

## リンゴ樹における簡易樹冠評価法の開発と薬剤到達性評価<sup>†1</sup>

猪俣雄司<sup>†2</sup>・別所英男<sup>†2</sup>・工藤和典<sup>†3</sup>

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
果樹研究所省農薬リンゴ研究果樹サブチーム  
020-0123 岩手県盛岡市

### Development of the Simple Tree Canopy Evaluation Method and the Evaluation of Chemical Adhesive Property in Apple Trees

Yuji INOMATA, Hideo BESSHO and Kazunori KUDO

Apple Pest Control Research Subteam  
National Institute of Fruit Tree Science  
National Agriculture and Food Research Organization  
Morioka, Iwate 020-0123, Japan

#### Summary

A method was developed for the simple evaluation of tree canopies, and the relationship between leaf canopy density and chemical adhesive properties in apple trees was analyzed.

This simple tree canopy evaluation method uses a leaf canopy density rating value. This value is measured with the use of a sheet of plywood (length 90 cm × width 180 cm) on which twenty-eight red circles (diameter 20 cm, four circles × seven lines) are drawn. The rating board is across a farm road from an evaluator, who then gives a numerical value to the extent of each red circle that can be seen through the tree canopy.

Tree growth factors such as total leaf area per tree, total leaf area per planting area, relative luminous intensity under the tree canopy, total shoot length, and trunk girth were correlated with the leaf canopy rating value and chemical adhesive property of apple trees. The leaf canopy rating value was correlated with the chemical adhesive property.

It is thought that with this simple tree canopy evaluation method the chemical adhesive property in an apple orchard can be measured in a short time. It is also thought that a new tree form

---

<sup>†1</sup> 果樹研究所業績番号：1550

(2009年1月30日受付・2009年10月13日受理)

本研究の一部は平成19年度東北農業研究成果情報として公表した。

<sup>†2</sup> 現 果樹研究所企画管理部

<sup>†3</sup> 果樹研究所リンゴ研究チーム

training system with little drift can be developed with the use of this simple tree canopy evaluation method.

**Keywords:** apple, chemical adhesive property, simple tree canopy evaluation method, canopy

## 緒 言

わが国では、リンゴの台木として、普通台木であるマルバカイドウや M.26 をはじめとするわい性台木が広く普及している。これらの台木を利用した場合、樹の大きさが植栽時の想定よりも大きくなる事が多く、その程度には品種間差が見られる(福田ら, 1987; 稲川, 1997; 工藤, 1999)。この場合、樹冠内部や隣接樹との交差部位などが過繁茂状態になりやすいため、農薬散布時に十分な薬液が樹に到達しにくい。スピードスプレー(SS)の導入によって農薬散布量を多くしたり散布風量を大きくできるようになり樹への薬剤到達性を高めることが可能となった。しかし、このような散布方法では周辺部への薬液の飛散(ドリフト)量が多く(天野・桑原, 2007)、環境に対する影響が懸念されている。

2003年に農薬取締法および食品衛生法が改正され、農薬の登録や農薬散布時における周辺環境への配慮などが求められるようになった。2006年にはポジティブリスト制が導入され、さらに厳しい農薬残留値が設定された。

農薬残留基準の違反を生じないためには、農薬散布時において、隣接している他樹種等への農薬ドリフト量を極力減少させなければならない。そのため、農薬ドリフト量が少ない新しい栽培法を確立することが強く求められている。このためには、枝葉の混み具合と薬剤到達性の関係に関する数多くの試験データを得る必要があり、樹園地において短時間で簡易に測定できる評価法を確立することが重要となっている。

本報告では、リンゴ樹の枝葉の混み具合を短時間で簡易に測定できる評価法を新たに開発するとともに、その評価法を利用して、リンゴ樹における枝葉の混み具合と薬剤到達性との関係について検討した。

## 材料および方法

### 1. 供試材料

供試台木にはわい性台木の JM1 および JM7, 供試品種には‘ふじ’および‘旭’を用い、一般的な樹高の主幹

形(着果部位 3m 以下)または低樹高主幹形(着果部位 2m 以下)に整枝した樹を用いて試験を行った。台木、品種、整枝法の組み合わせは Table 1 および Fig. 1 に示した合計 5 つの組み合わせを設定し、15 樹(5 試験区 × 3 樹反復)から得られたデータから試験結果を解析した。

### 2. 簡易樹冠評価法の開発および枝葉の混み具合の程度を表す指標と葉群密度判定値の測定

簡易樹冠評価法として、葉群密度を短時間で簡易に測定することを目的にした葉群密度判定値(仮称)を用いる方法を新たに考案した。具体的には、最初に、Fig. 2 に示したような縦 90cm × 横 180cm のベニヤ板に直径 20cm の赤丸を 4 個 × 7 列の配列で合計 28 個を配置した葉群密度判定板(以下、このベニヤ板を葉群密度判定板と称す)を試作した。次に、樹の枝葉の混み具合を測定するため、測定者の反対側の作業道に葉群密度判定板を立て、測定者側から樹冠内部を通して見える赤丸の程度を達観調査により行った。本試験における赤丸の測定場所は、水平方向は、主幹から列方向に向かって両側にそれぞれ 20cm 毎に 7 カ所づつ、垂直方向は、地表面 60cm から上部に向かって 20cm 毎に 8 カ所とし、合計 112 個(7 ケ所 × 2 (両側) × 8 ケ所)の赤丸を調査した。なお、葉群密度判定値は、以下に記した判定基準に基づいて数値に転換し、その合計値とした。

- 判定基準値
- 0: 赤丸が全く見えない
  - 1: 赤丸の 0 ~ 1/4 が見える
  - 2: 赤丸の 1/4 ~ 2/4 が見える
  - 3: 赤丸の 2/4 ~ 4/4 が見える
  - 4: 赤丸が全部見える

次に、葉群密度判定値と従来の手法によって測定した枝葉の混み具合の程度を表す指標との関係について検討した。

枝葉の混み具合を表す指標として、樹冠容積 ( $m^3$ )、樹あたりの葉面積 ( $m^2$ )、植栽面積あたりの葉面積 ( $m^2$ )、樹冠下相対照度 (%), 総新しょう長 (cm), 幹周 (cm) を選定した。なお、試験は 2005 年と 2006 年に行った。

樹幹容積は、樹を円錐と仮定し、樹冠占有面積 (A) と樹高 (H) から円錐の公式  $AH/3$  で算出した。樹毎の

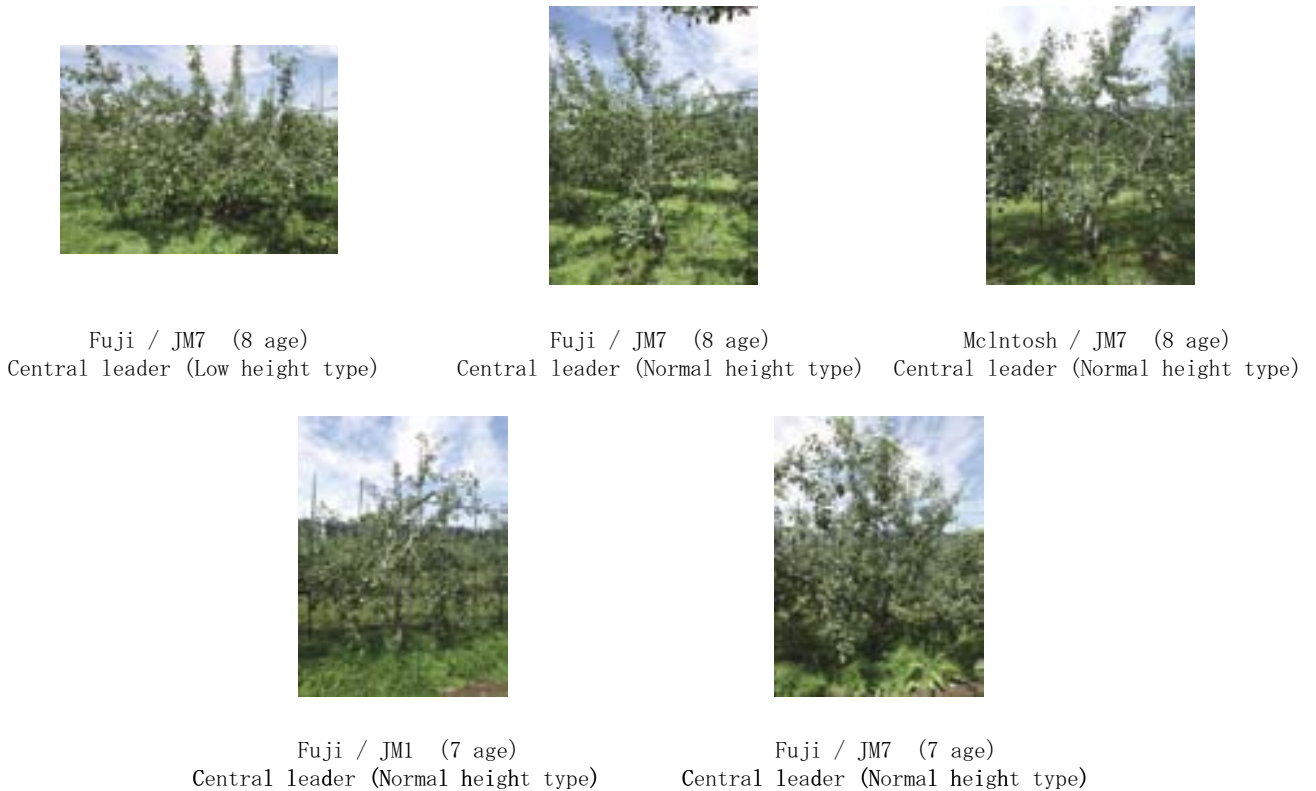


Fig.1. Figure of each treatment in a combination of scion cultivar, rootstock and training method.



Fig. 2. A plywood for a leaf canopy density rating value.

総葉面積は、樹毎に新しょう葉と新しょう以外の葉に分け、それぞれについて総葉枚数と平均個葉面積を乗じて推定した。樹冠下相対照度はオートリーフ（黄）（株）大成イーアンドエル社製 T-METER THS-470・20301-3N）を用いて測定し、 $b/a \times 100$ （a；樹冠外で測定したオートリーフ値，b；樹冠下で測定したオー

トリーフ値）の計算式から相対値を求めた。総新しょう長は全新しょうを、幹周は接ぎ木部上部の20cm部位を測定した。

### 3. 薬剤到達性の測定

薬剤到達性は、感水試験紙（（株）スプレーイング・システム・ジャパン社製）を用いて調査した（（社）日本植物防疫協会，2004）。Fig. 3 に示した樹冠内の21カ所（7カ所×地表面から50cm，150cm，250cmの3カ所）に感水試験紙を設置し、1カ所につき地表に対して垂直面と水平面の表裏（合計4面）を調査した。したがって、1樹につき合計84枚の感水試験紙（21カ所×4枚/1カ所）からデータが得られたことになる。試験にあたっては、SSを用いて薬剤の代わりに井戸水を散布した。感水試験紙に水が到達した場合、Fig. 4 に示したように到達部分の色が黄色から青色に変化する。そこで、感水試験紙における到達程度と変色程度を達観により調査した。判定基準は、0（到達無し）～10（全面到達）の11段階とし、84枚の感水試験紙の判定値

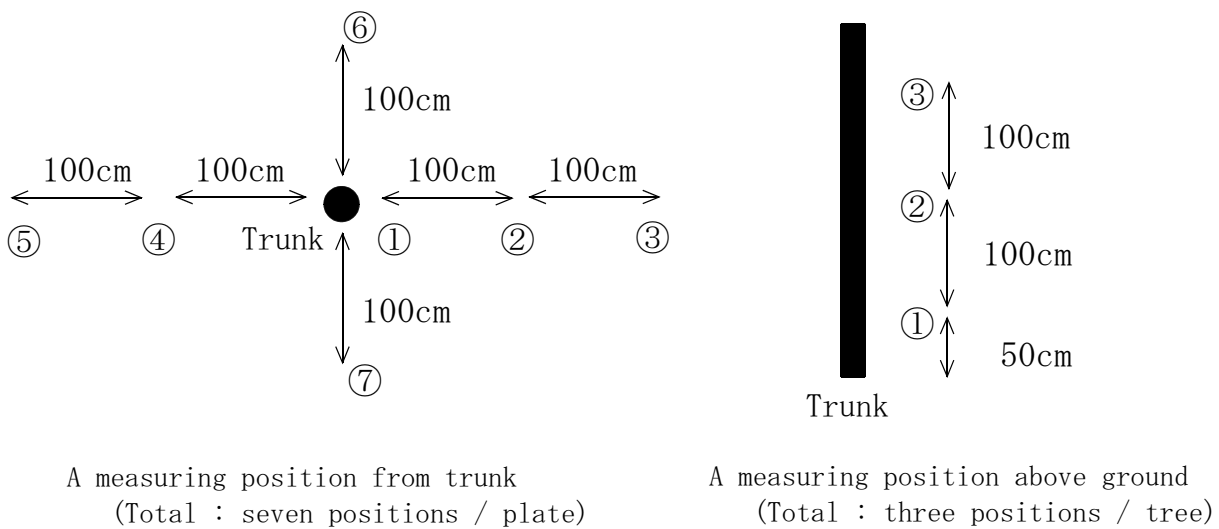


Fig. 3. A measuring position of chemical adhesive properties in apple tree.



Before spraying treatment  
(Color is yellow)



After spraying treatment  
(Color of watering position  
change from yellow to blue)

Fig. 4. Water-sensitive paper.

合計を樹に対する薬剤到達性値とした。試験は2005年と2006年に行った。

## 結果および考察

### 1. 簡易樹冠測定法の開発および枝葉の混み具合と葉群密度判定値の関係

果樹における枝葉の混み具合を測定する方法として、樹冠の容積や葉数などを調査すること（今ら, 1976）が最も正確であるが、調査に長時間を必要とし、労力的にも困難をとまなう（平野, 1972；Kikuchi, 1974）。キャノピーアナライザー（渡辺ら, 1997）などの測定機器の利用や広角レンズなどで撮影した写真から解析す

る方法（山本・伊藤, 1996）などでは、解析精度は高いものの、労力、費用面や測定方法習得などの面から、樹園地において短時間で簡易には測定できない。多くの試験データを収集するためには、測定精度がある程度低下しても、短時間で簡易に測定できる方法を開発することが重要である。

本試験では、リンゴ樹の簡易樹冠評価法として葉群密度判定値を利用した方法を考案した。この方法を用いた場合、実際に圃場で費やした調査時間は1樹あたり10分以下だった（データ省略）。そのため、枝葉の混み具合を推定することを目的として、圃場において数多くの試験データを短時間で簡易に得ることは可能と考えられた。

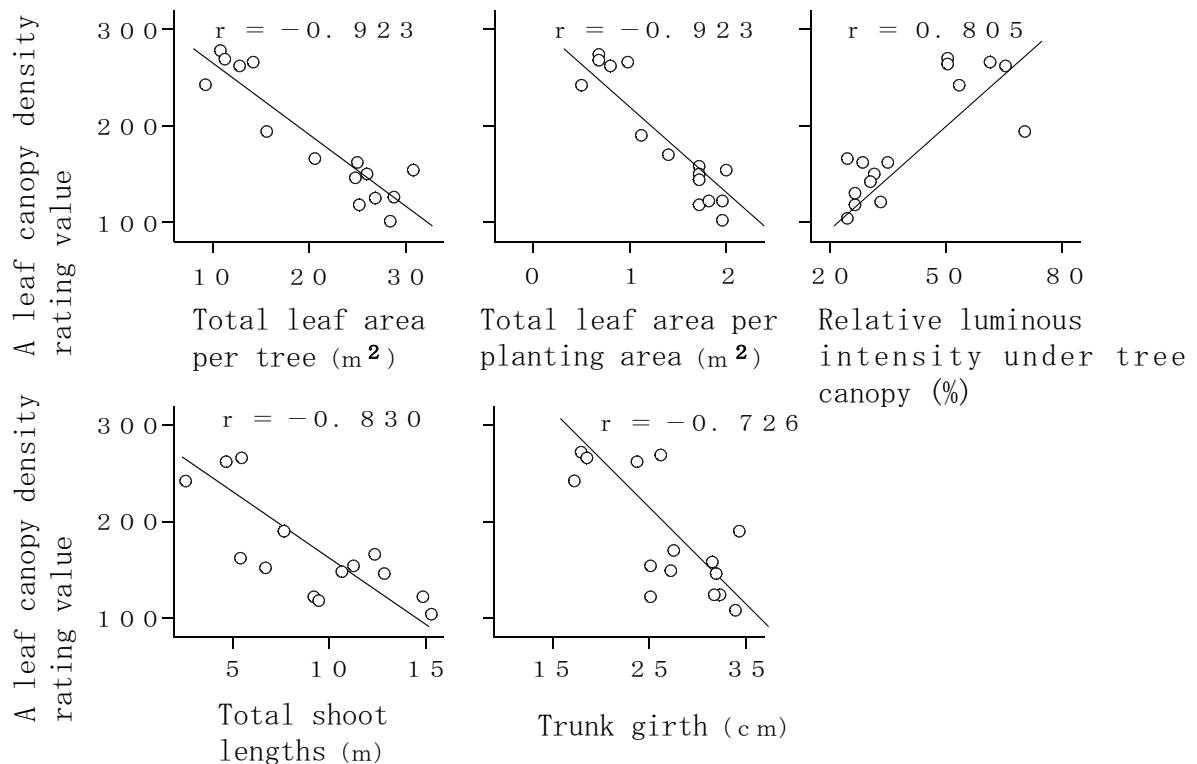


Fig. 5. The relationship between total leaf area per tree, total leaf area per planting area, relative luminous intensity under tree canopy, total shoot lengths, trunk girth and A leaf canopy density rating value.

次に、解析精度の点からの検討結果を Fig. 5 に示した。縦軸に葉群密度判定値、横軸に枝葉の混み具合を表す指標値（15 樹毎の値）とし、2005 年度の試験結果を相関図で図示した。2006 年度も同様の傾向であったため省略した。樹あたり葉面積（ $r = -0.923$ ）、植栽面積あたり葉面積（ $r = -0.923$ ）、樹冠下相対照度（ $r = 0.805$ ）、総新しょう長（ $r = -0.830$ ）、幹周（ $r = -0.726$ ）は、各項目とも葉群密度判定値との間に高い相関関係があることが明らかになった。したがって、葉群密度判定値を利用した簡易樹冠評価法は、一定の精度を持ってリンゴ樹の枝葉の混み具合を推定できると考えられた。

## 2. 枝葉の混み具合と台木、品種、整枝法の関係

JM1 台木樹は JM7 台木樹に比べ樹の生育が抑制されることが多い（川田ら，2002；佐藤ら，2005）。また、枝葉の混み具合の小さい樹は大きな樹よりも樹冠内の光透過性がよい（小池，1995）。本試験で供試した‘旭’/JM7 台木樹と‘ふじ’/JM1 台木樹は、‘ふじ’/JM7 台木樹と比べて、Table 2 に示したように、樹および植栽面

積あたりの総葉面積は少なく、樹冠下相対照度は高く、総新しょう長は短く、幹周は短かった。また、‘ふじ’/JM7 台木樹における低樹高主幹形と主幹形の比較では、低樹高主幹形の方が樹および植栽面積あたりの葉面積は多く、樹冠下相対照度は低く、総新しょう長は短く、幹周は長かった。

したがって、‘旭’/JM7 台木樹と‘ふじ’/JM1 台木樹は‘ふじ’/JM7 台木樹よりも枝葉の混み具合は小さく樹冠内の枝葉密度は低いこと、低樹高主幹形は主幹形よりも枝葉の混み具合は小さく樹冠内の枝葉密度は低いことが明らかになった。筆者らは、樹の枝葉密度が低いほど樹冠内光透過性が高いことを明らかにしており（猪俣ら，2006）、‘旭’/JM7 台木樹と‘ふじ’/JM1 台木樹、および、低樹高主幹形では、‘ふじ’/JM7 台木樹よりも樹冠内の光透過性が高いことが推定された。

## 3. 葉群密度判定値と薬剤到達性の関係

ポジティブリスト制の農薬残留基準値を遵守するためには、農薬ドリフト量が少ない新しい栽培法を確立することが必要である。これまでにも、農薬散布回数の削減

Table 1. Each treatment in a combination of scion cultivar, rootstock and training method.

| Treatment | Cultivar Number | Rootstock | Tree Number | Planting Distance (m×m) | Tree Age (2005) | Training Method                     |
|-----------|-----------------|-----------|-------------|-------------------------|-----------------|-------------------------------------|
| No.1      | Fuji            | J M 7     | 3           | 5 × 3                   | 8               | Central leader : Low height type    |
| No.2      | Fuji            | J M 7     | 3           | 5 × 3                   | 8               | Central leader : Normal height type |
| No.3      | McIntosh        | J M 7     | 3           | 5 × 3                   | 8               | Central leader : Normal height type |
| No.4      | Fuji            | J M 1     | 3           | 5 × 2.5                 | 7               | Central leader : Normal height type |
| No.5      | Fuji            | J M 7     | 3           | 5 × 3                   | 7               | Central leader : Normal height type |

Fruit setting point of low height type is less than 2 m above the ground, fruit setting point of normal height type is less than 3 m above the ground.

Table 2. Tree growth of 'Fuji' and 'McIntosh' on the rootstock of JM1 or JM7.

|   | Treatment <sup>y</sup>  |              |            |            |             |
|---|-------------------------|--------------|------------|------------|-------------|
|   | No.1                    | No.2         | No.3       | No.4       | No.5        |
| Tree volume (m <sup>3</sup> )                       | 13.2 ± 0.4 <sup>z</sup> | 24.9 ± 0.4   | 22.6 ± 1.2 | 6.3 ± 0.2  | 17.8 ± 0.3  |
| Total leaf area per tree (m <sup>2</sup> )          | 27.2 ± 1.6              | 24.1 ± 2.6   | 14.2 ± 1.3 | 10.2 ± 0.9 | 27.2 ± 2.4  |
| Total leaf area per planting area (m <sup>2</sup> ) | 1.8 ± 0.1               | 1.6 ± 0.2    | 1.0 ± 0.1  | 0.7 ± 0.0  | 1.8 ± 0.1   |
| Relative luminous intensity under tree canopy (%)   | 32 ± 2                  | 39 ± 2       | 61 ± 3     | 52 ± 0     | 28 ± 1      |
| Total shoot lengths (cm)                            | 8845 ± 1623             | 116054 ± 370 | 5094 ± 478 | 2855 ± 101 | 9829 ± 1263 |
| Trunk girth (cm)                                    | 33.6 ± 1.8              | 30.4 ± 0.4   | 27.3 ± 1.4 | 17.7 ± 0.2 | 24.5 ± 0.3  |
| A leaf canopy density rating value                  | 130 ± 12                | 145 ± 9      | 240 ± 18   | 263 ± 5    | 142 ± 5     |
| Chemical adhesive properties value                  | 7.2                     | 7.6          | 8.4        | 8.5        | 6.9         |

<sup>z</sup>Average ± S.E.

<sup>y</sup>Treatment are shown in Table 1.

(赤平ら, 2005) や SS の噴霧圧, 風量、ノズルの改良 (宮原, 2005) などの研究が積み重ねられてきた。これらの知見に加え、圃場における樹毎の薬剤到達性に関する知見を加えることにより、農薬ドリフト量が少なく薬剤到達性のよい樹形を持つ新しい栽培体系が開発できると考えられる。

葉群密度判定値を利用してリンゴ樹の薬剤到達性を推定したところ、両者の間に  $r = 0.769$  (2005 年度) の高い相関関係が得られた (Fig. 7)。2006 年にも再試験を行ったところ  $r = 0.612$  の相関関係があった (データ省略)。したがって、圃場において短時間で簡易に得られたデータから計算された葉群密度判定値の利用による簡易樹冠評価法は、リンゴ樹の枝葉の混み具合と薬剤到達性との関係を解明するための有効な手段になると考えられた。

#### 4. 枝葉の混み具合と薬剤到達性の関係

リンゴ樹の薬剤到達性は樹形によって大きく異なる (猪俣ら, 2003)。したがって、台木、品種および整枝

法の組み合わせによる樹形の違いは、樹の薬剤到達性に対して大きな影響を及ぼすことが推定される。そこで、枝葉の混み具合が違う樹を比べた結果、Fig. 6 に示したように、'旭' / JM7 台木樹や 'ふじ' / JM1 台木樹のような枝葉の混み具合の小さい樹は、'ふじ' / JM7 台木樹のような枝葉の混み具合の大きい樹よりも薬剤到達性は高いことが明らかになった。このことから、枝葉の混み具合の小さい樹ほど薬剤到達性はよいと考えられた。樹冠内の葉層密度を変えると樹の薬剤到達性が改善されることから (木原ら, 1979)、同一品種であっても台木や整枝法の組み合わせを考慮することによって樹の枝葉の混み具合を制御するとともに、樹冠内の葉層密度を調節することにより樹の薬剤到達性を改善することができると考えられた。さらに、Fig. 6 の結果から、同じ樹冠内でも樹冠内の低い位置ほど、また、葉の表面よりも裏面で薬剤到達性が悪いことも明らかになった。

さらに、樹あたり葉面積 ( $r = -0.863$ )、植栽面積あたり葉面積 ( $r = -0.870$ )、樹冠下相対照度 ( $r = 0.758$ )、総新しょう長 ( $r = -0.601$ )、幹周 ( $r =$

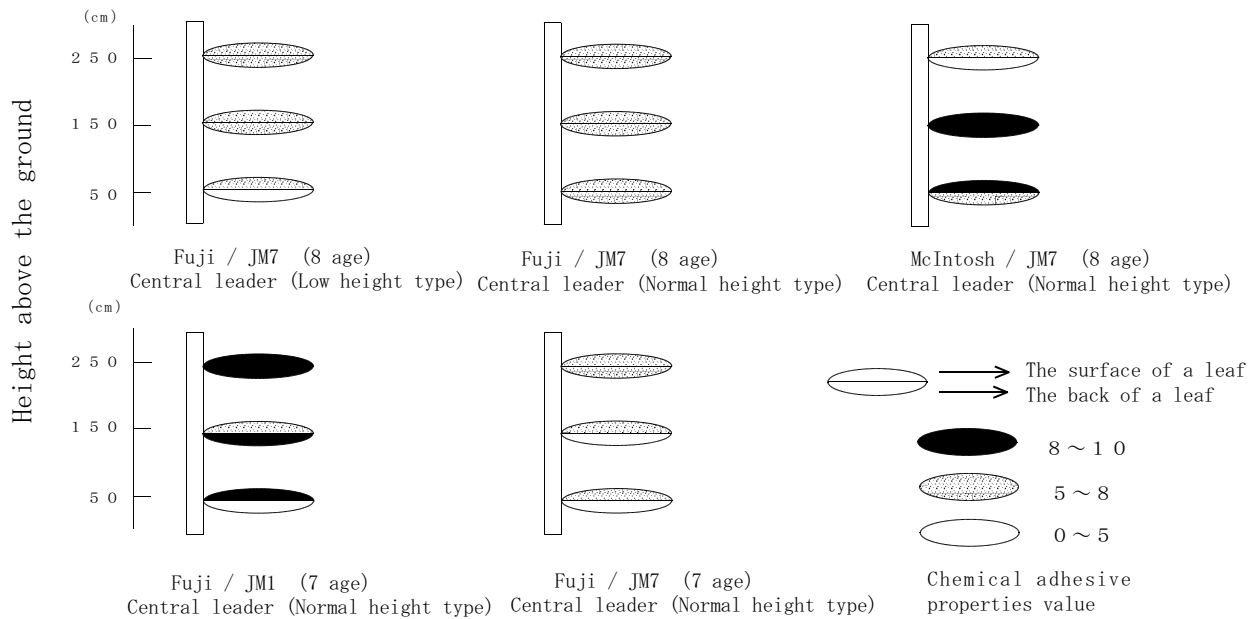


Fig. 6. The influence of cultivar, rootstock and training system on chemical adhesive properties.

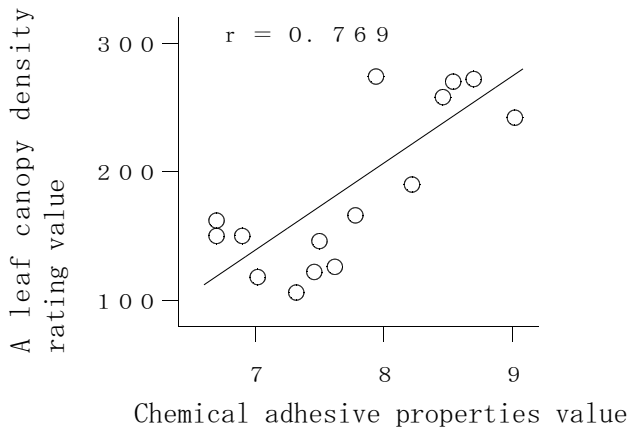


Fig. 7. The relationship between a leaf canopy density rating value and chemical adhesive properties value.

— 0.608) についても薬剤到達性との間に高い相関関係があった (Fig. 8). このことから、樹の枝葉の混み具合に関する評価指標を用いることによって樹の薬剤到達性を推定できると考えられた。

**摘 要**

農薬ドリフト量が少なく薬剤到達性のよい樹形を開発するために、枝葉の混み具合を短時間で簡易に測定できる簡易樹冠評価法を開発し、それを利用してリンゴ樹の

枝葉の混み具合と薬剤到達性との関係を検討した。

簡易樹冠評価法とは、試作した葉群密度判定板を用いて測定された葉群密度判定値 (仮称) を利用する方法である。葉群密度判定値とは、縦 90cm × 横 180cm のベニヤ板に直径 20cm の赤丸を 4 個 × 7 列の配列で合計 28 個を配置し (以下このベニヤ板を葉群密度判定板と称す)、測定者の反対側の作業道に葉群密度判定板を立て、測定者側から樹冠内部を通して見える赤丸の程度を、達観調査により数値に転換した値である。

樹あたりの葉面積、植栽面積あたりの葉面積、樹冠下相対照度、総新しょう長、幹周の各要因と葉群密度判定値、および、樹の薬剤到達性との間に高い相関関係があった。さらに、葉群密度判定値と薬剤到達性との間にも高い相関関係があった。これらの結果は、葉群密度判定値がリンゴ樹の枝葉の混み具合の推定に有効であること、並びに枝葉の混み具合の小さな樹の方が薬剤到達性が高いことを示していた。

以上のように、葉群密度判定値を利用した簡易樹冠評価法は、樹園地毎のリンゴ樹の枝葉の混み具合と薬剤到達性を短時間で簡易に評価できると考えられる。簡易樹冠評価法の利用によって農薬ドリフト量の少ない新しい樹形の開発を効率的且つ迅速に進めることができると考えられる。

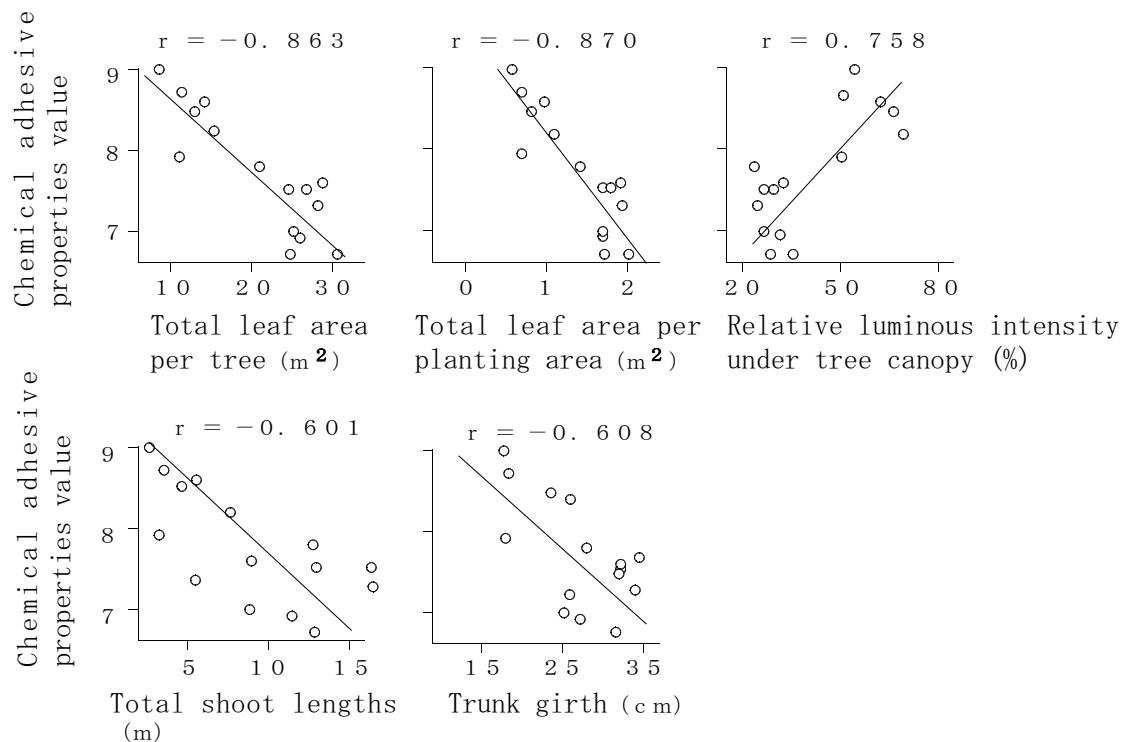


Fig. 8. The relationship between total leaf area per tree, total leaf area per planting area, relative luminous intensity under tree canopy, total shoot lengths, trunk girth and chemical adhesive properties value.

## 引用文献

- 1) 赤平和也・石栗陽一・福士好文・櫛田俊明・雪田金助. 2005. リンゴ病害虫防除における春期の薬剤散布回数削減体系. 平成17年度東北農業研究成果集. 8-9.
- 2) 天野昭子・桑原圭司. 2007. スピードスプレーヤにおけるドリフト低減対策の検討. 今月の農業. 51(8): 31-35.
- 3) 福田博之・榎村芳記・工藤和典. 1987. わい性台木利用によるリンゴの密植栽培. 第2報. 密植栽培下における樹形変化. 果樹試報C. 14: 39-52.
- 4) 平野 暁. 1972. カンキツの葉量とその分布. (第8報) 自然形樹の樹形と葉の空間分布モデル. 園学要旨. 昭47春: 12-13.
- 5) 稲川 裕. 1997. リンゴ「ハックナイン」における生産安定のための樹形改造. 北海道中央農試報. 73: 17-21.
- 6) 猪俣雄司・工藤和典・増田哲男・和田雅人・別所英男. 2003. カラムナータイプリンゴ樹の薬剤付着性. 東北農業研究. 56: 147-148.
- 7) 猪俣雄司・工藤和典・黒田治之・増田哲男・別所英男・和田雅人・鈴木邦彦. 2006. カラムナータイプリンゴ「タスカン」における栽植密度と生育、果実品質との関係. 園学雑. 75: 276-283.
- 8) 川田道子・石川勝規・鈴木哲・小野田和夫. 2002. リンゴわい性台木JM1, JM7の利用法. 東北農業研究. 55: 153-154.
- 9) 木原武士・広瀬和栄・西浦昌男・七条寅之助. 1979. カンキツ園での多目的スプリンクラー利用に関する試験. 一散水器の種類・配置間隔と散水推量による薬剤付着量及び付着向上対策について. 果樹試報B.6: 75-107.
- 10) Kikuchi, T. 1974. Growth and structure of the shoot system of apple trees as characterized by the frequency distribution of shoot lengths. Bull. Fac. Agri. Hirosaki Univ. 23: 27-59.
- 11) 小池洋男. 1995. 果樹台木の特性と利用法. 第2章リンゴ. 4 わい性台木の利用と栽培. 213-231. (社)農山漁村文化協会. 東京.
- 12) 今喜代治・山田三智穂・鈴木長蔵. 1976. リンゴ



- 成木樹の樹冠構造に関する調査. 秋田果試報. 8 : 93-140.
- 13) 工藤和典. 1999. 農林水産研究文献解題NO22. 果樹栽培の低コスト・省力化技術. 2. リンゴ. (3) イ. 栽植様式、間伐. 172. 農林統計協会. 東京.
- 14) 宮原佳彦. 2005. 薬剤散布時のドリフトを防ぐ. まず, 噴霧圧や風量の調節で対応. 機械化農業. 2 : 11-15.
- 15) (社)日本植物防疫協会. 2004. 地上防除ドリフト対策マニュアル. pp14-19.
- 16) 佐藤善政・森田泉・嵯峨清・樋熊みどり・船山瑞樹・丹波仁. 2005. 秋田県における'みしまふじ' / JM1, JM7, M.26の生育と収量の比較. 園学雑74 (別1) : 472.
- 17) 渡辺純子・Robert, M. P. ・渡辺和男. 1997. ブドウ樹の葉面積測定のための光学的方法評価. 園学雑. 66 : 235-244.
- 18) 山本隆儀・伊藤博祐. 1996. 広角レンズを用いた直角2側面写真による密植わい性リンゴ樹の樹形・葉群構造の計測. 園学雑. 64 : 729-739.