

リンゴ「秋映」の葉とらず栽培の優位性ならびに果実の「柔さ」に関する品質要因について

| | |
|-------|----------------|
| 誌名 | 日本食品保蔵科学会誌 |
| ISSN | 13441213 |
| 著者名 | 深井,洋一 佐久間,淳 |
| 発行元 | 日本食品保蔵科学会 |
| 巻/号 | 43巻3号 |
| 掲載ページ | p. 119-122 |
| 発行年月 | 2017年5月 |

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



リンゴ‘秋映’の葉とらず栽培の優位性ならびに 果実の「柔さ」に関する品質要因について

深井 洋一^{*1†§}・佐久間 淳^{*2}

*1 元一般社団法人長野県農村工業研究所

† 現所属：(株)クルークダイニング

*2 京都工芸繊維大学繊維学系

The Advantage of Cultivation without Leaf-Pluck and the Factors Affecting the “Softness” of Apples of ‘AKIBAE’

FUKAI Yoichi^{*1†§} and SAKUMA Atsushi^{*2}

*1 Agricultural Technology Institute of Nagano Farmers' Federation, 787-1 Suzaka, Suzaka, Nagano 382-0084

† Cloocdining Co., Ltd., 670-5, Toyooka, Suzaka, Nagano 382-0021

*2 Division of Textile Science, Kyoto Institute of Technology, Matsugasaki, Sakyo-ku, Kyoto 606-8585

Cultivation of apples of ‘AKIBAE’ without leaf-pluck is suggested to be significantly different from the traditional cultivation methods and thought to reduce labor hours.

Cultivation without leaf-pluck resulted in higher sugar content (without Shadow light Brix), and improved the fruit quality, as determined using non-destructive analytical techniques.

We found a strong correlation between the softness of the fruit and the starch index when adjusted for parameters such as fruit maturity, pH, acidity, and hardness. The pH and acidity were negatively correlated, while a positive correlation was observed between the hardness of inner flesh and outer softness. Thus, the hardness of inner flesh as a variable had a strong effect on the objective variable, outer softness.

(Received Aug. 25, 2016 ; Accepted Jan. 26, 2017)

Key words : apple, cultivation, softness, quality factor, physicochemical factor

リンゴ, 栽培, 柔さ, 品質要因, 物理化学的因子

近年では、農業生産者の高齢化と後継者不足が深刻な問題になっている。わが国を代表する果実であるリンゴにおいても、同様の問題を抱え、栽培管理として剪定、摘果、摘葉等の多くの作業を伴うため生産者の負担となっているのが現状である。栽培管理の省力化には、摘葉の効果である着色管理を省いた「葉とらずリンゴ」¹⁾の栽培が行われているが、葉陰により着色が劣ることから、外観を重視する現行の流通には適合し難いために、その生産は限定されたものになっている。しかし、2015年に環太平洋戦略的経済連携協定 (TPP) が合意され、果実およびその加工品についても他国との競争にさらされ

る現実に直面することになり、栽培過程において省力化・低コスト化が図られ、さらに食味品質が伴えば、競争力強化の栽培方法になる可能性を秘めている。

「葉とらずリンゴ」に関しては、栽培方法^{1)~3)}および市場性⁴⁾に関する調査報告がある。一方、慣行の摘葉処理について、摘葉時期やその程度がリンゴの果実品質に及ぼす影響を調べた多くの報告^{5)~8)}があるが、これらの中では「葉とらず」の影響も比較していることになる。

本調査では、長野県オリジナル品種のリンゴ3兄弟の中で、品種‘秋映’を供試し、同一圃場の中で慣行の摘葉栽培法と葉とらず栽培を設置して、作業時間の省力性

*1 〒382-0084 長野県須坂市大字須坂787-1

† 〒382-0021 長野県須坂市大字豊丘670-5

§ Corresponding author, E-mail: fukai@cloocdining.co.jp

*2 〒606-8585 京都府京都市左京区松ヶ崎御所海道町

を検証した。また野外での収穫場面での非破壊測定を想定して、既報⁹⁾と同様に、弾性係数・ヤング率という物理学理論による「柔さ」について、多数点(230果)に渡る調査を行い、硬度の関係および食味に関わる物理化学的因子を明らかにするとともに、「柔さ」からの果実品質の予測を検討したので報告する。

実験方法

1. 調査圃場

JAながの飯綱支所管内、飯綱町倉井の小林孝英氏所有の約30aの「秋映」のわい化樹(6年生)リンゴ園の中に、圃場として試験区の葉とらず栽培および慣行区(摘葉)の各3樹を設置した。

2. 調査方法

(1) 作業時間 慣行区の摘葉作業を平成27年9月16日および9月28日の2回実施し、試験区の葉とらず栽培では行わない作業時間を計測した。

(2) 果実の品質調査 平成27年10月8日に葉とらず栽培(試験区)および摘葉栽培(慣行区)を収穫した。非破壊調査は、各230果について果実重、着色指数は果実表面色カラーチャートにより、最淡色を1、最濃色を5として5段階で判定した。糖度(Brix)は非破壊糖度計(N-1、㈱メカトロニクス製)により、陽光面および陰光面を測定した。柔さは既報⁹⁾と同様に、柔さ計測装置(㈱堀内電機製作所製SoftMeasure・5Nタイプ)により果実の外周を測定した。

分析調査は、その内の試験区と慣行区の各10果について、デンプン指数はヨウ素溶液によるヨード・デンプン反応による染色の程度について、完全消失を1~完全染色を5として5段階で判定した。既報⁹⁾と同様に調製した果汁について、pHはpHメータ(㈱堀場製作所、F-52)、糖度はデジタル屈折計(㈱アタゴ、RX-5000α)、酸度は滴定酸度法により行った。硬度も既報⁹⁾と同様に、果実の外周および果肉断面(以下、果肉と表記)について、レオメータ(不動工業㈱: NRM-2010J-CW)により測定した。

各実験のデータは、平均値および標準偏差で示しチューデントのt検定を行った。無相関の検定および重回帰式はExcel統計解析アドインソフトを用いた。

実験結果および考察

1. 作業時間の省力性

作業時間の省力性を検証したところ、葉とらず栽培(試験区)は、葉摘み作業がなく、摘葉(慣行区)との間に有意差があり省力性を認めた。10a当たりで39時間余りの作業時間が省力されることがわかった(表1)。着色管理に要する時間の全国平均は63.2時間¹⁰⁾であり、本調査結果とは作業時間に差がある。これは普通樹と本調査のわい化樹の特性である、密植し樹高を低く仕立て、集約的に栽培することで作業効率を向上¹¹⁾させる栽培樹

法の違いに起因している。

リンゴの栽培管理のうち、着色管理としての摘葉は、年間栽培管理作業の20%以上を占め、収穫作業と並行するため生産者への負担が指摘¹²⁾されており、摘葉の省略は作業時間の省力性への効果は大きいことが示された。

摘葉における作業性は、摘葉時間(秒/枚/人)と1果当たりの摘葉数の間には高い負の相関($r = -0.908$)が明らかにされている⁹⁾。摘葉時期については、収穫前60日および40日が果実品質に悪影響を及ぼすのに対して、20日前は着色改善が図られ樹体への影響が少ないとする報告⁹⁾がある。また、近年では葉摘み作業の摘葉剤による代用の検討もされており、落葉後の葉果比を60にして着果量を制限することで、着色の良好な果実となり、労働時間が60%削減されるとしている¹²⁾。

2. 果実品質に及ぼす影響

葉とらず栽培は、非破壊測定において着色指数が低く、Brixは陽光面が高く陰光面が低い有意差を認めた(表2)。分析調査では陽光面および果汁のBrixが葉とらず栽培は有意に高く、酸度が低いことが示された(表3)。また、有意差を認めないが葉とらず栽培は、デンプン指数、硬度、柔さが低い傾向であった。葉とらず栽培は、Brixでは非破壊の陰光面が低くなったが、果汁におけるBrixが高いことから果実全体の糖度は高まること示唆された。これらの葉とらず栽培に認められた着色ムラおよび糖度の増加については栽培技術¹⁾、消費者評価⁴⁾の視点で符合する報告がある。

3. 相関性の検証

得られた分析結果について、その分析項目間の相関関係を調べるために、無相関を検討した(表4)。

正相関はデンプン指数-酸度、Brix陽光面-Brix果汁、酸度-硬度(外周・果肉)、果肉-柔さ、負相関はBrix陽光面-着色指数、pH-酸度、pH-硬度(外周・果肉)であった。特に熟度に関わるデンプン指数、pH、酸度、硬度、柔さにおいては有意差が顕著であり、pH-酸度の負相関、果肉硬度-柔さの正相関の相関係数が高かった。

既報⁹⁾では、長野県産リンゴの「シナノゴールド」を5か月間経時的に貯蔵して、果肉の硬度および柔さの高い相関(0.916, $p < 0.05$)を認めており、本調査結果と符合している。柔さについて表面部の果皮を押さえて果実内部の果肉の食感の情報が得られるのは、押込試験における圧子への試料からの反作用の力が試料内部の作用によって顕れるという作用・反作用の法則に起因していると推察¹³⁾している。

なお、表2および表3の柔さ測定値の標準偏差は、硬度と比べると高くなっている。このことについて、非破壊でモノの柔さを表す物性値であるヤング率(kPa)は、理論的には応力とひずみの比によって定義されるものであるが、荷重値で評価する硬度(kg)と比べて、微妙な食感を評価できる一方で、感度が高い故にバラつきが生

表1 慣行栽培の葉摘み作業時間

| 葉摘み | 作業時間 | 作業果数 | 作業効率 | 作業時間 | 備考 |
|-----|-------|------|-------|----------|-------|
| | (秒) | (個) | (秒/果) | (10a/時間) | |
| 1回目 | 1,451 | 230 | 6.3 | 21.0 | 9月16日 |
| 2回目 | 1,251 | 230 | 5.4 | 18.1 | 9月28日 |
| 計 | 2,702 | 460 | 5.9 | 39.2 | |

注) 脚立使用。

10 a 当たりの作業時間は果数を12,000として算出。

葉とらず栽培(試験区)では、葉摘み作業がない(0時間)。

作業時間の慣行区と試験区に有意差を認めた(p<0.05)。

表2 葉とらず栽培の果実品質に及ぼす影響(非破壊)

| 栽培区分 | 果実重(g) | 着色指数 | Brix | | 柔さ(kPa) | |
|------|--------|------|------|------|---------|--------|
| | | | 陽光 | 陰光 | | |
| 試験区 | 平均値 | 278 | 4.8 | 15.1 | 13.7 | 12,770 |
| | 標準偏差 | 26.7 | 0.5 | 1.5 | 1.4 | 4,095 |
| 慣行区 | 平均値 | 273 | 5.0 | 14.2 | 14.3 | 12,058 |
| | 標準偏差 | 41.5 | 0.1 | 1.6 | 1.3 | 3,962 |
| 有意差 | ns | ** | ** | ** | ** | ns |

注) ns: 有意差なし, *: p<0.05, **: p<0.01
n=230

表3 葉とらず栽培の果実品質に及ぼす影響

| 栽培区分 | 果実重(g) | 着色指数 | デンプン指数 | pH | Brix | | | 酸度(%) | 硬度(kg) | | 柔さ(kPa) | |
|------|--------|------|--------|-----|------|------|------|-------|--------|-----|---------|--------|
| | | | | | 陽光 | 陰光 | 果汁 | | 外周 | 果肉 | | |
| 試験区 | 平均値 | 282 | 4.8 | 1.9 | 3.5 | 14.8 | 12.8 | 14.6 | 0.45 | 7.7 | 8.5 | 11,300 |
| | 標準偏差 | 25.5 | 0.6 | 0.4 | 0.1 | 1.5 | 2.2 | 0.6 | 0 | 0.6 | 0.4 | 4,717 |
| 慣行区 | 平均値 | 291 | 5.0 | 2.1 | 3.5 | 13.7 | 13.6 | 13.8 | 0.49 | 7.8 | 8.6 | 13,177 |
| | 標準偏差 | 41.3 | 0.0 | 0.4 | 0.1 | 0.9 | 1.3 | 0.5 | 0.1 | 0.8 | 0.8 | 2,695 |
| 有意差 | ns | ns | ns | ns | * | ns | ** | * | ns | ns | ns | ns |

注) ns: 有意差なし, *: p<0.05, **: p<0.01
n=10

表4 相関関係

| 単相関 | 果実重 | 着色指数 | デンプン指数 | pH | 糖度 | | | 酸度 | 硬度 | |
|--------|--------|--------|---------|----------|----------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | | | | | 陽光 | 陰光 | 果汁 | | 外周 | 果肉 |
| 着色指数 | -0.256 | | | | | | | | | |
| デンプン指数 | 0.015 | -0.016 | | | | | | | | |
| pH | 0.257 | -0.114 | -0.363 | | | | | | | |
| Brix | 陽光 | -0.049 | -0.544* | 0.296 | -0.144 | | | | | |
| | 陰光 | -0.169 | 0.040 | -0.080 | 0.178 | -0.022 | | | | |
| | 果汁 | -0.228 | 0.159 | -0.128 | -0.033 | 0.528* | 0.027 | | | |
| 酸度 | -0.140 | -0.003 | 0.699** | -0.776** | 0.145 | -0.131 | -0.206 | | | |
| 硬度 | 外周 | 0.019 | 0.167 | 0.407 | -0.509* | 0.009 | -0.337 | -0.102 | 0.476* | |
| | 果肉 | -0.435 | -0.186 | 0.280 | -0.601** | 0.299 | -0.345 | -0.046 | 0.604** | 0.322 |
| 柔さ | -0.145 | -0.187 | -0.044 | -0.413 | 0.001 | -0.206 | -0.251 | 0.342 | 0.122 | 0.777** |

注) 無相関の検定 *: 5%, **: 1%
n=20

じている。一方の物理的に穴を開ける手法である果肉硬度は、測定値の安定性は高いが、相対的に感度が低く微妙な違いは表し難いといえる。両者は表4が示すように1%危険率で有意な相関(0.777, $p < 0.01$)を認めており、感度を抑えてバラつきの少ない柔さシステムの開発を課題としながらも、非破壊で測定できる柔さ計測システムの利用価値は大きいと判断している。

4. 柔さに関わる重回帰式

野外における収穫場面での活用を想定し、非破壊による柔さ計測からの果実品質との関係を明らかにするために、目的変数を柔さ(Y), 説明変数をその他の分析項目として、増減法により重回帰式を算出して検討した。

$$Y = 1.192 \text{ 果肉硬度} - 0.292 \text{ デンプン指数} \\ + 0.406 \text{ 果実重} - 0.243 \text{ Brix 陽光面} \\ + 0.245 \text{ Brix 陰光面} + 2.5E - 15 \\ (\text{重相関係数: } 0.911, p < 0.01)$$

重回帰式は、果肉硬度の関与が大きいことが示された。

リンゴの非破壊計測については、青森県ではリンゴ収穫適期の判断方法として、着色過程を定量的にとらえることによる簡易モニタリングシステムの指標化³⁾を葉とらず栽培も含めた圃場を設置して検討している。このことにより熟練した優秀な農業者のノウハウを情報通信技術により共有化することを目指している。また、岩手県では、葉とらずリンゴの非破壊選果機を利用した出荷対応方法として外観品質の3段階による選別基準設定²⁾の検討を行っている。

本調査に使用した圃場は南面の斜用地で受光に恵まれた立地である。日射量が高い樹では葉とらずの果実の糖度に及ぼす影響が大きいことも報告²⁾されている。また、藤田ら⁸⁾は、3年間‘ふじ’の同一樹で行った調査(各区30果)において、最初の2年間は、糖度および蜜入り程度で葉とらず栽培が摘葉と比べて有意に高くなるが、3年目では差異がないとする結果を示している。このように、葉とらずリンゴの食味品質には、地形や気象変動等による年次間差の影響を受けることも考慮すべき要因である。

要 約

リンゴの葉摘みを省略した外観にとらわれない葉とらず栽培により生産された‘秋映’について、作業時間の省力性を検証したところ、葉とらず栽培は、葉摘み作業がなく、慣行栽培との間に有意差があり省力性を認めた。果実の品質に及ぼす影響は、葉とらず栽培は、非破壊測定および分析調査から糖度が高い有意差(Brix陰光面を除く)を認める等、果実品質が向上する傾向がみられた。分析項目間の相関関係では、熟度に関わるデンプン指数、pH、酸度、硬度、柔さの相関が顕著であり、特にpH-酸度の負相関、果肉硬度-柔さの正相関の相関係数が高かった。非破壊による柔さを目的変数とする重回帰式を算出し、果肉硬度の関与が強いことを明らかにした。

謝 辞 本調査は、公益財団法人中央果実協会の平成27年度果実加工需要対応産地育成事業(加工専用果実生産支援事業)による成果の一部である。

本調査の遂行にあたり、ご助言並びにご協力を頂きました長野県果樹試験場、全農長野・生産販売部営業課、ながの農業協同組合・ながの北部アグリサポートセンター、リンゴ生産者・小林孝英氏の各位に感謝の意を表します。

文 献

- 1) 小野浩司：リンゴの「葉とらず栽培」における樹体構成法と樹相診断技術、農業および園芸, 82(2), 245~251 (2007)
- 2) 小野浩司・河田道子：葉とらずりんごにおける非破壊選果機利用技術、東北農業研究, 581, 153~154 (2005)
- 3) 加藤 幸・森奈緒子・佐藤江里子・土居良一・溝口勝・岸 知彦：簡易モニタリングシステムによるリンゴ収穫適期の判断方法、農業農村工学会大会講演会講演要旨集(福岡), pp.792~793 (2011)
- 4) 中村哲也・丸山敦史・矢野佑樹：葉取らず・無袋・有袋リンゴの消費者評価一色・糖度・価格についての比較分析一、共栄大学研究論集, 10, 63~79 (2012)
- 5) 鈴木 宏・久米靖穂・松井 巖：早期落葉がリンゴ樹の生育と果実品質に及ぼす影響、秋田県果樹試研究報告, 18, 1~14 (1987)
- 6) 増田哲男・中本陽一・藤澤弘幸・猪俣雄司・別所英男・工藤和典：リンゴ‘ふじ’の摘葉作業における作業性、園芸学雑誌, 73(別2), 314 (2004)
- 7) 大場誠司・菊地秀喜・千葉佳朗・佐藤 寛：摘葉時期がリンゴ「ふじ」の樹体生育と果実品質に及ぼす影響、園芸学会雑誌, 65(別2), 134~135 (1996)
- 8) 藤田知道：摘葉の有無および時期がリンゴ‘ふじ’の果実品質に及ぼす影響：園芸学研究, 13(別1), 263 (2014)
- 9) 深井洋一・佐久間淳：リンゴの貯蔵経過に伴う‘食感’「柔さ」の変動と関与する食味特性、日本食品保蔵科学会, 42, 197~200 (2016)
- 10) 農林水産省：平成19年品目別経営統計, 大臣官房統計部経営・構造統計課ホームページ (<http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/noukei/hinmoku/index.html>)
- 11) 松浦克彦：わい性台りんごの樹形改造が樹体生長および果実の収量と品質に及ぼす影響、兵庫県農技総七研報(農業), 57, 32~36 (2009)
- 12) 岩波 宏・守谷(田中)友紀・花田俊男・本多親子・和田雅人：リンゴにおける摘葉剤を用いた高品質果実の省力生産方法、園芸学研究, 15(1), 29~37 (2016)
- 13) 佐久間淳：食感の数値データ化のための触診メカニズムによる計測システム実用化、食品と容器, 55(11), 702~707 (2014)

(平成28年8月25日受付, 平成29年1月26日受理)