

カラムナータイプリンゴ‘メイポール’の樹体生育・果実生産効率・ 乾物生産特性に及ぼす整枝法の影響

猪俣雄司*・工藤和典・和田雅人・増田哲男・別所英男・鈴木邦彦**

独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構果樹研究所リンゴ研究部 020-0123 岩手県盛岡市下厨川

The Influence of the Training System on Characteristics of Tree Growth, Fruit Productivity and Dry Matter Production of Columnar-Type Apple Tree ‘Maypole’

Yuji Inomata*, Kazunori Kudo, Masato Wada, Tetsuo Masuda, Hideo Bessho and Kunihiko Suzuki**

Department of Apple Research, National Institute of Fruit Tree Science (NIFTS). Shimokuriyagawa Morioka, Iwate 020-0123.

Summary

Growth habits, fruit production efficiency and dry matter production of columnar-type tree ‘Maypole’ on ‘Marubakaido’ (*Malus. prunifolia* Bork. var. *ringo* Asami) trained to a Y-trellis system were compared with those trained to a central leader.

The spread of the tree width of the trees on a Y-trellis was faster than that of the trees on a central leader, and the number of flower buds, shoot numbers, total shoot length and total lateral branch numbers on a Y-trellis increased more than those of the trees on a central leader. The tree height on a central leader was greater.

As regards the maximal distribution area of fruits, leaves, shoots and branches except shoot from the ground, the trees on a central leader gradually shifted to the upper area in proportion with increasing tree-age, but the area of the 5-year-old to 7-year-old trees on a Y-trellis were maintained at about 200 cm. The yield per trees on a Y-trellis from 6-year-old was greater than that of trees on a central leader.

The cumulative yield of trees per area on a central leader was greater than that of trees on a Y-trellis, but the difference decreased gradually from 6-year-old trees. Fruit weight of the trees on a Y-trellis was heavier than that of trees on a central leader.

The percent instantaneous incident photosynthetic photon flux density of trees grown by both systems decreased gradually in the lower and middle area in proportion to increasing tree age, but the degree of decreased was higher in trees on a central leader.

Total leaf area and leaf area index perm² of 7-year-old trees on a central leader and Y-trellis were 10.3 cm², 11.8 and 14.5 cm², 7.6, respectively.

Total dry matter production per year of 7-year-old trees on a central leader and Y-trellis was 3,282 g and 5,579 g, respectively. There was no difference in the percentage distribution of dry matter in each organ.

It is considered that the columnar-type apple ‘Maypole’ trees on a Y-trellis facilitates labor reduction in the orchard and promote production of high quality fruit compared to trees on a central leader.

キーワード： 樹体生育, 果実生産, 乾物生産, カラムナータイプ, リンゴ, 整枝法

緒 言

カラムナータイプリンゴは、小型な生育特性を持つこと (Fisher, 1969) から、低樹高を利用した省力栽培への利用が期待されており、これまでに、穂品種・系統 (猪俣ら, 2002), 使用台木 (猪俣ら, 2001), 栽植密度 (猪俣ら, 1999a) などによって生育特性に違いのあることが明らかにされている。整枝法については、一般品種の報告は多

いが (Clayton-Greene, 1993; Colorio, 1986; Ferreeら, 1989), カラムナータイプに関してはみられない。そこで、本研究では、カラムナータイプ品種‘メイポール’を用い、1本主枝法とY字形法における7年生までの樹体生育、果実生産力および乾物生産特性について比較検討を行った。

材料および方法

1. 供試材料, 栽植方法および樹体管理

マルバカイドウ (*Malus. prunifolia* Bork. var. *ringo* Asami) に接ぎ木したカラムナータイプ品種‘メイポール’を用いた。

2004年1月27日 受付。2004年6月3日 受理。

本報告の一部は平成15年度園芸学会春季大会で発表した。

* Corresponding author. E-mail: inomata@affrc.go.jp

** 現在: 東京農業大学短期大学部 生物生産技術学科

1996年春、2年生苗を台木部分が地上約15 cm出るように定植した。整枝法として、主幹から発生した新しょうをそのまま誘引しないで側枝にした1本主枝法、並びに、植え付け時に主幹約70 cmの部分で切り返しを行い、先端部分から発生した新しょう2本を、列間(南北方向)に対して直角(東西方向)に約45度で誘引するY字形法の2整枝法を設定した。4樹、2反復とした。1本主枝法は5 m×0.5 m、Y字形法は5 m×1 mの南北植えとし、植え付け2年目以降はせん定時に主幹先端部の切り返しは行わなかった。着果量は、結果枝15~20 cmに1果を目安として決定し、植物生育調節剤散布および着色管理は行わなかった。せん定は枝の混みあった部分を間引く程度の弱せん定とした。樹冠下除草は手除草とした。これ以外の管理については一般の慣行法にしたがった。なお、試験圃場の土壌は湿性黒ボク土で有効土層は約50 cmである(福田ら、1987)。

2. 樹体生育および果実生産力特性

2~7年生の樹体生育および果実生産力特性を調査した。

調査は、樹高、樹間と列間の最大樹冠幅、接ぎ木部から20 cm上部の幹断面積、10 cm以上の新しょう発生本数および総伸長量、新しょう以外枝(10 cm以上の当年枝を新しょうとし、それ以外の全枝を新しょう以外枝とした)10 cm当たりの花芽着生数、側枝(30 cm以上)本数、並びに高さごとの果実数、葉数、新しょう、新しょう以外枝の分布について行った。

果実生産力特性は、収量および果実重を調査した。

3. 受光態勢

4~7年生における地表面から50 cmごとの相対光量子量(主幹から東西南北各方向)と葉面積の高さごと分布を調査した。両整枝法とも2樹を用い、毎年同じ樹を用いて7月に測定した。なお、相対光量子量は、地上から50 cmごとの光量子量と樹冠外の瞬間光量子量を棒状光量子センサ((株)小糸工業製 IKS-225)を用いて測定し、樹冠外に対する相対値として求めた。

4. 7年生の年間乾物生産量

生育のそろった2樹を果実(摘花および摘果した果実を含む)、葉、新しょう、新しょう以外枝、細根(2 mm以下)、太根(2 mm以上)の各器官に分け、果実は収穫期(9月上旬)、葉は落葉直前(11月上旬)にすべてを採取し、それ以外の器官は11月中旬に解体調査を行った。調査方法は前報(猪俣ら、2002)のように行った。また、解体樹の葉果比、葉面積、m²当たり葉面積指数および比葉面積(cm²/g)も調査した。

結 果

1. 樹体生育特性

樹体生育量の年次変化について第1表に示した。7年生の樹高は1本主枝法で高く480 cm、Y字形法で383 cmであった。樹冠幅はY字形法で広く、7年生では、1本主枝法で樹間66 cm、列間135 cm、Y字形法で樹間114

第1表 整枝法の違いが‘メイポール’の樹体生育量の年次変化に及ぼす影響

整枝法および 調査項目	樹 齢 (年生)						
	2	3	4	5	6	7	
1 本主枝法							
樹高 (cm)	190 ± 5 ²	267 ± 4	322 ± 3	395 ± 2	430 ± 1	480 ± 1	
樹冠幅 (cm)	樹間	34 ± 1	41 ± 1	40 ± 4	52 ± 0	55 ± 0	66 ± 5
	列間	35 ± 4	53 ± 3	63 ± 1	80 ± 1	95 ± 5	135 ± 2
幹断面積 (cm ²)	3.0 ± 0.0	6.7 ± 0.0	12.6 ± 0.3	18.5 ± 0.6	26.7 ± 0.7	35.0 ± 1.5	
新しょう本数 (本)	7 ± 1	15 ± 1	15 ± 3	19 ± 2	20 ± 0	20 ± 3	
新しょう伸長量 (cm)	355 ± 16	704 ± 17	620 ± 65	935 ± 112	764 ± 32	671 ± 113	
花芽着生数 (個/10cm)	—	—	0.9 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.9 ± 0.1	0.7 ± 0.1	
Y 字形法							
樹高 (cm)	154 ± 1	204 ± 3	259 ± 4	316 ± 2	344 ± 4	383 ± 14	
樹冠幅 (cm)	樹間	30 ± 2	46 ± 1	55 ± 2	84 ± 5	101 ± 6	114 ± 9
	列間	33 ± 3	94 ± 6	103 ± 5	150 ± 2	207 ± 5	216 ± 6
幹断面積 (cm ²)	3.1 ± 0.4	6.9 ± 0.7	12.6 ± 1.0	0.4 ± 1.1	28.8 ± 1.9	38.0 ± 3.7	
新しょう本数 (本)	7 ± 1	17 ± 1	24 ± 2	31 ± 3	35 ± 2	40 ± 4	
新しょう伸長量 (cm)	365 ± 70	652 ± 16	891 ± 28	1346 ± 13	1088 ± 156	1149 ± 196	
花芽着生数 (個/10cm)	—	—	2.2 ± 0.2	0.9 ± 0.0	2.1 ± 0.2	1.2 ± 0.1	

² 平均 ± SE 4樹2反復

樹冠幅は樹間と列間のそれぞれの最大値、幹断面積は接ぎ木部から20 cm上部位、新しょうは10 cm以上の当年発生枝、花芽着生数は新しょう以外枝10 cm当たりの数を示す

cm, 列間 216 cm だった。幹断面積には明確な差はなかった。新しょう本数および総新しょう量は Y 字形法で優れ、7 年生では、1 本主枝法で本数 20 本、総伸長量 671 cm に対し、Y 字形法では 40 本、1,149 cm だった。新しょう以外枝 10 cm 当たりの花芽着生数は Y 字形法で多かった。7 年生における 30 cm 以上の側枝本数は、1 本主枝法で樹当たり 12 本だったのに対し、Y 字形法では 15 本であった。

地表面からの高さごとの果実、葉数の分布割合は、第 1 図に示したように、1 本主枝法では最大分布域が樹齢の増加とともに樹冠上部に移行したのに対し、Y 字形法では地表 200 cm 前後の高さでほぼ一定していた。

3~7 年生における地表面からの高さごとの新しょうおよび新しょう以外枝の分布については、1 本主枝法は、樹齢の増加とともに樹冠上部の伸長量が增大し、樹冠下部の伸長量が低下したのに対し、Y 字形法では、5 年生以降からはいずれも地表 200 cm 前後の高さで総伸長量が高かった (第 2 図)。

2. 果実生産力特性

果実生産性の年次変化について第 2 表に示した。樹当たり収量は 5 年生までは差はなかったが、6 年生以降から

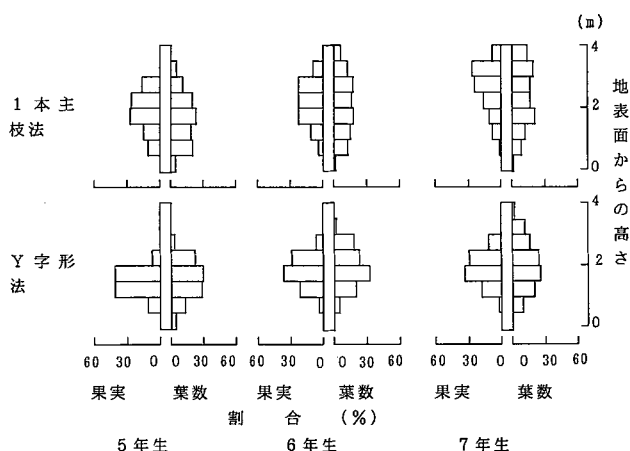
Y 字形法で多くなった。10a 当たりの 5 年間の累積収量は 1 本主枝法で多かったが、6 年生以降から Y 字形法との差が縮まった。果実重は、3~7 年生までの 5 年間のうち 3 年間で Y 字形法で重かった。

3. 受光態勢

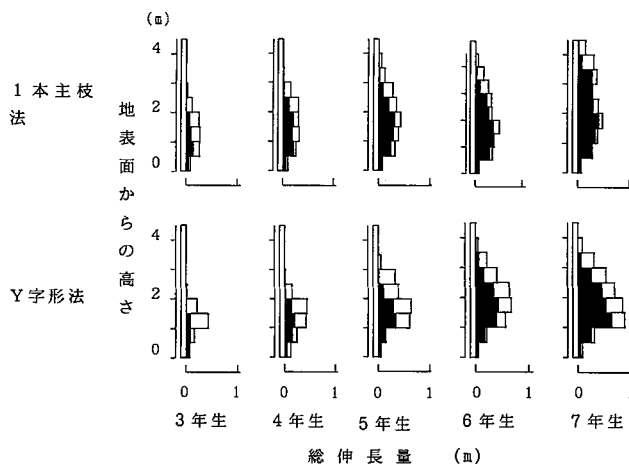
4~7 年生までの地表面からの高さごとの相対光量子量および葉面積を第 3 図に示した。相対光量子量は、両整枝法とも樹冠中・下部で樹齢の増加とともに低下したが、その程度は 1 本主枝法で著しかった。地表面からの高さごとの葉面積は、5 年生まで両整枝法に大差なかったが、6 年生以降は地表 200 cm 前後の部位で Y 字形法が多かった。

4. 乾物生産

解体樹の着果程度は、葉果比および幹断面積当たり着果数ともに両整枝法に差はなかった。樹当たり総葉面積は Y 字形法が 14.5 m² と 1 本主枝法の 10.3 m² と比べて多かった。葉面積指数 (LAI) は 1 本主枝法で高く 11.8, Y 字形法で 7.6 だった。比葉面積は、新しょう葉では差はなかったものの、新しょう以外葉では Y 字形で低かった (第 3 表)。



第 1 図 整枝法の違いが地表面からの高さごとの果実および葉数の分布割合に及ぼす影響



第 2 図 整枝法の違いが地表面からの新しょうおよび新しょう以外枝の総伸長量に及ぼす影響
□:新しょう, ■:新しょう以外枝

第 2 表 整枝法の違いが 'メイポール' の果実生産性の年次変化に及ぼす影響

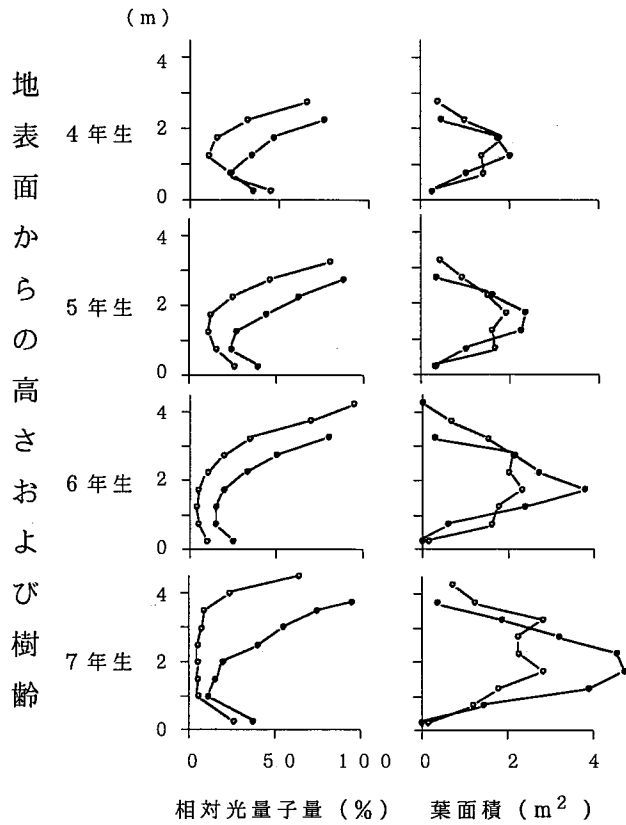
整枝法および 調査項目	樹 齢 (年 生)				
	3	4	5	6	7
1 本主枝法					
樹当たり収量 (kg/樹)	0.1 ± 0.0 ²	1.0 ± 0.1	1.8 ± 0.1	1.3 ± 0.1	2.3 ± 0.2
10a 当たり累積収量 (kg/10a)	38 ± 3	540 ± 32	1431 ± 55	2069 ± 97	3241 ± 135
平均果実重 (g)	48 ± 5	47 ± 1	46 ± 3	40 ± 1	43 ± 0
Y 字形法					
樹当たり収量 (kg/樹)	0.1 ± 0.0	1.1 ± 0.2	2.0 ± 0.3	3.3 ± 0.3	4.0 ± 0.4
10a 当たり累積収量 (kg/10a)	21 ± 3	300 ± 9	797 ± 36	1616 ± 88	2959 ± 112
平均果実重 (g)	45 ± 4	56 ± 1	45 ± 2	52 ± 1	53 ± 1

² 平均 ± SE 4 樹 2 反復

第3表 整枝法の違いが‘メイポール’の葉果比, 着果数/幹断面積, 葉面積, 葉面積指数および比葉重に及ぼす影響

整枝法	葉果比 (枚/果)	着果数/ 幹断面積 (果/cm ²)	葉面積 (m ²)			L A I / m ²	比葉面積 (cm ² /mg)	
			新しょう	新しょう以外	合計		新しょう	新しょう以外
1本主枝法	35.9 ± 0.1*	3.6 ± 0.1	3.3 ± 0.3	7.0 ± 0.0	10.3 ± 0.2	11.8 ± 0.9	84 ± 6	143 ± 10
Y字形法	35.3 ± 3.3	4.0 ± 0.1	6.1 ± 0.3	8.4 ± 0.0	14.5 ± 0.3	7.6 ± 1.1	86 ± 5	117 ± 8

* 平均 ± SE 4樹2反復



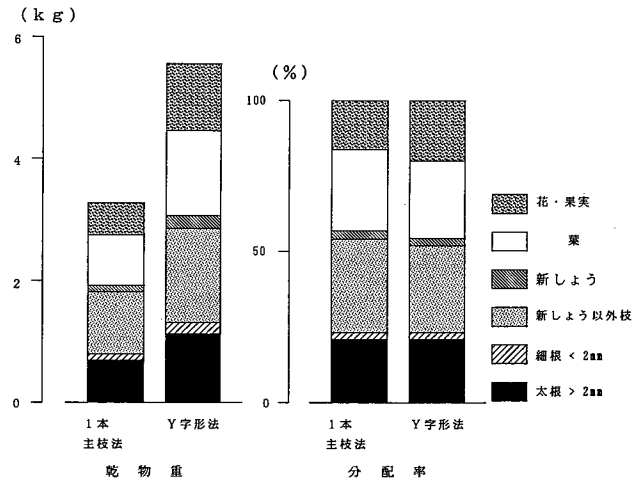
第3図 整枝法の違いが地表面からの高さごとの相対量子量および葉面積分布に及ぼす影響
○: 1本主枝法, ●: Y字形法

7年生の樹当たり年間乾物生産量は, 第4図に示したように, 1本主枝法(約 3.3 kg)よりも Y字形法(約 5.6 kg)で重かった. 器官別分配率では1本主枝法に比べ Y字形法で果実に多く新しょう以外枝に少なく分配される傾向がみられた(第4図).

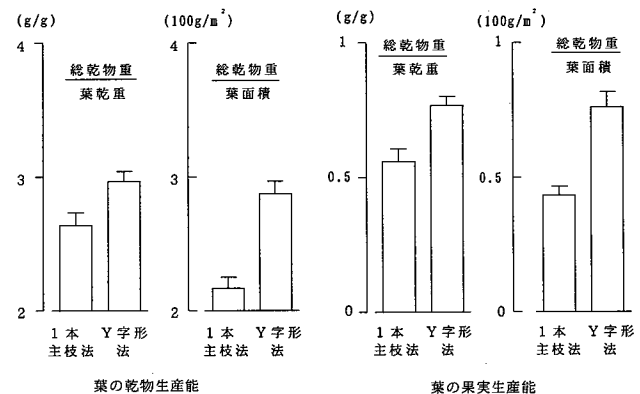
1本主枝法の葉の乾物生産能(総乾物重/葉乾重)および果実生産能(果実乾物重/葉乾重)は, それぞれ 3.67, 0.56となり, Y字形法の 3.97, 0.7より低かった. また, 総乾物重および果実乾物重を葉面積で除した値では, 1本主枝法ではそれぞれ 316, 43, Y字形法では 385, 75となり, Y字形法で高かった(第5図).

考 察

リンゴでは, 整枝法の違いにより生育は大きく異なる(Ferree, 1980). 倉橋・高橋(1994)は, M.26台木の‘ふじ’における9年生の樹冠占有面積率を測定し, 主幹形整



第4図 整枝法の違いが年間乾物生産量および器官別分配率に及ぼす影響



第5図 整枝法の違いが葉の乾物生産能および果実生産能に及ぼす影響
図中の線は標準偏差を示す

枝で 75%, Y字形整枝で 96%であったことを報告している. 本研究の‘メイポール’において, 樹冠占有面積を列間と樹間を軸とした楕円形であると仮定した場合, 7年生では, 1本主枝法は 0.89 m², Y字形法は 2.46 m²となった. これを植栽面積で除すると, 1本主枝法と Y字形法でそれぞれ 36%, 49%となった. これは, Y字形法の方が樹冠拡大速度が速いことを示しており, カラムナータイプリンゴ樹の場合でも, Y字形法の方が樹冠の拡大が速いと考えられた. ただし, 栽植密度の違いによって樹の生長は異なるため(黒田ら, 1996), この点についてさらに検討することは必要である.

Y字形法の場合, 2本の主枝を Y字棚に誘引した後に

側枝を誘引するため、側枝更新が容易な場合では、着果部位が一定の高さで維持できる利点を持つ。7年生までの結果では、Y字形法は、新しょう、新しょう以外枝、果実、葉の最大分布部位は200 cm前後の場所で一定していた。それに対し、1本主枝法では、樹齢が進むにしたがって最大分布部位は上部に移行するとともに、樹冠下部の新しょう伸長量は減少した。リンゴの低樹高化は、着果部位を一定の高さで維持することが必要であり、着果部位を一定に維持できるY字形法は、カラムナータイプ樹においても低樹高化に向けた新しい整枝法の一つとして有力な手段になりうると考えられた。

高収量を確保する場合、花芽着生を安定させることが必要である。1本主枝法よりもY字形法で花芽着生が多いことから、花芽確保のためにはY字形法が有利と考えられた。リンゴの花芽形成は、樹冠内への光透過量が30%以下になると減少する(Cain, 1971; Jackson・Palmer, 1972)ことが報告されている。今回の試験では、1本主枝法の樹冠中・下部の相対光量子量が低く、特に6年生以降の樹で30%以下となった。この樹冠内の光環境低下が1本主枝法で花芽着生を減少させたと考えられた。また、カラムナータイプでは、側枝誘引処理により花芽着生が増加することから(猪俣ら, 1999b), Y字形法のように側枝が誘引された状態になった方が花芽が着生しやすいと考えられた。

Y字形法の樹当たり収量は、棚面に誘引された側枝が密になった6年生以降から1本主枝法よりも多くなった。これは、主枝2本をY字棚に誘引したため、結実部位が1本主枝法の2倍となり、結果的に樹当たりの着果部位面積が多くなったためと考えられる。しかし、栽植密度が1本主枝法の半分であるため、7年生までの10a当たり累積収量は少なかった。倉橋・高橋(1994)は‘ふじ’のY字形整枝は収量性に有利であることを認めており、本試験結果でも、6年生以降から両整枝法間の10a当たり累積収量の差は減少しているため、将来的には10a当たり累積収量に差がなくなる可能性が高いと考えられる。したがって、Y字形法では、1本主枝法と比べて果実は大きく、果実生産性は植え付けの早い段階では劣るものの、成木になるにしたがって改善されると考えられ、果実生産性の面からも有利であると考えられた。

倉橋・高橋(1995)は、一般品種成木樹の年間純生産量は、主幹形整枝よりもY字形整枝の方が高いことを報告している。本研究の7年生における樹当たり年間乾物生産量は、Y字形法の方が高く、カラムナータイプ樹においてもY字形法の方が乾物生産量が高いことが考えられた。また、葉の乾物生産能および果実生産能もY字形法の方が高いことも明らかになった。一般に、遮光程度が強いほど葉は薄く、葉面積は大きくなり(Jackson・Beakbane, 1968), リンゴでも遮光下で生育した葉の比葉面積は大きい(Barden, 1974)。Y字形法では、樹冠内

への光透過量が高く、比葉面積は小さいことから、葉が陽葉化していることが推察される。したがって、生育期間に遭遇する日射量は、1本主枝法に比べY字形法の葉では高く、実際の光合成量も多いことが推察され、それが葉の乾物生産能および果実生産能を高めたと考えられる。

以上のことから、1本主枝法に比べてY字形法では、着果部位を低く維持できる可能性が高く、省力化を目指した低樹高栽培の開発に有利であること、10a当たりの植栽本数が少なかったため初期の果実生産性は低かったものの、成木になるにつれて改善され果実重も重かったこと、樹の受光態勢が良く葉の乾物生産能や果実生産能が高いことなどが明らかとなり、カラムナータイプ樹を用いた省力・高品質果実生産に適していると考えられた。今後は、樹勢の異なる系統やわい性台木を用いた場合、さらに栽植密度との関連について検討する必要がある。また、生育初期の生産性の改善、棚面張りなどの費用の削減が必要と考えられる。

摘 要

マルバカイドウに接ぎ木したカラムナータイプ‘メイポール’を用い、7年生までの樹体生育、果実生産力、乾物生産特性に及ぼす整枝法の影響を比較検討した。

Y字形法は1本主枝法と比べて、樹冠幅の拡大が速く、花芽着生数、新しょう本数および総伸長量、側枝本数も多かった。樹高は、1本主枝法の方が高かった。

果実、葉、新しょう、新しょう以外枝の最大分布位置は、1本主枝法では樹齢の増加にしたがって樹冠上部に移行したのに対し、Y字形法では5年生以降が200 cm前後の部位で一定となった。

樹当たり収量は5年生まで差がなく、6および7年生はY字形法で多かった。土地面積当たり累積収量は1本主枝法で多かったが、6年生以降差が縮まった。平均果実重は、5年間のうち3年間でY字形法で重かった。

高さごとの相対光量子量は、樹齢の増加とともに樹冠中・下部で低下したが、その程度は1本主枝法で著しかった。高さごとの葉面積は、6年生以降、地表200 cm前後の部位で1本主枝法よりもY字形法で多かった。

7年生の総葉面積は、1本主枝法で10.3 m²、Y字形法で14.5 m²だった。葉面積指数は1本主枝法で高く11.8、Y字形法で7.6だった。比葉面積は、新しょう葉では差はなかったが、新しょう以外葉はY字形法で低かった。

7年生の年間乾物生産量は、1本主枝法で約3.3 kg、Y字形法で約5.6 kgだった。器官別分配率に明確な差はなかった。葉の乾物生産能および果実生産能は、1本主枝法でそれぞれ3.67、0.56、Y字形法で3.97、0.77となり、Y字形法で高かった。

したがって、カラムナータイプリンゴを用いた省力、高品質果実生産には、Y字形整枝の方が適していると考え

られた。

引用文献

- Barden, J. A. 1974. Net photosynthesis, dark respiration, specific leaf weight and growth of young apple trees as influenced by light regime. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99: 547-551.
- Cain, J. C. 1971. Effects of mechanical pruning of apple hedgerows with a slotting saw on light penetration and fruiting. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 96: 664-667.
- Clayton-Greene, K. A. 1993. Influence of orchard management system on yield, quality and vegetative characteristics of apple trees. *Journal of Horticultural Science.* 68: 365-376.
- Colorio, G. 1986. Apple training systems in high density plantings suitable for full mechanization of the cultural practices. *Acta Hort.* 160: 343-351.
- Ferree, D. C. 1980. Canopy development and yield efficiency of 'Golden Delicious' apple trees in four orchard management systems. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105: 376-380.
- Ferree, D. C., R. C. Funt and B. L. Bishop. 1989. Yield and production efficiency of four apple cultivars in selected orchard management systems. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114: 863-868.
- Fisher, D. V. 1969. Spur-type strains of McIntosh for high density plantings. *British Columbia Fruit Growers' Association Quarterly Report.* 14: 3-10.
- 福田博之・工藤和典・櫻村芳記・西山保直・瀧下文孝・久保田貞三・千葉和彦. 1987. わい性台木利用によるリンゴの密植栽培. 第1報. わい性台リンゴ樹の生産力. *果樹試験報.* C14: 27-38.
- 猪俣雄司・和田雅人・工藤和典・黒田治之・間瀬誠子・鈴木邦彦・増田哲男. 1999a. リンゴカラムナータイプ樹の若木における栽植密度と生長との関係. *園学雑.* 68(別1): 162.
- 猪俣雄司・工藤和典・和田雅人・鈴木邦彦・増田哲男. 1999b. リンゴカラムナータイプ樹における花芽着生特性. *園学雑.* 68(別2): 236.
- 猪俣雄司・工藤和典・別所英男・和田雅人・増田哲男. 2001. リンゴカラムナータイプ4年生樹の乾物生産力特性に及ぼすわい性台木の影響. *園学雑.* 70(別1): 197.
- 猪俣雄司・工藤和典・和田雅人・増田哲男・鈴木邦彦. 2002. リンゴカラムナータイプ若木の着葉・受光態勢・乾物生産力特性. *園学研.* 1: 117-122.
- Jackson, J. E and B. Beakbane. 1968. Structure of leaves growing at different light intensities within mature apple trees. *Rep. E. Malling Res. Stn for 1969.* p87-88.
- Jackson, J. E. and J. W. Palmer. 1972. Interception of light by model hedgerow orchards in relation to latitude, time of year and hedgerow configuration and orientation. *J. Appl. Ecol.* 9: 341-357.
- 倉橋孝夫・高橋国昭. 1994. リンゴ'ふじ'の棚仕立てY字形整枝法と主幹形整枝法における生産力と果実品質の比較. *園学雑.* 63: 305-311.
- 倉橋孝夫・高橋国昭. 1995. Y字形棚整枝と主幹形整枝リンゴ樹'ふじ'の乾物生産と器官別分配の比較. *園学雑.* 64: 509-515.
- 黒田治之・西山保直・千葉和彦. 1996. わい性および半わい性台木利用リンゴ樹における栽植密度と生長との関係. *園学雑.* 65: 227-236.
- Palmer, J. W. 1977. Light transmittance by apple leaves and canopies. *Journal of Applied Ecology.* 14: 505-513.