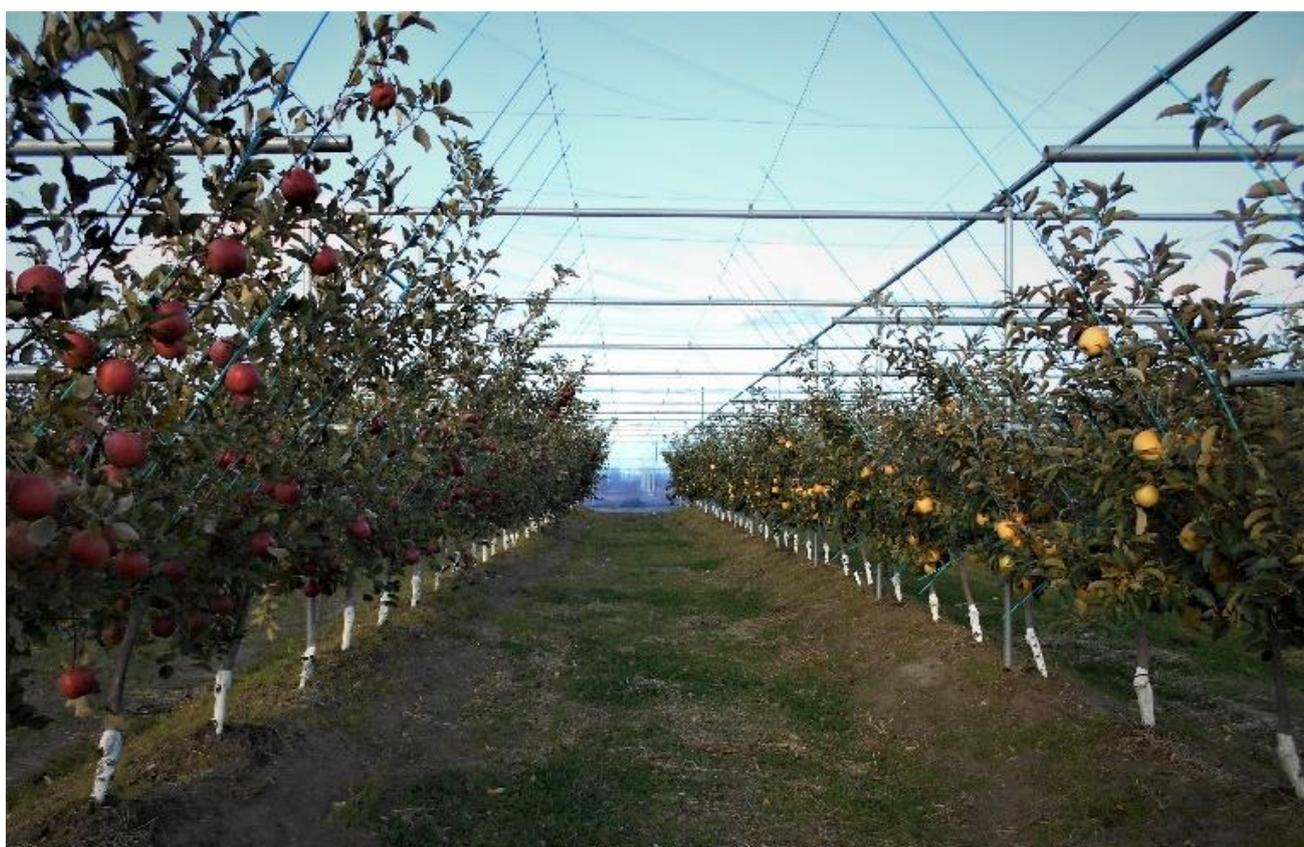


スマート農業実証プロジェクト

企業による直売型果樹園経営における スマート農業生産体系の実証

技術事例集



企業経営スマート果樹農業コンソーシアム

はじめに

我が国の果樹生産では十分な労働力の確保が困難となってきたことが指摘されています。このような状況のなかで果樹生産を維持・拡大していくためには規模拡大と法人化等による企業経営が有効と考えられます。

企業経営による果樹生産では、経営体の収益性を確保することが極めて重要となります。収益性を確保するためには、単位面積あたりの収量や単位収量当たりの単価を上げ、経費を下げる必要があります。これらのために期待されているのがスマート農業です。

そこで、スマート農業実証プロジェクト「企業による直売型果樹園経営におけるスマート農業生産体系の実証」（2019、2020年度）において、省力樹形のリンゴ・ニホンナシ・ブドウを対象に、単位収量あたりの販売収入1.6倍、栽培管理時間3割削減を目標に設定し、スマート農機やICT生育予測技術を投入し、これらの最適な活用方法やメリットを明らかにするため本実証に取り組みました。

ここでは2年間の実証試験を通して明らかにされた、スマート農機活用による生産管理の効率化や省力効果、収益に及ぼす影響、開発したICT生育予測技術等について紹介します。

実証を行った圃場は、2020年に定植4年目となり、本格的に結実を開始させてから2年目を迎えました。今後時間が経過するにつれて、収量はさらに増加し、スマート農機も一層活用されるようになれば、生産効率も更に上がっていくと考えられます。

本資料が今後果樹農業への参入を考えておられる企業関係者や省力樹形による一層の効率化を目指しておられる生産者に活用していただけることを期待しております。

令和3年3月

企業経営スマート果樹農業コンソーシアム

免責事項

- ・ 農研機構は、利用者が本技術事例集に記載された技術を利用したこと、あるいは技術を利用できないことによる結果について、一切責任を負いません。
- ・ 本技術事例集に記載された各種データは、実証園において得られたデータであり、地域や条件等により異なる場合があることにご留意ください。
- ・ 製品の取り扱いにあたっては、製品に付属するメーカーの取り扱い説明書に準拠して使用してください。

著作権等に関する事項

- ・ 本技術事例集に記載されている内容は、私的利用または引用など著作権法上認められた場合を除き、無断で転載、複製、放送、販売などの利用をすることはできません。

目次

1. 実証圃場の紹介	1
2. 実証圃場に導入したスマート農機について	2
3. 省力樹形の特徴と利点	5
4. ICT を活用した生育予測技術の紹介	7
5. 販売方法が消費者行動に与える影響について	8
6. 企業による大規模な直売型果樹園経営の経営計画モデルの紹介	10

1. 実証圃場の紹介

実証圃場は仙台ターミナルビル株式会社が、せんだい農業園芸センター内で経営する果樹園の中にあります。仙台市内にあるこの果樹園では都市近郊という立地条件を活かし、直売所での販売や摘み採り体験などを行っています。果樹園では多くの品目を扱っていますが、実証はリンゴ、ニホンナシ、ブドウの3品目に絞って行いました。これらの品目の実証開始時の面積は約0.9haでしたが、2020年度は新しい圃場の開園を目指し4.5haに拡大中です。

徹底的な省力化を目指した実証園では、リンゴとニホンナシはジョイントV字トレリス樹形（図1）、ブドウは短梢せん定（図2）で栽培しています。これらの樹形は作業動線が直線的で剪定作業がシンプルであり、結実までの年月が短いなどの利点があります。また摘み取りやすい高さに果実がなる樹形であるため、摘み採り体験の顧客を持つ観光農園としても有利です。

さらに、これらの樹はブロックごとに管理されているため、それぞれのブロックの栽培管理履歴と果実品質から一年間の栽培管理を見直し、反省点を活かしてより高品質な果実を生産するための栽培指針も作成することができます。

また企業経営の果樹園では雇用労働力を活用しているため、人員配置を計画的に行うことが必要とされます。特に授粉や収穫は短期間に作業が集中するため、これらの作業が発生する時期を予測できれば、計画的な人員配置や販売・摘み取りが可能な時期を顧客に告知することも可能となります。ジョイントV字樹形とスマート農機に加え、生育予測技術を開発して運用すれば、経営の無駄を省きつつ省力化・効率化が図れると考えられます。



図1 ジョイントV字トレリス樹形のリンゴ（左）とニホンナシ（右）



図2 ブドウ短梢せん定栽培

2. 実証圃場に導入したスマート農機および技術について

本実証ではスマート農機として、追従式農作業支援ロボット台車（以下ロボット台車）、パワーアシストスーツ、リモコン式草刈り機、非破壊選果機を導入しました。また、経営・栽培管理システムも活用し、各種生産管理作業に要する時間等も随時記録しました。さらに、生育予測技術も開発しました。表1は、本実証で用いたスマート農機・技術と開発した技術と、その用途についてまとめたものです。

表1 実証圃場で活用したスマート農機および開発した技術とその用途

スマート農機・技術					
ロボット台車	パワーアシストスーツ	リモコン式草刈り機	非破壊選果機	経営・栽培管理システム	生育予測
収穫補助	重量物運搬補助	除草	選果	栽培管理履歴の記録	開花期予測
せん定枝収集補助			果実品質の見える化	栽培管理履歴の見える化	収穫期予測
除草剤散布				栽培指針作成補助	
重量物運搬補助					

次に、スマート農機について説明します。

① 農作業支援ロボット台車（アイ・イート㈱）

農作業支援ロボット台車（以下ロボット台車）は作業者を自動追従する機能を付与することが可能です。本実証では果実の選りもぎと除草剤散布に追従機能を活用しました。せん定枝収集はリモコン操作によりロボット台車とレーキモジュールを動かして行いました。果実運搬場面ではコンテナモジュール（図1）、除草剤散布時には噴霧装置アタッチメント（図2）、せん定枝回収時には枝回収用レーキモジュール（図3）を利用します。ロボット台車の活用により、単位収量あたりの選りもぎ収穫の時間は約15%、単位面積当たりのせん定枝回収時間、除草剤散布時間はともに約50%削減できました。



図1 コンテナモジュール使用時



図2 噴霧装置アタッチメント使用時



図3 枝回収レーキモジュール使用時

② パワーアシストスーツ（㈱イノフィス）

パワーアシストスーツ（図4）は果実や植付資材の運搬や取り扱い時の負担を軽減する目的で導入しました。果実コンテナの運搬時（図5）や、植付作業で培土を入れる作業で腰の動きをサポートし、作業者の負担を軽減することがわかりました。



図4 パワーアシストスーツ



図5 パワーアシストスーツ使用時の様子

③ リモコン式草刈り機（smamo・㈱ササキコーポレーション）

観光農園は景観の美化に力を入れているため、除草の頻度が高くなります。これまで除草は熟練従業員が乗用モアや刈払い機により行っていましたが、リモコン式草刈り機の導入により、園内の除草作業は初心者従業員がこなせるようになりました。

導入した草刈機は取り扱いが容易で、オール電動式なためオイル交換等のメンテナンスも不要です（図8）。本機の活用により、熟練従業員は果樹の栽培管理作業の質を向上させることに注力できるようになりました。



図6 除草中の様子（後方より撮影）

④ 非破壊選果機（QSCOPE-SELECTOR・三井金属計測機工株）

収穫後の果実は選果を行い、大きさや品質を指標にランク分けをします。非破壊選果機（図7）はリンゴとニホンナシの重量、糖度やみつ入りなどの内部品質を瞬時に判断してランク分けします。本機種は1時間あたり最大で10,800個の果実の選果が可能です。

実証圃場は、ブロック単位で生産管理を行っていますが、ブロックごとの果実品質圃場の栽培管理の履歴は食・農クラウド Akisai に記録しているため、栽培管理履歴と果実品質を照らし合わせれば、いつものどのような管理が果実品質に影響が大きいかが一目瞭然です。

このように非破壊選果機で得られた選果データは栽培管理にフィードバックすることで有効活用が可能となります。

果実の糖度やリンゴのみつ入りといった情報は、果実に付加価値をつける要素となりますが、これらの情報は果実を品質保証して販売する際にも役立てることができます。



図7 非破壊選果機

⑤ 経営・栽培管理システム（食農クラウド Akisai・富士通株式会社）

生産管理は果実品質に影響を及ぼします。経営・栽培管理システムは日々の生産管理の種類とそれにかかった時間の記録や栽培指針の作成が可能です。

Akisai に記録した生産管理の情報はパソコン画面で見える化できるため、④の非破壊選果機で得られた果実品質データを栽培指針にフィードバックすれば、翌年さらに高品質な果実を生産するための栽培指針が作成できます。

（農研機構果樹茶業研究部門）

3. 省力樹形の特性と利点

本実証では、リンゴとニホンナシはジョイントV字樹形で、ブドウは短梢せん定で栽培している樹を用いました。実証圃場のジョイントV字樹は、地上高80~100cmの位置で水平に誘引した苗木の先端部を隣接樹の基部と接ぎ木（ジョイント）し、側枝を斜め上方に誘引して列状密植樹形を構成しています。このため、動線が直線的となり、摘果や収穫等の人為的な作業だけではなく、薬剤散布や草刈り等の機械作業も一定方向の移動で完結します。高度な技術を必要とするせん定は、規則化できるので、果樹栽培の浅い方でも行うことができます。

○ リンゴのジョイントV字トレリス樹形

リンゴのジョイントV字トレリス樹形は、宮城県農業・園芸総合研究所において、神奈川県農業技術センターにより開発されたナシのジョイント仕立ての研究成果をリンゴに応用したものです。従来の立木樹と比べて、年間作業時間は約3割削減が可能です。また、早期多収に適した樹形で、2年生苗木定植後3年目の10a当たり換算収量が1,200~1,400kg（立木樹：約600kg）を確保可能です（門間ら、2014）。実証圃場では定植4年目で、リンゴ「はるか」の収量約4tを達成しています（表1）。

○ ニホンナシのジョイントV字トレリス樹形

ニホンナシのジョイントV字トレリス樹形は神奈川県農業技術センターにおいて、ジョイント栽培を発展させた樹形として研究開発が進められてきました。「豊水」の予備摘果試験において、ジョイントV字トレリス樹形では4本主枝栽培と比較して26%作業時間が削減されるだけでなく、4本主枝では上向き姿勢が継続するのに対し、ジョイントV字トレリス樹形では上下に顔を動かし、同一の姿勢が継続しないため楽であり、軽労化が図られることが示されています。また4本主枝と比べ、収穫作業では12%、冬季のせん定・誘引作業では73%短縮することが示されており（柴田ら、2016）、10aあたりの摘蕾作業は32%、授粉作業は18%削減されています（柴田ら、2017）。図1は実証圃場の「あきづき」です。実証圃場におけるジョイントV字トレリス樹形ニホンナシの収量性については、4年生の「幸水」で約2.4t/10aでした（表1）。令和元年度果樹生産出荷統計（農林水産省）によると、10aあたり収量は、約1.9t/10aであるため、4年目ですでに平均を上回る収量を得られたこととなります。成園となる6年生時には、4t/10aの収量を見込んでいます。

表1 実証圃場における単位面積あたりの収量（kg/10a）

	3年生	4年生
リンゴ（はるか）	3280	4122
ニホンナシ（幸水）	1794	2375
ニホンナシ（あきづき）	2256	1871

参考：農林水産省「令和元年度果樹生産出荷統計」10aあたり収量（全国）ニホンナシ1890kg、リンゴ（ふじ）1950kg



図1 ジョイントV字トレリス樹形の
「あきづき」(4年生)

引用文献

門間豊資・菊地秀喜・池田裕章・柴田昌人、2014. 低樹高と早期多収を可能とするリンゴ樹体ジョイント栽培、東北農業研究第67号、p85-86

柴田ら、2016. ニホンナシジョイントV字トレリス樹形の省力性. 園学研. 15(別1): 275

柴田ら、2017. . ニホンナシジョイントV字樹形の果実品質特性と省力性. 園学研. 16(別1): 93.

(宮城農園研・農研機構果樹茶業研究部門)

4. ICT を活用した生育予測技術の紹介

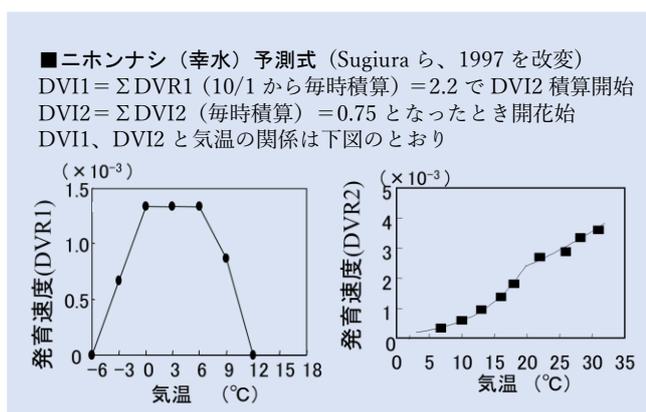
気温を基にしたニホンナシ、リンゴの開花、収穫予測技術、気温・日射量を基にしたブドウの開花予測技術を宮城県において開発しました。予測技術を利用した場合は、利用しない場合（対象地点の平年値による予測）より、いずれも予測精度は2～3日向上しました。

予測技術の実用性を明らかにするため、今回開発したモデルに、仙台市における向こう4週間の気象庁気温予測値等を適用して、2020年度の生育予測をリアルタイムで行い、実証園と宮城農園研（ともに仙台市周辺）での実測値と比較しました。ニホンナシ（幸水）の開花始は、平年よりかなり早期化しましたが、約6週間前（第1報）において、誤差±1日で予測できました（表3）。予測技術を利用しない場合（平年値による予測）の誤差は+5～+7日、サクラの満開日から推定した予測の誤差は-7～-9日であり、今回開発した予測モデルを用いた方が予測精度は大幅に高くなりました。

表3 仙台市周辺におけるニホンナシ(幸水)開花始の予測(2020年)

	計算日	開花始	平年差
平年（宮城農園研）		4月24日	—
第1報	3月2日	4月18日	-6
第2報	3月9日	4月17日	-7
第3報	3月17日	4月14日	-10
第4報	3月23日	4月15日	-9
第5報	3月30日	4月16日	-8
第6報	4月7日	4月16日	-8
第7報	4月10日	4月17日	-7
第8報	4月14日	4月17日	-7
実測（宮城農園研）		4月19日	-5
実測（実証圃）		4月17日	-7

計算日：予測の計算を行った日



引用文献 Sugiura, T. and H. Honjo. 1997. A dynamic model for predicting the flowering date developed using an endodormancy break model and a flower bud development model in Japanese pear. Journal of Agricultural Meteorology 52, 897-900.

（農研機構果樹茶業研究部門）

5. 販売方法が消費者行動に与える影響について

本実証プロジェクトでは、非破壊選果機の導入により、果実の内部品質（糖度、蜜入り）と内部障害を選果時に識別することができるようになりました。糖度と蜜入りは、果実の販売時にパッケージに表示することで、高品質な果実であることを消費者に情報提供することが可能となり、果実の販売単価を向上させることが期待されます。そこで、①実証経営体における果実の販売単価の向上効果と、②果実の糖度や蜜入りの表示に対する消費者評価を明らかにしました。

① 販売単価の向上効果

実証経営体が運営するせんだい農業園芸センター内の直売所で販売されているリンゴとナシの販売単価について、実証プロジェクトの実施前と実施2年目を比べた結果、それぞれ1.6倍、1.5倍販売単価を向上することができました（図12）。

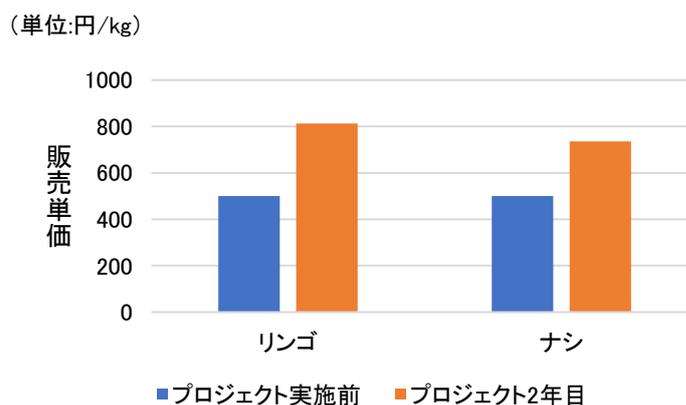


図12 リンゴとナシの販売単価の推移

注：品種はリンゴがはるか、ナシはあきづきです。

② 内部品質に対する消費者評価

リンゴの内部品質（糖度と蜜入り）に対する消費者評価を明らかにするために、せんだい農業園芸センター来園者を対象に、質問紙調査を実施しました。その結果、糖度と蜜入りは消費者から肯定的な評価を得ていることがわかりました（図13）。さらに、女性やリンゴの摘み取り体験の経験者ほどそれらの評価が高くなることが明らかになりました（水木ら、2021）。

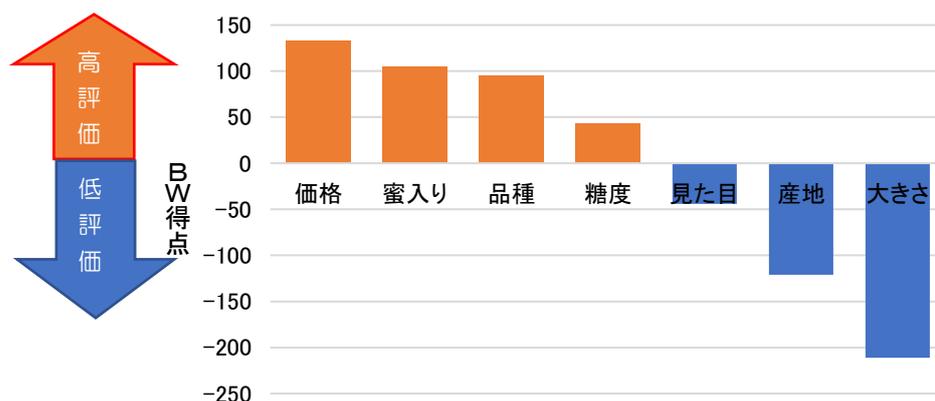


図13 リンゴの属性に対する消費者評価

注：縦軸のBW得点とは、各属性について『「最も重視する」と回答した数』から『「最も重視しない」と回答した数』を引いた値を示します。BW得点が高いほど、回答者からの評価が相対的に高いことを意味します。

引用文献

水木麻人・川島滋和・伊藤房雄（2021）「Best-Worst Scaling によるリンゴの属性に対する消費者評価—せんだい農業園芸センター来園者を対象として—」『農業経済研究』93巻1号、印刷中

（東北大学）

6. 企業による大規模な直売型果樹園経営の経営計画モデルの紹介

農業経営では、経営者の経験や勘のみに頼るのではなく、線形計画法と言われる数理モデルを用いて作付計画を立て、経営資源（農地、労働力等）の有効活用を図っています。本事業は、企業による大規模直売型果樹園経営ということもあり、食・農クラウド Akisai から得られたデータを基に、作付計画と販売計画を合わせた経営モデルを作成しました。以下は経営モデルから明らかになったことです。

① 販売計画と収益の関係

摘み取り体験による販売の長所は、単価の向上と収穫・調製等に関わる労働力の削減です。摘み取り体験による販売比率を高めるほど、企業としての利益は増大します。また、市場出荷を想定した場合、価格の低下に加え、運搬費や手数料が発生し、利益を大幅に減少させます。大規模な観光果樹園を実現させるためには、摘み取り体験での販売を増やし、収穫・調製・出荷の労働ピークを軽減することが不可欠です。そのためにも、観光業や食育（教育）等との連携を模索し、摘み取り体験の一層の販売力強化が必要です。

② 雇用労働、研修、作業マニュアルの策定

果樹経営の特徴は、「受粉・摘果」、「収穫・調製等」に労働が集中することです。大規模経営の場合、労働力の平準化を図ったとしても、「受粉・摘果」「収穫・調製等」に一定の短期雇用労働は必要です。本プロジェクトにおいても、5月、6月、9月には短期雇用労働の必要性が示唆されました。企業経営として安全かつ効果的に短期雇用労働を活用するために、研修内容、作業マニュアルの策定等を準備しておく必要があります。

③ 大規模果樹園経営による固定費比率の低下

大規模果樹園経営は、果樹園や直売所等の整備のために大きな投資を必要とします。これら固定費は、減価償却費という形で長い期間をかけて返済してきます。本事業では、作付面積の拡大、単価の向上、面積あたりの収量の増加を図り、販売金額に対する固定費比率を低下させ、より安定的な経営を実現しています。

直売型果樹園経営モデル作成のために必要なデータ

【経営規模に関するデータ】 経営規模に応じて設定	【Akisai から得られるデータ】 品目、品種ごとに計算
月別可能労働時間（例、8人×8時間×23日=1472時間）	10aあたりの費用（種苗費、農薬費等）
作付可能面積（例、4.5ha）	10aあたりの販売数量（収量、商品化率から算出）
月別パート労働時間（例、2人×8時間×23日=368時間）	10aあたりの販売単価

※上記のデータを基に単体表を作成し、線形計画モデルを作成します。単体表から線形計画法を用いて営農計画を行う詳細については、大石（2006）を参照ください。

引用文献

大石 亘（2006）「営農計画のための線形計画プログラム XLP」『農業情報研究』15（3）319-330.

（宮城大学）

企業経営スマート果樹農業コンソーシアム 構成員

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 果樹茶業研究部門
宮城県農業・園芸総合研究所
東北大学
宮城大学
仙台ターミナルビル株式会社

問い合わせ先

(国研) 農業・食品産業技術総合研究機構 果樹茶業研究部門
茨城県つくば市藤本 2-1 TEL : 029-838-6416 (代表)
E-mail: NIFTS_inq@naro.affrc.go.jp

本技術事例集は、農林水産省「スマート農業実証プロジェクト」の支援を受けて実施した実証結果をもとに作成しました。

発行：2021年3月