

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “밀식 과원의 목표수량에 따른 수세안정화 기준설정에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2002 년 12 월 일

주관연구기관명 : 건국대학교

총괄연구책임자 : 임 열 재

세부연구책임자 : 임 열 재

연 구 원 : 장 준 연

연 구 원 : 안 순 기

연 구 원 : 연 성 흠

협동연구기관명 : 원예연구소

협동연구책임자 : 임 재 현

연 구 원 : 박 진 면

연 구 원 : 이 인 복

요 약 문

I. 제 목

밀식 과원의 목표수량에 따른 수세안정화 기준설정에 관한 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

우리 나라의 사과재배는 M.26대목을 중간대목으로 이용하여 10a당 57~125주를 재식하는 중밀식재배가 주류를 이루고 있다. 더욱이, 최근에는 M.26보다 더 왜화가 되는 M.9대목을 자근묘로 이용하여 10a당 167~270주를 재식하여 작업의 생력화와 조기 다수확을 목적으로 하는 저수고 밀식재배에 대한 관심이 고조되고 있다.

그러나, 우리 나라의 왜성대목을 이용한 왜화재배는 수형구성과 비배관리 등 재배기술의 미흡으로 많은 과수원이 수세의 불안정으로 해에 따라 결실이 불안정하고 과실착색이 문제가 되고 있다. 또한, 주 재배품종인 ‘후지’ 품종은 맛에 있어서는 매우 우수하나 재배여건에 따라 착색이 불량한 것이 문제가 되고 있다.

따라서, 우리나라 사과재배의 당면 목표는 왜성대목을 이용한 ‘후지’ 품종에서 품질이 양호한 과실을 해거리 없이 매년 많이 생산하는 것이다. 그러기 위하여 무엇보다 중요한 것은 수세를 안정시키는 일이다.

수세를 판정하는 방법은 엽색과 신초생장으로 판정하는 방법과 엽분석에 의한 방법이다. 밀식하지 않은 일반 사과원에서는 안정된 수세의 기준이 설정되어 있으나, 왜성대목을 이용한 밀식 과원에서도 이 기준을 그대로 적용할 수 있는지 이에 대한 연구는 거의 없다.

엽분석에 의한 영양진단의 지표가 되는 엽중 무기성분의 기준치는 외국에서만 아니라 국내에서도 사과, 배, 복숭아, 포도, 감귤과 참다래에서 설정되어 있다.

일반적으로 엽내 무기성분함량의 표준치 설정은 수세와 생산성이 안정되고 양질의 과실을 생산하는 과원을 대상으로 선정하여 엽분석을 하여 그것을 기준으로 표준치를 설정한다. 그러나, 동일한 과원내에서도 수세와 착과량에 따라 엽내 무기성분함량과 수확된 과실의 품질은 차이가 날 수 있다. 또한, 양분의 흡수는 대목에 따라 달라지며, 특히 왜성대목은 일반대목과 크게 다르며 재배품종에 따라서도 엽내 무기성

분함량은 다르다고 알려져 있다.

그러므로, 최근과 같이 사과재배가 10a당 167~270주를 재식하는 밀식재배의 추세로 나간다면 이에 따른 목표 수량설정과 목표수량에 따른 안정된 수세를 유지하면서 품질이 우수한 과실을 생산할 수 있는 영양진단의 기준이 다시 설정되어야 한다.

외국에서는 왜성 사과원은 일반 사과원과 영양관리 개념을 달리하여 왜성사과원의 영양공급과 과실품질, 수량과의 관계를 종합하여 합리적 시비를 위한 영양진단의 지표를 만들려는 연구를 수행하고 있다. 한편, 최근 선진국에서는 생산물과 토양의 오염을 최소화할 수 있도록 농약살포를 최소한으로 하고 비료를 적게 주면서 과실을 생산하는 과실종합생산 관리체제로 전환되고 있다. 국내의 과수도 국제경쟁력을 제고하거나 유지하기 위하여 과실종합생산 관리체제로 전환되어야 한다. 따라서 적정 비배관리를 위하여 시기별 양분의 변화와 과실품질과의 상호관계를 설정할 필요가 있다. 또한, 수세와 과실품질에 민감하게 영향을 미치는 엽중 질소의 진단기준이 필요하며 이를 위하여 간편하고 신속하게 진단할 수 있는 방법이 필요하다. 최근에 국내에서 엽록소계(SPAD-502)를 이용하여 잎의 질소함량 측정법에 대한 연구가 발작물과 채소작물에서 활발하게 진행되고 있으나 과수에서 이에 대한 연구가 거의 되고 있지 않다.

그러므로 본 연구에서는 우선 현재 M.26대목을 중간대목으로 하여 10a당 125~167주를 재식하여 중밀식재배를 하고 있는 왜성사과원을 대상으로 과원별이 아닌 사과나무 개체별로 엽과 토양을 분석하고, 수세, 착과수, 과실품질 등을 비교하여 목표 수량에 따른 적정 수세 및 엽내 무기성분의 정상함량범위를 결정하여 M.26대목을 이용한 중밀식과원의 수세안정화를 위한 진단기준을 설정하고자 한다. 또한, 최근에 관심이 고조되고 있는 곁가지가 있는 M.9 자근묘를 이용하여 10a당 167~270주를 재식하는 초밀식과원의 결실초기의 수세안정화를 위한 진단기준을 설정하고자 한다. 아울러 엽과 과실의 무기성분함량과 과실품질과의 관계를 구명하여 생리장해 조기진단체계를 수립하고자 한다. 또한, 과실의 품질에 민감하게 영향을 미치는 엽중 질소의 간편하고 신속한 새로운 진단 기준이 설정되면, 농가가 쉽게 시비량을 결정하고 우량과실을 생산할 수 있는 기틀이 마련될 것이다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 M.26의 2중 접목묘를 이용하여 10a당 125~167주를 재식하는 중밀식 사과원과 곁가지가 있는 M.9 자근묘를 이용하여 10a당 238주를 재식하는 초밀식과원의 고품질 과실생산을 위한 수세 안정화 진단기준을 설정하고, 엽과 과실의 무기 성분함량과의 관계를 구명하여 고품질 과실생산을 유도하고 시비처방에 활용하고자 3개의 세부과제에서 다음과 같은 연구를 실시하였다. 구체적인 연구개발내용은 다음과 같다.

세부 1 과제) M.9을 이용한 초밀식과원의 결실 초기의 영양진단 기준 설정

1. 과원간 결실량, 과실품질, 생육상태, 엽중 무기성분 함량 및 토양의 화학성 비교
2. 해결이 여부와 수량, 생육상태
3. 해에 따른 결실량, 생육상태, 과실품질, 엽중 무기성분의 변이정도
4. 결실량에 따른 생육상태, 엽중 무기성분함량, 수량, 과실품질 비교
5. 초밀식과원의 결실초기(2~년생) 3년간의 안정된 수세기준 설정
6. 초밀식과원의 결실초기의 엽중 무기성분의 정상 함량 범위 설정
7. 초밀식과원의 결실초기 수세안정화를 위한 진단기준 설정

세부 2 과제) M.26을 이용한 밀식과원 성과기의 수세 안정화를 위한 진단기준 설정

1. 과원간 결실량, 과실품질, 생육상태, 엽중 무기성분함량 및 토양의 화학성 비교
2. 해결이 여부와 수량, 생육상태
3. 해에 따른 결실량, 생육상태, 과실품질, 엽중 무기성분의 변이정도
4. 결실량에 따른 생육상태, 엽중 무기성분함량, 수량, 과실품질 비교
5. 밀식과원의 성과기 안정된 수세기준 설정
6. 밀식과원의 엽중 무기성분의 정상 함량 범위 설정
7. 밀식과원의 목표수량에 따른 수세안정화를 위한 진단기준 설정

협동과제) 엽과 과실의 무기성분함량과 과실품질과의 관계구명

1. 사과 ‘후지’ 품종의 시기별 잎의 무기성분 함량 범위 설정
2. 잎색 측정기(SPAD-502)를 이용한 잎의 질소함량 추정
3. 토양 양분함량과 잎의 무기성분함량과 관계
4. 토양 화학성과 과실 특성과의 관계
5. 사과 ‘후지’ 품종의 잎의 무기성분함량과 과실특성과의 상호관계
6. 사과 과실의 무기성분함량과 과실 특성과의 관계
7. 잎의 무기성분함량과 과실의 무기성분함량과 관계

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

결가지가 있는 ‘후지’/M.9 대묘로 재배하고 있는 초밀식과원의 결실초기의 수세안정화 기준설정과 M.26을 중간대목으로 이용하는 ‘후지’사과원 성과기의 목표수량에 따른 수세안정화를 위한 진단기준을 설정하였고, 특히 ‘후지’/M.26의 엽중 질소의 정상함량범위를 기존의 $2.49\sim 2.92\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 에서 $22.4\sim 25.8\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 $2.5\sim 3.4\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 낮아졌다.

생육 시기별 잎의 무기성분함량 범위를 설정함으로써 시기별 영양진단이 가능하고 잎색 측정기(SPAD-502)를 이용한 잎의 간이 질소함량 진단법을 확립하였다. 토양중 양분함량은 과실 특성에 영향이 적었으며 잎과 과실에 질소함량 많으면 착색과 당도가 떨어지고 토양의 유효인산이 많으면 잎의 질소함량이 증가하여 2차적으로 과실품질이 떨어지는 것을 예측할 수 있었다.

조사과원은 대부분 토양의 유효 인산함량이 정상함량범위를 훨씬 초과하여 토양과 수질오염의 원인이 되므로 시비량을 줄이는 대책이 필요하다.

SUMMARY

Sub project 1) Nutritional diagnosis criteria at the early cropping stage of super-high density orchard on M.9 rootstock

In order to determine the criteria for the stabilized tree growth in the super-high density apple orchard system, a total of 69 apple trees (feathered maiden tree of 'Fuji' grafted on self-rooted M.9 rootstock) at three different orchards(coded A, B, C) were investigated growth status, crop amount, foliar mineral nutrient contents and soil chemical properties for three years after first year fruiting.

The research results revealed that measurements of growth status, cropping and fruit quality varied among different orchards and also different trees in the same orchard. It was the same with the foliar mineral nutrient contents and soil chemical properties. Especially, lots of trees showed heavy yields at both the 1st and 2nd cropping year but poor cropping at the 3rd year.

Out of the trees tested without off-year cropping, most of trees cropped 35~55 fruits on the average per tree for three years. Therefore, the above trees are used to determine the criteria of stable tree growth and optimal mineral nutrient levels of leaf according to both yields and fruit qualities to be accomplished. Conclusively, the followings are the criteria for the stabilized tree growth and optimal levels of leaf mineral nutrients to accomplish the production of 3.3 ± 0.5 ton/10a and 14.0 ± 2.0 kg per tree with fruit qualities of 320g, 14. Bx and 0.33% acidity. The stabilized growth criterion was of shoot length(5cm over) on the average with 19 ± 4 cm on 2year-old branch, of terminal shoot length with 23 ± 3 cm, and of shoot regrowth rate with below 14% .

The optimal levels of leaf mineral nutrient in late July was 22.4 ± 1.9 g \cdot kg⁻¹ for N, 3.03 ± 1.42 g \cdot kg⁻¹ for P, 12.1 ± 1.8 g \cdot kg⁻¹ for K, 10.7 ± 2.0 g \cdot kg⁻¹ for Ca, 3.59 ± 0.47 g \cdot kg⁻¹ for Mg and 22.7 ± 3.4 mg \cdot kg⁻¹ for B.

Sub project 2) Nutritional diagnosis criteria for the stabilized tree growth in high-density orchard on M.26 rootstock at the primal cropping stage.

To determine the criteria of stabilized tree growth at the primal cropping stage apple orchard('Fuji'/M.26/seedling), three orchards (coded orchard A, B, C) were selected. The planting density per 10a and tree height were 125 trees and 4.0m, respectively in Orchard A, and 167 trees and 2.5m in Orchard B and C. A total of 60 trees with 20 trees from respective orchards were tested and measured of tree growth, cropping, fruit quality and foliar mineral nutrient levels for four years. Orchard A cropped 56.2 ± 18.0 kg per tree with an estimated yield of 7.0 ± 2.3 ton/10a on the average for four years while Orchard B had 34.2 ± 18.1 kg/tree with 5.8 ± 2.4 ton/10a, and C had 36.2 ± 16.1 kg/tree with 6.1 ± 1.3 ton/10a. The most productive Orchard A did not show off-year cropping during four years, while Orchard B showed 13 trees and Orchard C with 2 trees off-year cropping one time during four years. The fruit qualities including soluble solids/acidity and fruit skin color were better in Orchard A than Orchard C. The difference in fruit quality was presumably caused by the fact the Orchard A was lower in foliar N level of 24.4 ± 1.7 g \cdot kg⁻¹ than Orchard C with 26.5 ± 1.6 g \cdot kg⁻¹. The average fruit weights in three orchards were below 300g during four years.

In order to produce 45 ± 5 kg per tree and $5 \sim 6$ tons/10a with fruit characteristics of 300g, 14. Bx and 0.27% acidity. The criteria for stable tree growth and optimal levels of leaf mineral nutrient were as follows. For the stabilization of tree growth, the average shoot(5cm over) length of 18 ± 3 cm on the two year-old branches was desired with shoot regrowth rate of below 7%.

The optimal levels of leaf mineral nutrient in late July were 24.1 ± 1.7 g \cdot kg⁻¹ for N, 1.81 ± 0.29 g \cdot kg⁻¹ for P, 10.4 ± 1.6 g \cdot kg⁻¹ for K, 11.8 ± 1.6 g \cdot kg⁻¹ for Ca, 3.9 ± 0.8 g \cdot kg⁻¹ for Mg, and 26 ± 3 mg \cdot kg⁻¹ for B.

Cooperation project) Interrelations among mineral nutrients of leaf and fruit and fruit quality in 'Fuji' apples

The experiment was performed to determine the interrelations of mineral levels in leaf and fruit with fruit qualities in 'Fuji' apples on M.26 for three years from 2000 to 2002.

The chemical properties in the orchard soils tested were $615 \pm 377 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ for available P, $6.5 \pm 2.4 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ for exchangeable Ca, $1.9 \pm 0.8 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ for exchangeable Mg, $0.9 \pm 0.3 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ for exchangeable K and $21.9 \pm 7.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ for organic matter.

With foliar mineral nutrient contents in Fuji/M.26, a decrease was noted in N, P and K while an increase in Ca, no fluctuations in Mg from late May to late August. The relationship between the values detected by chlorophyll meter (SPAD-502) and leaf N contents was summarized as the equation : $Y = 0.599x - 0.7566$, $r = 0.81^{***}$ for late May, $Y = 0.4488X + 4.2401$, $r = 0.65^{***}$ for late June, $y = 0.3818x + 6.452$, $r = 0.64^{***}$ for late July, $Y = 0.3361X + 6.8796$, $r = 0.58^{***}$ for late August.

The relationship of nutrition levels in soils with those in leaf showed that the higher soil pH tended to decrease leaf K levels, and the higher soil organic levels tended to lower foliar P, Ca and Mg levels. The higher available P levels increased foliar N and K levels, and the increasing level of exchangeable K tended to decrease foliar P and Mg levels. The increasing exchangeable Ca level increased foliar P while the higher exchangeable Mg level decreased foliar N and K, but increased Mg level. No relationship was observed between soil chemical properties and fruit characteristics.

Foliar P level was positively correlated with fruit skin colour, while foliar K showed no relationship with fruit characteristics. Foliar Ca level was positively but not significantly correlated with fruit traits, while foliar Mg level was negatively but not significantly related with fruit skin colour.

N levels in fruit skin and flesh was negatively correlated with soluble solids contents and skin colour, while P in flesh was positively related with acidity. With Fuji/M.26, foliar N level in May was positively related with N level in fruit skin and flesh. Also, a positive relation was revealed in foliar P level with flesh P, and in foliar K levels with K level in fruit skin. Foliar Ca and Mg levels were not correlated with Ca and Mg levels in fruit skin and flesh.

CONTENTS

Chapter I.	Outline of Research Projects -----	13
Chapter II.	Status of technological development in Korea and overseas ----	17
Section 1.	Standardized diagnosis criteria for the stabilized tree growth in orchard -----	17
Section 2.	Fruit quality as related by the mineral nutrient contents in leaf and fruit -----	18
Chapter III.	Contents and results of the research experiments -----	21
Section 1.	Nutritional diagnosis criteria at the early cropping stage of super -high density orchard on M.9 rootstock (Sub-project 1) -----	21
1.	Research approach and experimental methods -----	21
2.	Results and discussion -----	22
A.	Comparison of tree growth, crop loading, fruit quality, leaf mineral contents, and soil chemical properties among orchards investigated -	22
B.	Comparison of tree growth, crop loading and fruit quality with leaf mineral contents on the based of the estimated yield per 10a ----	36
C.	Determination of stabilized tree growth and standard levels of leaf mineral nutrient according to goal yield -----	47
3.	Summary -----	51
Section 2.	Nutritional diagnosis criteria for the stabilized tree growth in high-density orchard on M.26 rootstock at the primal cropping stage(Sub-project 2) -----	52
1.	Research approach and experimental methods -----	52
2.	Results and discussion -----	53
A.	Comparison of tree growth, cropping loading, fruit quality, leaf mineral contents, and soil chemical properties among orchards investigated -	53

B. Comparison of tree growth, crop loading and fruit quality with leaf mineral contents on the basis of yield per tree -----	66
C. Determination of stabilized tree growth and standard levels of leaf mineral nutrient according to goal yield -----	76
3. Summary -----	80
Section 3. Interrelations among mineral nutrients of leaf and fruit and fruit quality in 'Fuji' apples(Cooperation project) -----	81
1. Research approach and experimental method -----	81
2. Results and discussion -----	82
A. Yearly changes in soil chemical properties and leaf mineral nutrient contents -----	82
B. Seasonal changes of leaf mineral nutrient contents -----	88
C. Leaf chlorophyll index measured by SPAD-502 as related by leaf nitrogen contents -----	90
D. Interrelations among nutritional status in soil and leaf and fruit characteristics -----	96
E. Relations between mineral nutrient contents in fruit and fruit characteristics -----	102
F. Correlation coefficients between mineral nutrient contents in leaf and fruit -----	102
3. Summary -----	105
Chapter 4. Goal accomplishment and contribution to the field of disciplines related -----	106
Chapter 5. Applications of research results -----	108
Chapter 6. Literature cited -----	109

목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요	13
제 2 장	국내외 기술개발 현황	17
제 1 절	과수원의 수세안정화를 위한 진단 기준의 설정	17
제 2 절	엽과 과실의 양분함량과 과실품질과의 관계	18
제 3 장	연구개발수행 내용 및 결과	21
제 1 절	M.9을 이용한 초밀식 과원의 결실초기의 수세안정화를 위한 진단 기준 설정(세부 1과제)	21
1.	연구 접근 및 수행방법	21
2.	연구결과	22
가.	조사과원 시험수의 묘목소질, 생육상태, 결실량, 과실품질 및 엽중 무기성분 함량과 토양 화학성 비교	22
나.	10a당 추정수량으로 구분한 시험수의 생육상태, 결실량, 과실품질과 엽중 무기성분 함량 비교	36
다.	목표수량, 안정된 수세 및 엽중 적정 무기성분 함량 설정	47
3.	요 약	51
제 2 절	M.26을 이용한 밀식과원의 성과기의 수세 안정화를 위한 진단기준 설정 (세부 2과제)	52
1.	연구 접근 및 수행방법	52
2.	연구결과	53
가.	조사과원 시험수의 묘목소질, 생육상태, 결실량, 과실품질 및 엽중 무기성분 함량과 토양의 화학성 비교	53
나.	10a당 추정수량으로 구분한 시험수의 생육상태, 결실량, 과실품질과 엽중 무기성분 함량 비교	66
다.	목표수량, 안정된 수세 및 엽중 적정 무기성분 함량 설정	76
3.	요 약	80

제 3 절	엽과 과실의 무기성분함량과 과실품질과의 관계 구명(협동과제)	81
1.	연구 접근 및 수행방법	81
2.	연구결과	82
가.	연도별 토양 화학성, 잎 및 과실의 무기성분 함량, 과실 특성	82
나.	생육 시기별 엽중 무기성분 함량 범위	88
다.	엽록소계(SPAD-502) 측정치와 잎 질소함량과의 관계	90
라.	토양과 잎의 양분함량과 과실의 특성과의 관계	96
마.	과실의 무기성분과 과실 특성과 관계	102
바.	엽중 무기성분 함량과 과실의 무기성분 함량과의 상관관계	102
3.	요 약	105
제 4 장	목표달성도 및 관련분야에의 기여도	106
제 5 장	연구개발결과의 활용계획	108
제 6 장	참고문헌	109

제 1 장 연구개발과제의 개요

농산물 수입개방 이후 원예산업에서 과수산업이 차지하는 비율은 매년 증가하고 있으나 과수산업 중 사과산업이 차지하는 비율은 점차 감소의 추세에 있다. 현 시점에서 사과산업이 살아 남기 위해서는 안정된 과실생산과 과실의 품질을 향상시키고 작업의 생력화를 하여야 한다.

오늘날 우리나라의 사과재배는 과거의 환엽해당이나 삼엽해당의 실생 등 일반대목을 이용하여 10a당 12~18주를 재식하여 나무를 크게 키우는 소식재배를 하는 것이 아니라 왜성대목인 M.26대목을 중간대목으로 이용하여 10a당 57~125주를 재식하는 중밀식재배가 주류를 이루고 있다. 더욱이, 최근에는 M.26보다 더 왜화가 되는 M.9대목을 자근묘로 이용하여 10a당 167~270주를 재식하여 작업의 생력화와 조기다수확을 목적으로 하는 저수고 밀식재배에 대한 관심이 고조되고 있다. 또한, 主 재배품종도 60~70년대의 ‘국광’과 ‘홍옥’ 품종의 위주에서 최근에는 ‘후지’ 품종의 위주로 바뀌었다.

그러나 우리나라의 왜성대목을 이용한 왜화재배는 수형구성과 비배관리 등 재배기술의 미흡으로 많은 과수원이 수세의 불안정으로 해에 따라 결실이 불안정하고 과실착색이 문제가 되고 있다. 또한, 主 재배품종인 ‘후지’ 품종은 맛에 있어서는 매우 우수하나 재배여건에 따라 착색이 불량한 것이 문제가 되고 있다.

따라서 우리나라 사과재배의 당면 목표는 왜성대목을 이용한 ‘후지’ 품종에서 품질이 양호한 과실을 해거리 없이 매년 많이 생산하는 것이다. 그러기 위하여 무엇보다 중요한 것은 수세를 안정시키는 일이다. 안정된 수세를 판정하는 기준은 육안으로 판정하는 방법과 엽분석에 의한 방법이 일반적으로 통용되고 있다.

육안으로 판정할 때 안정된 수세의 기준은 엽색과 신초생장의 정도이다. 엽색의 경우 일본이나 우리나라에서 칼라차트를 만들어 안정된 수세의 엽색의 기준을 수치로 제시하고 있으나 그 구분이 매우 애매하여 실용화가 되고 있지 않다. 따라서 육안판정에 의한 수세판단은 주로 신초생장의 정도로 판단하고 있다. 밀식하지 않은 일반 사과원에서는 일반적으로 절단하지 않은 가지에서 자란 신초장이 30cm미만이고, 신초의 생장정지시기가 6월 하순~7월 상순으로 재신장되는 신초의 비율과 도장지의 발생이 적은 나무를 수세가 안정되었다고 판단하고 있다. 그러나, 일반과원에서 적용되는 안정된 수세의 기준이 M26을 이용한 중밀식과원이나 M9을 이용한 밀식과원에서도 그대로 적용할 수 있을지는 의문이나, 이에 대한 연구는 외국이나

국내에서 거의 되어 있지 않은 실정이다.

수세안정화의 기준을 판정하는 또 다른 방법은 엽분석에 의한 것이다. 수세에 영향을 미치는 요인은 전정방법, 잎의 관리정도, 착과정도, 지력, 시비량 등 여러 가지가 있는데 이중 어느 하나라도 소홀히 하면 수세는 영향을 크게 받게 된다. 이들 요인중 그 효과가 서서히 나타나기 때문에 많은 재배자들이 소홀하게 하기 쉬운 요인은 비배관리이다.

비료요소중 질소는 다른 비료요소에 비하여 수체의 생장과 과실품질에 미치는 영향이 매우 크다. 우리나라의 경우 많은 사과 과수원이 질소시비의 과다로 수세가 불안정하고, 특히 사과 ‘후지’ 품종의 착색불량으로 과실의 품질저하를 초래하고 있다고 필자는 생각하고 있다. 또한, 토양중 과도한 질소비료의 축적은 다른 무기영양원소가 식물체로 흡수되는 것을 방해하고, 토양과 수질의 오염원이 되고 있다.

질소 등 비료요소의 시비기준은 토양 및 환경조건, 재식밀도, 수령, 품종 등을 고려한 시비시험을 실시하여야만 결정할 수 있는데 많은 시일과 예산이 소요되고 관여하는 요인이 많기 때문에 일부지역의 시험결과가 나와도 다른 지역에서 그대로 적용할 수가 없다. 따라서, 많은 경우에는 비료요소의 과부족에 따른 수체내 양분변화가 가장 민감하게 나타나는 엽을 분석하고 토양을 분석하므로써 기설정되어 있는 기준치와 비교하여 수체의 영양상태를 진단하여 시비량을 조절하고 있다.

엽분석에 의한 영양진단은 외국에서 뿐만 아니라 국내에서도 사과, 배, 복숭아, 포도, 감귤과 참다래에서 엽내 무기성분별 엽내 적정 함량범위가 설정되어 실시되고 있다. 일반적으로 엽내 무기성분함량의 표준치 설정은 수세와 생산성이 안정되고 양질의 과실을 생산하는 과원을 대상으로 엽분석을 하여 그것을 기준으로 표준치를 설정한다.

우리나라의 경우는 尹(1967)에 의하여 사과나무의 엽내 표준함량이 처음으로 설정되었다. 그러나, 尹이 설정한 엽내 표준함량은 당시의 주 재배품종인 ‘국광’과 ‘홍옥’ 품종을 일반대목에 접목하여 10a당 12~18주를 재식하는 소식재배과원에서 10a당 3,000kg정도 수확하는 과실품질이 우수한 과원을 대상으로 하였다. 그 이후 후 등(1988)이 M.26을 중간대목으로 이용한 ‘후지’ 품종이 10a당 57~80주를 재식하는 중밀식과원에서 10a당 3,000kg내외를 수확하는 과실품질이 우수한 과원을 대상으로 ‘후지’ 품종의 엽내 표준함량치를 설정하였다.

그러나, 이들이 설정한 엽내 무기성분함량의 표준치 설정은 수세와 생산성이 안

정되고 양질의 과실을 생산한다고 인정되는 과원들을 선정하여 과원별로 대표되는 나무를 몇 주 선정하여 이들 나무에서 채취한 시료를 분석하여 그 과원의 영양지표로 삼고 이들 과원의 분석한 평균치를 기준으로 하였다.

동일한 과원내에서도 수세와 착과량에 따라 엽내 무기성분함량과 수확된 과실의 품질은 차이가 날 수 있다. 윤과 신 등(1988)의 보고에서는 안정된 수세의 기준이 명시되어 있지 않고, 수세에 따른 또는 착과량에 따른 엽내 함량의 차이를 비교하지 않고 단순히 우량과원의 엽내 함량을 기준으로 하여 적정함량 범위를 설정하였다.

따라서 최근과 같이 사과재배가 10a당 167~270주를 재식하는 밀식재배의 추세로 나간다면 이에 따른 목표 수량설정과 목표수량에 따른 안정된 수세를 유지하면서 품질이 우수한 과실을 생산할 수 있는 영양진단의 기준이 다시 설정되어야 한다.

양분의 흡수는 대목에 따라 달라지며, 특히 왜성대목은 일반대목과 크게 다르며 재배품종에 따라서도 엽내 무기성분함량은 다르다고 알려져 있다. 왜성대목은 일반대목과 생리적으로 다른 점이 많으며 생리적으로 구멍이 안된 생리장해도 많이 발생하고 있다. 이러한 원인이 주로 시비의 불균형으로 발생하는 것이다. 외국에서는 왜성사과원은 일반 사과원의 영양관리 개념과 달리하여 왜성사과원의 합리적인 영양공급과 영양진단, 과실품질, 수량과의 관계를 종합하여 시비, 과실품질, 영양진단의 지표를 만들려는 연구를 수행하고 있다(Parent와Granger, 1989). 한편, 최근 선진국에서는 생산물과 토양의 오염을 최소화할 수 있도록 농약살포를 최소한으로 하고 비료를 적게 주면서 과실을 생산하는 과실종합생산 관리체제로 전환되고 있다. 국내의 과수도 국제경쟁력을 제고하거나 유지하기 위하여 과실종합생산 관리체제로 전환되어야 한다. 따라서, 적정 비배관리를 위하여 시기별 양분의 변화와 과실품질과의 상호관계를 설정할 필요가 있다. 또한, 수세와 과실품질에 민감하게 영향을 미치는 엽중 질소의 진단기준이 필요하며 이를 위하여 간편하고 신속하게 진단할 수 있는 방법이 필요하다. 최근에 국내에서 엽록소계(SPAD-502)를 이용하여 잎의 질소함량 측정법에 대한 연구가 발작물과 채소작물에서 활발하게 진행되고 있으나 과수에서 이에 대한 연구가 거의 되고 있지 않다.

그러므로 본 연구에서는 우선, 현재 M.26대목을 중간대목으로 하여 10a당 125~167주를 재식하여 중밀식재배를 하고 있는 왜성사과원을 대상으로 과원별이 아닌 사과나무 개체별로 엽과 토양을 분석하고, 수세, 착과수, 과실품질 등을 비교하여 목표수량에 따른 적정 수세 및 엽내 무기성분의 정상함량범위를 결정하여 M.26대목을

이용한 중밀식과원의 수세안정화를 위한 진단기준을 설정하고자 한다. 또한, 최근에 관심이 고조되고 있는 결가지가 있는 M.9 자근묘를 이용하여 10a당 167~270주를 재식하는 초밀식과원의 결실초기의 수세안정화를 위한 진단기준을 설정하고자 한다. 아울러, 엽과 과실의 무기성분함량과 과실품질과의 관계를 구명하여 생리장해 조기 진단체계를 수립하고자 한다. 또한, 과실의 품질에 민감하게 영향을 미치는 엽중 질소의 간편하고 신속한 새로운 진단 기준이 설정되면, 농가가 쉽게 시비량을 결정하고 우량과실을 생산할 수 있는 기틀이 마련될 것이다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 과수원의 수세안정화를 위한 진단기준의 설정

품질이 우수한 과실을 생산하기 위하여 무엇보다 중요한 것은 안정된 수세를 유지시키는 일이다. 김 등(1996)은 M.26에 접목된 사과 ‘후지’품종에서 생산성이 높은 나무의 평균 신초장은 29.7cm이고 15~30cm 범위의 신초가 대부분이었으나 생산성이 낮은 나무의 평균 신초장은 41.0cm로 크고 특히 60cm이상의 도장성 신초의 발생이 많았다고 보고하였다. 또한 수세가 안정된 나무는 과실의 착색과 당도 등 과실의 품질이 수세가 강한 나무에 비하여 더 좋다고 하였다. 실제로 일본의 경우, ‘후지’품종에서 신초의 길이가 30cm미만으로 자라고 이차생장과 도장지의 발생이 적은 나무를 수세가 안정된 나무로 재배자들에게 지도하고 있다.

그러나 매년 목표하는 수량을 수확하면서 우수한 품질을 유지할 수 있는 나무의 수세와 무기성분함량의 기준치를 설정한 연구는 국내에서는 아직까지 시도된바 없다.

또한 M.9의 자근묘를 이용한 밀식재배의 경우 재식 후부터 결실초기의 수세와 수체 영양상태는 초기의 결실과 과실품질에 미치는 영향이 클 것으로 판단되나 이에 대한 연구는 국내에서는 전무한 실정이다.

과수원에서 엽분석에 의한 영양진단은 국내외에서 오래 전부터 실시되어 왔다. 우리나라의 경우 사과(尹, 1967, 辛 등, 1988), 배(尹, 1967), 복숭아(鄭 등, 1970), 포도(鄭 등, 1971), 감귤(文 등, 1980) 등에서 영양진단을 위한 엽내 정상함량범위가 설정된바 있다.

과수의 엽내 성분함량은 품종이나 재배환경에 따라 다르다고 알려져 있다. Kenworthy(1950)는 사과의 엽분석 결과 질소, 인산, 칼리, 마그네슘, 망간, 철, 붕소 등은 품종에 따라 엽내 성분함량이 다르므로 품종별 표준치를 설정하여야 한다고 보고하였다. 杉山 등(1952)과 尹(1967)도 그 이후의 보고에서 이와 같은 사실을 재확인하였다. 한편 杉山 등(1952)은 조사지역에 따라 동일품종에서도 엽내 성분함량이 상당한 차이가 있다고 보고하였다. 그러나, 우리나라의 경우 주요 사과주산지의 기상환경은 큰 차이가 없으므로 동일품종에서 지역에 따른 성분함량의 차이는 크지 않을 것으로 생각된다.

우리나라에서는 1967년에 尹에 의하여 일반대목에 접목된 사과 국광과 홍옥품종의 엽내 무기성분함량 표준치가 설정되었고, 1988년 辛 등에 의하여 왜성대목에 접목된 후지품종의 엽내 무기성분함량의 표준치가 설정되었다.

일반적으로 엽내 무기성분함량의 표준치 설정은 수세와 생산성이 안정되고 양질의 과실을 생산하는 과원을 대상으로 엽분석을 하여 그것을 기준으로 표준치를 설정한다. 그러나 尹(1967)의 경우는 우량과원의 기준을 주로 수량의 다소로 설정하여 우량과원의 10a당 시비량이 질소 21.4kg, 인산 16.5kg, 칼리 27.8kg으로 비교적 다비재배를 하는 경향이였다. 辛 등(1988)의 경우는 우량과원의 기준이 명시되어 있지 않고, 조사된 과원의 시비량도 우량과원의 구분이 없어 금후 초밀식재배의 적정시비량을 결정하는 기초자료로 이용하기에는 미흡한 점이 많다. 또한 辛 등(1988)이 조사한 전국 사과과원의 10a당 시비량이 尹(1967)이 조사한 시비량보다는 많이 감소되었지만, 필자의 생각으론 아직도 필요이상의 과다시비로 수세가 불안정의 원인이 되고 있고, 토양과 수질의 오염원이 되고 있다. 한편, 농촌진흥청(1999)에서는 질소공급원이 되는 토양 유기물을 검정해서 질소시비량을 결정하고 있다. 즉 사과원 토양의 평균 유기물함량 범위에서는 사과의 추천 시비량의 표준치를 적용하고, 평균 유기물함량 범위보다 많으면 20%정도 시비량을 줄이고, 평균 유기물함량 범위보다 낮으면 20% 시비량을 많이 주면 좋다고 하였다. 그러나 필자가 보기에는 질소비료의 추천 시비량(15~20kg)이 너무 많고 단순히 토양내 유기물함량만으로 시비량을 결정하고 수체내 성분함량과 생장반응은 고려되지 않아 실용화에는 문제가 있다. 따라서 수세안정과 고품질과실의 생산 및 지속적인 환경농업을 위하여는 적정시비를 위한 영양진단 지표가 다시 설정되어야 하나 이에 대한 연구가 없다.

제 2 절 엽과 과실의 양분함량과 과실품질과의 관계

일반농가에서는 수체의 영양상태 판단을 신초의 생장상태와 엽색으로 하고 있다. 신초의 생장은 수체의 저장양분과 질소공급량의 다소에 따라서 달라지는데 이들 요인 이외에도 수상에서 신초가 발생하는 위치, 모지의 사립도, 기후, 토양조건 등에 따라서도 크게 영향을 받는다. 수세가 강하다는 것은 신초의 생장이 왕성하다는 것을 의미하고 있으므로 일본에서는 정단신초길이와 과실수량과의 관계를 밝혀 내었

고, 또한 엽내 질소함량과 과실수량과의 관계에 대해서도 연구를 수행하고 있다. 뭇와 張(1987)은 후지품종에 있어서 당년의 신초생장은 전년도의 결실상태에 따라서 크게 영향을 받는다고 하였다. 이는 생육초기의 신초생장은 저장양분의 영향을 크게 받는다는 것을 의미하기 때문에 신초장만 가지고 영양상태 및 수세를 판단하기는 어려운 점이 많다. 뭇 등(1984)이 전북지역의 왜성대목에 접목된 '후지'품종에서 영양진단을 위한 엽분석을 한 결과 다른 영양원소는 큰 차이가 없으나 질소함량은 매년 증가하는 결과를 나타내었다.

'후지'품종에 있어서 과실품질을 결정하는 중요한 요인중의 하나는 着色이다. 山崎 등(1970)은 과실의 착색과 엽중 질소함량과는 負의 상관관계가 있다고 하였다. 그러나 이 결과는 '골든데리셔스'품종에 대한 결과이고 '후지'품종에 대한 결과는 아니므로 왜성대목에 접목된 '후지'품종의 정확한 성적을 도출하여 농민들이 이를 받아들이고 이용할 수 있는 연구가 전혀 되어 있지 않은 실정이다.

질소의 과다는 과실의 품질을 불량하게 하므로 일본에서는 엽색과 착과수, 과실품질과의 상관관계를 구하기도 하였다. 실제로 엽색과 엽중 질소함량은 고도의 正의 상관관계를 나타내어 엽색으로 질소의 영양상태를 알 수 있어 우리나라에서도 엽색칼라차트를 만들어 농민에게 지도하고 있다. 그러나, 우리나라 사과원의 엽내 질소의 적정함량범위가 너무 높게 책정되어 있어 이 함량을 기준으로 하여서는 과실품질을 판단하기가 어렵다.

수체의 무기양분상태는 바로 과실의 품질에 크게 영향을 미치기 때문에 외국에서는 수확전 영양조건이 수량과 과실품질에 미치는 영향에 대한 연구는 많은 품종에서 보고되어 왔다. Fallahi 등(1985)은 6가지 대목에 접목된 Starkspur Golden Delicious 품종에서 내생 에틸렌, 과실 크기, 무기성분농도와 과실품질과의 관계를 연구하였다. Bramlage 등(1985)과 Marmo 등(1985)은 McIntosh 품종에서, Fallahi와 Righetti(1985)는 Starkspur Golden Delicious 품종에서, Fallahi와 Simons(1996)는 Redchief Delicious와 Redspur Delicious 등 Delicious계통의 품종서 수확전 영양상태로 과실의 품질을 예측하는 연구를 수행하였다. 이들의 연구에서 지금까지 밝혀진 사실은 질소, 인산, 칼리는 엽내 함량과 과실내 함량과는 고도의 상관관계가 있어 엽분석에 의하여 이들의 함량을 예측할 수 있으나 칼슘과 마그네슘은 엽과 과실간에 상관이 없다고 하였다.

엽과 과실간의 성분함량과 과실품질과의 상관은 품종, 토양, 기후조건, 수세 등에

따라 차이가 나리라고 생각되나 우리나라 사과의 주 품종에 대한 연구는 전혀 되어 있지 않다.

우리 나라는 시비처방을 위한 영양진단 방법으로 7월 하순에서 8월 상순에 잎의 무기성분함량을 분석하여 진단하고 시비처방을 하게 되어 있으나 이때는 추비를 놓치기 때문에 당년의 시비처방은 할 수 없어 실효성이 떨어지고 있다. 따라서 생육 초기의 영양진단이 중요하나 생육초기의 기준이 없으며 수확기에 과실품질을 예측할 수 있는 생육 단계별 기준이 필요하나 이 또한 기준설정이 되어 있지 않아 수확기의 과실품질을 예상할 수 없어 곤란을 겪고 있다.

잎과 과실의 무기성분함량과 과실품질과의 상관은 품종, 토양 및 기후조건 등에 차이가 있겠으나 우선 우리 나라의 주 품종인 '후지'에 대한 연구가 수행되어야 하며 생육 시기별 영양진단 기준을 설정하여 시비처방에 활용토록 하는 것이 합리적인 시비를 유도할 수 있다 또한 사과나무 시비에서 가장 문제가 되는 질소함량을 측정할 수 있는 방법으로 정확성은 조금 떨어지지만 현장에서 신속 간편하게 진단하는 방법 개발도 필요하다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 M.9을 이용한 초밀식 과원의 결실초기의 수세 안정화를 위한 진단 기준 설정(세부 1과제)

1. 연구 접근 및 수행방법

재식후 미결실 상태에서의 나무의 수세와 수체의 영양상태는 결실개시기와 밀접한 관계가 있다. 특히 최근에 M.9를 이용한 초밀식재배의 경우 재식 1~4년간의 나무의 수세는 금후 생산되는 과실의 생산량 및 품질과 밀접한 관계가 있을 것으로 판단된다.

본 연구는 초밀식과원에서 결실초기의 수세안정화를 위한 진단기준 설정을 위하여 M.9대목에 접목한 '후지'품종으로 곁가지가 있는 대묘를 재식거리 3.5m×1.2m로 10a당 238주를 재식한 사과원을 대상으로 실시하였다. 조사대상 과원은 외국에서 묘목을 도입하여 재식한 과원 A와 B 2개소와 국내에서 생산한 묘목으로 재식한 과원 C 1개소 합계 3개소로 하였다. 과원당 조사주수는 A와 B과원은 각 20주를 C과원은 29주 모두 69주로 결실이 안된 재식 1년차에 묘목의 소질 및 생육정도를 예비조사를 하였다. 결실초기 3년간의 안정된 수세기준과 엽중 무기성분 기준치를 설정하기 위하여 재식 2년차부터 4년차 까지(3년간) 나무별로 신초생장 정도와 착과량 및 과실품질을 조사하고, 엽과 토양의 무기성분을 분석하였다.

엽시료의 채취는 예비조사 및 시험 1~년차에는 7월 하순에 조사수의 사람키의 높이에 있는 신초의 중간부위에 있는 건전엽을 40정도 채취하였고, 시험 3년차에는 5월 하순부터 10월 하순까지 1개월 간격으로 6회 건전엽을 25정도 채취하였다. 채취한 시료는 빙초산과 증류수로 세척한 후 건조기에서 80~90℃온도로 건조 후 40mesh정도로 분쇄하여 분석시료로 하였다.

토양시료는 7월 하순에 엽시료를 채취한 나무의 주변에서 0~30cm부위의 토양을 채취하여 그늘에서 말린 후 20mesh체로 걸러서 분석시료로 하였다.

엽내 무기성분함량의 분석은 질소는 Kjeldahl법으로 정량하고, 인산은 vanadate법으로, 붕소는 curcumin법으로 비색정량하였다. 칼리, 마그네슘, 철, 망간 등 그 이외의 성분은 Ternary soln.으로 분해 후 원자흡광분광도계(Perkin Elmer 2380)를 이

용하여 분석하였다.

토양산도는 pH meter로, 유효인산은 Lancaster법으로, 유기물은 Tyurin법으로 측정하였다. 치환성 칼리, 칼슘, 마그네슘은 ammonium acetate로 추출후 원자흡광분광광도계를 이용하여 분석하였다.

무기성분별 엽내 무기성분의 기준치 설정방법은 윤(1967)의 방법으로 하였다.

신초장은 절단하지 않은 2년생지 6~8개를 선정하여 조사지에 발생한 모든 신초의 길이를 측정후 5cm 이상 되는 신초의 평균을 평균신초장 I으로 하고, 0.5cm 이상 되는 신초의 평균을 평균신초장 II로 하였다. 평균신초장을 조사하는 가지를 대상으로 선단 신초장과 신초의 재신장율을 조사하였다.

과실품질의 조사는 나무별로 수확시에 10개의 과실을 임의로 채취하여 과중, 경도, 당도, 산함량 및 과피의 anthocyanin과 chlorophyll함량을 조사하였다. 과실의 착색정도를 보기위하여 과피를 일정량 disc punching하여 anthocyanin은 1.5N HCl과 95% ethanol을 15:85로 혼합한 용액으로 15시간 추출한 후 OD 535nm에서 흡광도를 측정하였다. 과피의 chlorophyll은 Ozerol과 Titus(1965)의 방법으로 추출 계산하였다. 과실의 당도는 굴절당도계(ATAGO ATC-1)로, 경도는 경도계(일본 藤原제작소 kg/Ψ5mm)로 측정하였고, 산함량은 0.1N NaOH로 적정후 malic acid로 환산하였다.

평균과 표준편차는 SPSS를 이용하여 계산하였는데, 3년간 평균과 표준편차는 년도별 평균치를 대상으로 계산한 것이 아니고, 조사 개체수의 3년간 수치 모두를 대상으로 계산하였다. 예를 들어 20나무에서 신초 재신장율을 3년간 조사하였다고 하면, 3년간 신초 재신장율의 평균과 표준편차는 60(20주×3년=60개체)개의 조사 수치를 대상으로 계산하였다.

2. 연구결과

가. 조사과원 시험수의 묘목소질, 생육상태, 결실량, 과실품질 및 엽중 무기성분 함량과 토양의 화학성 비교

1) 묘목소질

시험수의 묘목의 소질은 표 1에서 보는 바와 같다. 결가지수는 A과원 16.3±3.4개, C과원 16.4±3.2개로 B과원 14.6±3.0개보다 약간 많은 경향이였다. 결가지 총길

이와 평균 곁가지 길이도 B과원이 A와 C과원에 비하여 적은 편이었다. 그러나, 곁가지의 길이별 분포 비율은 곁가지수나 곁가지 총길이 및 평균 곁가지 길이와는 다른 양상을 나타내었다. 즉, 외국에서 도입한 묘목을 재식한 A와 B과원의 경우 20cm 이상의 곁가지 비율이 각각 $68.8 \pm 14.0\%$, $68.1 \pm 15.1\%$ 로 국내에서 생산한 묘목을 재식한 C과원 $49.2 \pm 17.7\%$ 보다 높았다. 반면에 10cm 미만의 곁가지 비율은 C과원이 $34.8 \pm 3.2\%$ 로 A과원 $9.6 \pm 8.7\%$, B과원 $13.0 \pm 10.0\%$ 보다 현저히 높았다. 묘목의 간경은 C과원이 $2.71 \pm 0.27\text{mm}$ 로 A과원 $2.16 \pm 0.15\text{mm}$, B과원 $2.15 \pm 0.12\text{mm}$ 보다 굵었다.

묘목의 곁가지는 A와 B과원의 경우 모든 묘목이 접목부위 상단 70cm부터 발생하였으나, C과원의 경우는 재식전 묘목이 모두 접목부위 바로 상단부터 부착되어 있었으나 시험수 중 15주는 A나 B과원과 같이 접목부위로부터 70cm까지에 있는 곁가지는 재식후 제거하였고, 14주는 하단부위의 곁가지를 제거하지 않은 채로 초기 2년간(재식후 2~3년)은 결실 시킨 후 4년차에 접목부 70cm 하단에 있는 곁가지를 제거하였다.

2) 생육상태

과원별 시험수의 4년간 생육상태를 비교하면 표 2와 같다.

2년생지상의 5cm 이상 신초의 평균 길이인 평균 신초장 I은 A과원의 경우, 미결실 상태인 재식당년에는 $17.8 \pm 6.7\text{cm}$ 로 결실상태인 2~4년차 $21.3 \pm 4.1\text{cm}$ 보다 낮았고, B과원의 경우, 미결실 상태인 재식 당년에는 $20.2 \pm 4.2\text{cm}$ 로 결실상태인 2~4년차 $21.6 \pm 4.8\text{cm}$ 와 차이가 없었다. 그러나 C과원의 경우 미결실 상태인 재식 당년에는 $22.4 \pm 3.6\text{cm}$ 로 결실상태인 2~4년차 $17.8 \pm 3.7\text{cm}$ 보다 높아 과원간에 차이가 있었다. 그러나 2년생지상의 0.5cm 이상되는 신초의 평균길이인 평균신초장 II의 경우, 미결실 상태인 1년차와 결실상태인 2~4년차와 차이가 없었고, 과원간에도 차이를 인정할 수 없었다.

표 1. 조사과원 시험수의 묘목 소질

조사 과원	조사 주수	결가지 수	결가지의 길이별 분포비율(%)			결가지 총길이 (cm)	결가지 평균길이 (cm)	간경 (mm)
			<10cm	10-20cm	>20cm			
A	20	16.3±3.4	9.6± 8.7	21.7±10.4	68.8±14.0	551±167	34.0± 7.8	2.16±0.15
B	20	14.6±3.0	13.0±10.0	18.9±10.0	68.1±15.1	447±115	31.7±10.7	2.15±0.12
C	29	16.4±3.2	34.8± 7.7	15.6± 8.9	49.2±17.7	565±143	34.3± 7.7	2.71±0.27

표 2. 조사과원 시험수의 년도별 신초생장

조사 과원	수령	평균신초장 ¹⁾ (cm)		선단신초장 (cm)	신초재신장율 (%)
		I	II		
A	1	17.8±6.7	7.4±3.7	18.1±8.5	17.2±11.0
	2	21.2±4.3	5.4±1.5	31.2±7.3	21.5±14.4
	3	22.8±4.6	10.4±2.1	35.2±3.5	10.7± 7.4
	4	20.0±2.9	7.4±1.4	28.9±3.7	4.3± 2.3
	평균 (2~4년)	21.3±4.1	7.8±2.6	31.8±5.7	12.2±11.7
B	1	20.2±4.2	5.8±2.1	17.8±6.3	25.6±14.5
	2	20.8±2.8	7.6±2.5	32.4±3.4	5.1± 2.9
	3	23.3±6.7	4.3±3.2	29.8±6.6	14.7±10.8
	4	20.6±3.9	9.1±2.6	25.6±5.0	13.0± 6.9
	평균 (2~4년)	21.6±4.8	7.0±3.2	29.2±5.8	10.9± 8.6
C	1	22.4±3.6	4.5±0.9	17.7±3.2	8.6± 6.5
	2	18.3±3.0	7.9±1.8	22.6±3.5	7.3± 9.1
	3	17.0±4.0	8.2±2.1	25.2±6.0	7.2± 7.7
	4	19.3±4.3	7.5±2.3	23.8±4.3	7.7± 8.3
	평균 (2~4년)	17.8±3.7	7.6±2.2	23.4±4.2	6.6± 6.2

¹⁾I :2년생지상의 5cm이상 되는 신초의 평균, II :2년생지상의 0.5cm이상 되는 신초 평균.

선단 신초장의 경우, 3과원 모두 미결실 상태보다 결실상태인 2~4년차의 신초장이 더 길었고 A와 B과원이 C과원에 비하여 그 차이가 뚜렷하였다. C과원은 A와 B과원에 비하여 선단 신초장이 짧았다.

신초의 재신장율은 평균 신초장이나 선단 신초장에 비하여 해에 따른 개체에 따른 변이가 큰 편이었다. 특히 A와 B과원은 결실상태인 2~4년의 해에 따른 변이가 심하였고, C과원에 비하여 재신장율도 높은 편이었다. C과원의 경우도 개체간 변이는 큰 편이었으나 미결실상태와 결실상태간 또는 해에 따른 신초의 재신장율은 비슷하였다.

3) 결실량

시험수의 3년간 평균 주당 착과수는 A과원 34 ± 23 개, B과원 27 ± 12 개, C과원 40 ± 20 개로 년도간 개체간 변이 폭은 컸으나 C과원의 착과수가 많았다. 3년간 평균 과중은 A과원 329 ± 32 g, B과원 320 ± 34 g, C과원 320 ± 47 g으로 과원간 차이가 없었다. 특히 C과원의 경우 해에 따른 차이가 컸다.

주당 수량과 10a당 추정수량은 C과원이 각각 13.0 ± 7.1 kg, 3.1 ± 1.7 ton으로 제일 많았고, B과원이 8.5 ± 4.0 kg, 2.0 ± 0.9 ton으로 제일 적었다. C과원의 경우 A와 B과원과는 달리 주당수량이 매년 증가하는 추세에 있었다. C과원의 경우 재식시 접목부위 상단 70cm하단에 부착된 곁가지를 제거하지 않은 묘목과 곁가지를 제거한 묘목의 주당 착과수를 보면 결실 1년차에는 하단의 곁가지를 제거하지 않은 나무가 제거한 나무에 비하여 착과수가 현저히 많았으나 결실 1~2년차의 합계 착과수는 차이가 없었고, 결실 3년차까지의 누계 착과수도 차이가 없었다(자료 미제시).

표 3. 조사과원 시험수의 년도별 결실상태

조사 과원	수령	착과수 (개/주)	과중 (g)	주당수량 (kg)	10a당 추정수량 (M/T)
A	2	28±13	322±22	9.1±4.4	2.1±1.1
	3	47±23	319±33	15.1±7.4	3.6±1.8
	4	28±25	346±33	9.7±8.5	2.3±2.0
	평균	34±23	329±32	11.3±7.4	2.7±1.8
B	2	21± 6	319±32	6.6±1.9	1.6±0.5
	3	33±17	331±35	10.6±4.9	2.5±1.2
	4	27±12	309±32	8.3±3.6	2.0±0.9
	평균	27±12	320±34	8.5±4.0	2.0±0.9
C	2	38±14	282±21	10.7±4.4	2.6±1.0
	3	40±16	320±26	12.6±5.1	3.0±1.2
	4	47±17	385±50	18.1±6.0	4.3±1.4
	평균	40±20	320±47	13.0±7.1	3.1±1.7

4) 과신품질

조사과원의 년도별 과실의 품질은 표 4와 같다. 과실의 경도는 3과원 모두 해에 따른 변이가 매우 컸다. 3년간 평균 과실경도는 A과원 1.54 ± 0.24 , B과원 1.57 ± 0.26 , C과원 $1.49 \pm 0.25 \text{ kg} \cdot \Psi 5 \text{ mm}^{-1}$ 로 C과원의 과실경도가 약간 낮은 경향이였다.

3년간 평균 과실의 당도는 C과원 $14.4 \pm 1.3^\circ \text{Bx}$ 로 A과원 $13.4 \pm 1.0^\circ \text{Bx}$, B과원 $13.1 \pm 1.1^\circ \text{Bx}$ 에 비하여 높은 경향이였으나 해에 따른 개체에 따른 변이가 큰 편이였다. C과원의 4년차에 당도가 낮은 이유는 시험수의 절반이 봉지를 씌웠기 때문으로 판단된다. 과실의 산함량은 A과원 $0.32 \pm 0.04\%$, B과원 $0.34 \pm 0.05\%$, C과원 $0.35 \pm 0.05\%$ 로 A과원이 약간 낮은 경향이나 그 차이는 현저하지 않았다. 과실의 맛을 표현하는 감미비(당도/산함량)는 A과원 42.1 ± 4.8 , B과원 39.0 ± 6.0 , C과원 42.2 ± 3.9 로 B과원의 감미비가 제일 낮았고, A과원과 C과원은 차이는 없었으나 개체간 변이가 C과원이 A과원에 비하여 낮은 편이였다.

과피의 착색정도를 비교하기 위하여 안토시안과 엽록소를 측정하였다. 과피의 안토시안은 C과원 $4.60 \pm 1.20 \text{ OD} \cdot 100 \text{ cm}^{-2}$ 로 A과원 $4.04 \pm 1.35 \text{ OD} \cdot 100 \text{ cm}^{-2}$, B과원 $2.80 \pm 1.16 \text{ OD} \cdot 100 \text{ cm}^{-2}$ 에 비하여 현저히 높게 검출되었다. 특히, B과원은 해에 따른 변이가 크고 안토시안도 현저히 낮게 검출되었다. 과피의 엽록소는 C과원이 3년 평균 $0.24 \pm 0.12 \text{ mg} \cdot 100 \text{ cm}^{-2}$ 로 A과원 0.35 ± 0.09 , B과원 0.50 ± 0.12 보다 현저히 낮았다. C과원이 해에 따른 변이가 큰 이유는 4년차에 시험수의 절반을 봉지를 씌어 과실의 당도에서와 마찬가지로 엽록소함량이 현저히 낮아졌기 때문이다. 안토시안과 엽록소를 분석결과 과피의 착색정도는 C과원, A과원, B과원순으로 C과원의 과피착색이 가장 밝게 잘되었고, B과원의 과피착색은 엽록소가 덜빠진 상태에서 되어 어둡게 되었다.

표 4. 조사 과원의 과실품질

조사 과원	수령	경도 (kg/φ5mm)	당도 (°Bx)	산함량 (%)	감미비	과피색소	
						안토시안 (OD/100cm ²)	엽록소 (mg/100cm ²)
A	2	1.55±0.11	12.7±1.4	0.30±0.05	42.8±5.3	3.10±1.25	0.30±0.06
	3	1.81±0.06	13.8±0.6	0.33±0.04	41.9±4.3	4.03±0.94	0.32±0.05
	4	1.26±0.09	13.7±0.5	0.33±0.04	41.5±4.8	4.99±1.12	0.43±0.10
	평균	1.54±0.24	13.4±1.0	0.32±0.04	42.1±4.8	4.04±1.35	0.35±0.09
B	2	1.56±0.07	12.7±1.2	0.36±0.04	35.5±4.1	1.49±0.41	0.40±0.05
	3	1.86±0.06	13.2±1.2	0.33±0.05	40.5±6.2	3.01±0.57	0.48±0.04
	4	1.28±0.15	13.3±0.6	0.33±0.04	40.9±6.0	3.96±0.68	0.64±0.07
	평균	1.57±0.26	13.1±1.1	0.34±0.05	39.0±6.0	2.80±1.16	0.50±0.12
C	2	1.81±0.07	15.4±0.6	0.38±0.04	40.7±4.0	3.56±1.06	0.28±0.04
	3	1.37±0.06	14.0±0.8	0.33±0.03	42.1±2.6	5.44±1.10	0.37±0.06
	4	1.20±0.11	12.9±1.0	0.31±0.04	42.2±3.7	4.17±0.64	0.07±0.04
	평균	1.49±0.25	14.4±1.3	0.35±0.05	42.2±3.9	4.60±1.20	0.24±0.14

5) 엽중 무기성분 함량과 토양의 화학성

가) 엽중 무기성분 함량

시험수의 년도별 엽중 무기성분함량은 표 5와 표 6에서 보는 바와 같다.

엽중 질소함량은 미결실기인 1년차에는 A과원 $21.1 \pm 1.9 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $22.8 \pm 1.6 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $25.9 \pm 2.0 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 C과원의 함량이 제일 높았다. 결실기 3년간의 평균 함량은 A과원은 $21.5 \pm 2.4 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 미결실기와 차이가 없었고, B과원은 $23.2 \pm 1.8 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 약간 높아졌으며, C과원은 $22.5 \pm 1.5 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 현저히 낮아졌다. 미결실시에 신초생장이 제일 양호하였던 C과원의 1년차 엽중 질소함량이 제일 높았고, 결실기에는 결실이 제일 적은 B과원의 질소함량이 다른 과원에 비하여 높은 것으로 보아 엽중 질소함량은 평균 신초장과 착과수와 밀접한 관계가 있는 것으로 생각된다.

엽중 인함량은 미결실기인 1년차에는 A과원 $3.13 \pm 1.29 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $2.16 \pm 0.29 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $4.78 \pm 1.90 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 C과원의 함량이 제일 높았다. 결실기 3년간의 평균 함량은 A과원은 $4.55 \pm 1.72 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 미결실기에 비하여 높아졌고, B과원은 $1.94 \pm 0.39 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 거의 차이가 없었으며, C과원은 $2.95 \pm 1.09 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 현저히 낮아졌다. 이와 같이 엽중 인함량은 미결실기와 결실기의 함량변화가 과원간에 차이가 크고, 개체간 변이가 크게 나타났다.

엽중 칼리함량은 미결실기인 1년차에는 A과원 $14.4 \pm 2.8 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $17.9 \pm 1.2 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $17.5 \pm 2.1 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 A과원의 함량이 약간 낮은 편이었다. 결실기 3년간의 평균 함량은 A과원은 $14.5 \pm 2.5 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 미결실기와 차이가 없었고, B과원은 $14.8 \pm 2.6 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 약간 낮아 졌는데 결실기의 해에 따른 변이가 컸다. C과원은 $11.7 \pm 1.7 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 미결실기에 비하여 현저히 낮아졌다.

엽중 칼슘함량은 미결실기인 1년차에는 A과원 $13.1 \pm 1.7 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $10.4 \pm 1.0 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $10.4 \pm 1.2 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 A과원의 함량이 B와 C과원에 비하여 높았다. 결실기 3년간의 평균 함량은 A과원 $13.6 \pm 1.3 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원은 $11.3 \pm 1.9 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $10.3 \pm 1.5 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 3과원 모두 미결실기와 차이가 없었다.

표 5. 년도별 엽중 다량원소함량($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)

조사 과원	수령	N	P	K	Ca	Mg
A	1	21.1±1.9	3.13±1.29	14.4±2.8	13.1±1.7	2.97±0.66
	2	22.6±2.5	4.25±2.25	15.9±2.8	14.0±1.5	3.36±0.40
	3	21.0±2.4	4.57±1.25	14.5±2.2	12.9±0.9	2.81±0.31
	4	20.8±1.8	4.83±1.54	13.2±1.8	13.9±1.4	3.20±0.27
	평균 (2~4년)	21.5±2.4	4.55±1.72	14.5±2.5	13.6±1.4	3.12±0.40
B	1	22.8±1.6	2.16±0.29	17.9±1.1	10.4±1.0	2.66±0.27
	2	23.0±1.0	1.78±0.27	17.0±1.3	10.5±0.8	2.92±0.33
	3	24.8±1.3	2.23±0.45	14.2±2.3	10.4±1.4	3.33±0.40
	4	21.8±1.5	1.82±0.26	13.3±2.5	12.9±2.0	3.03±0.33
	평균 (2~4년)	23.2±1.8	1.94±0.39	14.8±2.6	11.3±1.9	3.09±0.39
C	1	25.9±2.0	4.78±1.90	17.5±2.1	10.4±1.2	3.73±0.46
	2	22.7±1.2	2.94±0.82	12.4±1.1	10.8±1.3	3.38±0.25
	3	21.8±1.6	3.38±1.06	11.3±1.5	9.5±1.2	3.60±0.35
	4	22.7±2.2	2.43±1.07	12.0±1.3	10.8±1.5	3.91±0.34
	평균 (2~4년)	22.5±1.6	2.95±1.09	11.7±1.7	10.3±1.5	3.64±0.43

엽중 마그네슘함량은 미결실기인 1년차에는 A과원 $2.97 \pm 0.66 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $2.66 \pm 0.27 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $3.73 \pm 0.46 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 C과원의 함량이 높았다. 결실기 3년간의 평균 함량은 A과원 $3.12 \pm 0.40 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $3.09 \pm 0.39 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 이들 과원은 미결실기에 비하여 경미하게 증가하는 경향을 보였고, C과원은 $3.64 \pm 0.43 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 미결실기와 함량의 차이가 없었으나 결실기의 해에 따른 변이의 폭이 컸다.

엽중 붕소함량은 미결실기인 1년차에는 A과원 $27 \pm 5 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $24 \pm 2 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $23 \pm 2 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 과원간 차이가 없었다. 결실기 3년간의 평균 함량은 A과원은 $22 \pm 2 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 미결실기비하여 감소하는 경향을 보였으나, B과원과 C과원은 각각 $23 \pm 3 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 와 $23 \pm 4 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 미결실기와 차이 없었다.

엽중 망간함량은 미결실기인 1년차에는 A과원 $66 \pm 16 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $69 \pm 11 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $72 \pm 22 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 과원간 차이는 없었다. 결실기 3년간의 평균 함량은 A과원과 B과원은 각각 $40 \pm 13 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 와 $47 \pm 18 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 미결실기에 비하여 함량이 낮아진 경향이였다. C과원은 $79 \pm 36 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 미결실기와 차이가 없었는데 개체와 해에 따른 변이가 컸다.

엽중 철 함량은 미결실기인 1년차에는 A과원 $167 \pm 55 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $120 \pm 21 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $78 \pm 19 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 과원간 차이가 현저하였고 과원내 시험수간 차이도 큰 편이었다. 결실기 3년간의 평균 함량은 A과원은 $109 \pm 17 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 미결실기에 비하여 감소하였다. 반면에, B과원과 C과원은 각각 $140 \pm 30 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 와 $106 \pm 24 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 미결실기에 비하여 함량이 높아진 경향이였다.

엽중 구리 함량은 미결실기인 1년차에는 A과원 $8.4 \pm 1.8 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $10.2 \pm 2.3 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $10.7 \pm 3.2 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 과원간 차이가 없었다. 결실기 3년간의 평균 함량은 A과원 $6.4 \pm 2.8 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $5.5 \pm 3.0 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $4.4 \pm 2.2 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 3과원 모두미결실기에 비하여 함량이 약간 낮아지는 경향이였고 과원간 차이는 없었다.

엽중 아연 함량은 미결실기인 1년차에는 A과원 $118 \pm 12 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $53 \pm 9 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $41 \pm 12 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 과원간 차이가 컸다. 결실기 3년간의 평균 함량은 A과원과 B과원은 각각 $68 \pm 33 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 와 $31 \pm 9 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 미결실기에 비하여 감소하는 경향을 보였고, C과원은 $80 \pm 31 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 미결실기에 비하여 증가하는 경향을 보였는데 해에 따른 편차가 크게 나타났다.

표 6. 년도별 엽중 미량원소함량(mg · kg⁻¹)

조사과원	수령	B	Mn	Fe	Cu	Zn
A	1	27±5	66±16	167±55	8.4±1.8	118±12
	2	23±3	43±10	93±11	4.6±0.9	107±27
	3	21±1	26± 4	112±12	4.3±0.5	40± 6
	4	21±2	53± 7	122±12	10.2±1.0	58± 9
	평균 (2~4년)	22±2	40±13	109±17	6.4±2.8	68±33
B	1	24±2	69±11	120±21	10.2±2.3	53± 9
	2	20±3	44± 9	113± 9	4.3±1.7	30± 9
	3	26±2	52±26	140±23	3.1±1.0	37± 7
	4	24±2	45±16	166±24	9.1±1.8	27± 6
	평균 (2~4년)	23±3	47±18	140±30	5.5±3.0	31± 9
C	1	23±2	72±22	78±19	10.7±3.2	41±12
	2	18±2	127±20	79± 4	3.4±2.1	46± 5
	3	23±1	60±10	126±12	4.5±1.3	78±15
	4	26±3	53±19	103± 8	2.7±1.0	113±11
	평균 (2~4년)	23±4	79±36	106±24	4.4±2.2	80±31

나) 토양의 화학성

조사과원 토양의 pH, 유기물함량, 유효태 인산함량, 치환성 염기의 함량은 표 7과 같다.

4년간 평균 토양 pH는 A과원 7.1 ± 0.1 , B과원 7.1 ± 0.1 , C과원 7.4 ± 0.1 로 3과원 모두 농촌진흥청이 제시(1999)한 우리나라 과수원 토양의 적정 pH범위인 6.0~6.5보다 pH가 매우 높았다.

토양유기물 함량은 4년간 평균이 A과원 $12.4 \pm 2.6 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $19.0 \pm 3.6 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $16.2 \pm 4.7 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 과원간 차이가 컸으며, 동일과원 내에서도 해에 따라 개체에 따라 편차가 매우 컸다. 한편, 이들 과원의 유기물함량은 농촌진흥청이 제시(1999)한 우리나라 과수원토양의 적정함량범위 $25 \sim 35 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 보다 매우 낮았다.

유효 인산함량은 4년간 평균이 A과원 $342 \pm 104 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $534 \pm 118 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $314 \pm 135 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 과원간 큰 차이는 없었으나 농촌진흥청이 제시(1999)한 우리나라 과수원 토양의 적정함량 범위인 $200 \sim 300 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 보다는 3과원 모두 높았다.

치환성 K함량은 4년간 평균이 A과원 $0.25 \pm 0.04 \text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $0.64 \pm 0.12 \text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $0.64 \pm 0.15 \text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 A과원의 함량이 낮았는데 해에 따른 편차는 C과원이 제일 적은 편이었다. 농촌진흥청이 제시(1999)한 적정함량범위는 $0.30 \sim 0.60 \text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 A과원을 제외하고는 해에 따라 편차는 있지만 대체로 적정 수준내에 있었다.

치환성 Ca함량은 4년간 평균이 A과원 $6.47 \pm 1.45 \text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $6.06 \pm 1.07 \text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $6.56 \pm 0.91 \text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 과원간 차이가 없었고, 해에 따른 편차도 적은 편이었다. 이들 과원의 함량은 농촌진흥청이 제시(1999)한 적정함량범위인 $5.0 \sim 6.0 \text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 의 상한선에 있었다.

치환성 Mg함량은 4년간 평균이 A과원 $1.67 \pm 0.36 \text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $2.37 \pm 0.31 \text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $3.87 \pm 1.47 \text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 C과원의 함량이 높았는데 C과원은 해에 따른 편차가 특히 심하였다. A과원과 B과원은 농촌진흥청이 제시(1999)한 적정함량 범위인 $1.5 \sim 2.0 \text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 의 범주에 들거나 약간 높은 편이었으나, C과원은 정상함량범위를 훨씬 초과하였다.

표 7. 조사과원의 년도별 토양의 화학성 변화

조사 과원	조사 년차	pH (1:5)	유기물 (g · kg ⁻¹)	유효인산 (mg · kg ⁻¹)	치환성 염기(cmol · kg ⁻¹)		
					Ca	Mg	K
A	1	7.2±0.1	15.5±4.0	635±179	6.73±0.92	1.92±0.39	0.58±0.15
	2	7.1±0.2	12.5±3.2	268±114	7.00±1.35	1.86±0.30	0.17±0.08
	3	7.1±0.2	13.6±2.6	256± 62	5.98±1.41	1.54±0.18	0.17±0.03
	4	6.8±0.2	8.0±3.7	209± 78	6.19±1.86	1.36±0.19	0.10±0.05
	평균	7.1±0.1	12.4±2.6	342±104	6.47±1.45	1.67±0.36	0.25±0.04
B	1	7.1±0.3	10.3±5.7	389±174	5.41±1.07	2.09±0.27	0.57±0.27
	2	6.9±0.4	19.3±4.8	580±168	6.33±0.86	2.44±0.26	1.08±0.29
	3	7.3±0.2	22.5±5.1	640±162	6.83±1.10	2.60±0.27	0.57±0.14
	4	7.2±0.1	23.8±5.6	527± 87	5.65±0.61	2.36±0.20	0.35±0.09
	평균	7.1±0.1	19.0±3.6	534±118	6.06±1.07	2.37±0.31	0.64±0.12
C	1	7.2±0.2	21.7±5.6	324±175	6.31±1.69	1.77±0.30	0.71±0.16
	2	7.5±0.2	17.9±6.7	338±237	7.12±0.74	4.35±0.61	0.56±0.15
	3	7.5±0.1	18.2±7.4	403±201	6.80±0.73	4.06±0.52	0.54±0.13
	4	7.5±0.1	16.4±4.1	311±143	6.37±0.73	5.52±0.71	0.83±0.21
	평균	7.4±0.1	16.2±4.7	314±135	6.56±0.91	3.87±1.47	0.64±0.15

나. 10a당 추정수량으로 구분한 시험수의 생육상태, 결실량, 과실품질과 엽중 무기 성분 함량 비교

1) 시험수의 수량 분포

본 연구에서 조사한 시험수의 수량분포를 보면 표 8과 같다. 3년간 주당 평균수량이 15kg이상이 되면 238주를 재식한 과원에서는 10a당 추정수량이 3.6ton 이상이 된다. 본 연구에서 3개 과원의 69주를 조사한 결과 3년간 주당 평균수량이 15kg이상 되는 나무는 A과원 2주, C과원 8주 합계 10주였다. 주당 평균수량이 13~14.9kg(3.0~3.5ton/10a)이 되는 나무는 A과원 1주, C과원 7주 합계 8주였다. B과원은 3년간 주당 평균수량이 13kg이상되는 나무는 시험수 중 한 주도 없었다. 한편, 주당 평균수량이 10~12.9kg(2.4~2.9ton/10a)되는 나무는 A과원 10주, B과원 4주, C과원 7주로 합계 21주였다. 그러나, A과원은 10주중 7주, B과원 4주중 1주, C과원 7주중 3주는 2~3년차의 수량이 많았다가 4년차에 수량이 현저히 감소하는 해거리가 심한 나무였다. 주당 평균수량이 8.0~9.9kg(2.0~2.4ton/10a)되는 나무는 A과원 5주, B과원 8주, C과원 5주 합계 18주였다. 이중 해거리가 심한 나무는 A과원 3주, B과원 4주였다. 주당 평균수량이 8kg미만(2ton미만/10a)인 나무는 A과원 2주, B과원 8주, C과원 2주 합계 10주였고, 이중 해거리한 나무는 A과원 2주, B과원 5주, C과원 1주였다. 결실 3년째에 해거리가 심한 나무는 A과원 20주중 12주 60%, B과원 20주중 10주 50%, C과원 20주중 4주 20%로 C과원의 해거리 비율이 제일 낮았다.

따라서 이제 부터 표 8을 근거로 하여 해거리가 심한 시험수를 제외하고 10a당 추정수량을 3.6ton이상, 3.0~3.5ton, 2.4~2.9ton, 2.4ton미만의 4group으로 구분하여 생육상태, 결실량, 과실품질 및 엽중 무기성분함량을 비교하여 보았다.

표 8. 시험수의 수량 분포

조사 과원	조사 주수	3년간 주당 평균수량 분포(주수)				
		>15kg	14.9-13.0kg	12.9-10.0kg	9.9-8.0kg	<8.0kg
A	20	2	1	10(7)	5(3)	2(2)
B	20	0	0	4(1)	8(4)	8(5)
C	29	8	7	7(3)	5	2(1)
계	69	10	8	21(11)	18(7)	12(8)
10a당 추정수량(ton) (238주/10a)		>3.6	3.0-3.5	2.9-2.4	2.4-2.0	<2.0

()의 숫자는 해거리한 시험수임.

2) 실제 결실량

10a당 수량으로 구분한 시험수의 결실량을 비교하면 표 9와 같다.

초기 3년간 주당 착과수는 3.6ton이상 수량을 낼 수 있는 나무는 결실 1년차 40±13개, 2년차 49±16개, 3년차 75±23개로 3년 평균 54±8개가 착과 되었고, 주당 평균수량은 18.0±2.4kg이었다. 3.0~3.5ton의 수량을 낼 수 있는 나무는 평균 착과수 41±5개, 주당 평균수량 13.8±0.7kg이었다. 2.9~2.4ton의 수량을 낼 수 있는 나무는 평균 착과수 34±3개, 주당 평균수량 11.2±0.8kg이었고, 2.4ton미만의 수량을 내는 나무는 평균 착과수 27±4개, 주당 평균수량 8.6±1.0kg 이었다.

Group별 시험수의 평균 10a당 추정수량은 3.6ton이상 group 4.3±0.6ton, 3.0~3.5ton group 3.3±0.2ton, 2.4~2.9ton group 2.7±0.2ton, 2.4ton미만 group 2.1±0.2ton이었다. 모든 group의 시험수는 초기 3년간 착과수가 매년 증가하였다.

3) 생육상태

나무의 수량성에 따른 생육상태를 비교하면(표 10), 2년생지상의 5cm이상 신초의 평균길이인 평균신초장 I은 그 차이는 현저하지 않았지만 나무의 수량성이 높을수록 짧은 경향이였다. 즉, 3.6ton이상의 수량을 내는 나무는 평균신초장 I이 18.4±3.7cm였고, 2.4ton미만의 수량을 내는 나무는 20±5.2cm였다. 그러나, 2년지상의 0.5cm이상 신초의 평균길이인 평균 신초장 II는 오히려 반대의 경향으로 2.4ton미만의 수량을 내는 나무는 7.5±2.8cm로 3.6ton이상 수량을 내는 나무 8.0±2.2cm에 비하여 길었으나 그 차이는 지극히 경미하였다.

선단신초장과 신초의 재신장율은 수량이 많을수록 현저히 감소하였다. 즉, 선단신초장의 경우 3.6ton이상을 낼 수 있는 나무는 24.8±5.2cm인데 비하여 2.4ton미만의 수량을 내는 나무는 27.4±6.7cm로 그 차이가 뚜렷하였다. 신초의 재신장율은 모든 group에서 년도간 개체간 편차는 크지만 2.4ton미만의 수량을 내는 나무는 10.5±10.1%로 3.6ton이상의 수량을 낼 수 있는 나무의 7.0±8.5%에 비하여 현저히 높았다.

표 9. 10a당 수량으로 구분한 시험수의 결실량 비교

10a당 추정수량	대상 시험수	수령	착과수 (개/주)	주당수량 (kg)	10a당수량 (ton)
>3.6ton	10	2	40±13	11.9±4.2	2.8±1.0
		3	49±16	16.0±5.8	3.8±1.4
		4	75±23	26.1±5.4	6.2±1.3
		평균	54± 8	18.0±2.4	4.3±0.6
3.0-3.5	8	2	25±15	7.2±5.0	1.7±1.2
		3	49±17	15.9±5.2	3.8±1.2
		4	50±13	18.4±4.2	4.4±1.0
		평균	41± 5	13.8±0.7	3.3±0.2
2.9-2.4	10	2	24± 9	7.6±2.6	1.8±0.6
		3	36± 8	12.1±3.0	2.9±0.7
		4	41±10	14.0±3.4	3.3±0.8
		평균	34± 3	11.2±0.8	2.7±0.2
<2.4	15	2	18± 6	5.4±2.2	1.3±2.5
		3	29±12	9.3±3.9	2.2±0.9
		4	35± 8	11.2±3.0	2.7±0.7
		평균	27± 4	8.6±1.0	2.1±0.2

표 10. 추정 수량으로 구분한 시험수의 결실기 생육상태 비교

10a당 추정수량	평균신초장 ¹⁾ (cm)		선단신초장 (cm)	신초재신장율 (%)
	I	II		
>3.6ton	18.4±3.7	8.0±2.2	24.8±5.2	7.0± 8.5
3.0-3.6	19.9±4.2	8.0±2.2	25.6±4.1	8.0± 6.6
2.9-2.4	19.3±4.9	7.7±2.3	28.0±6.0	9.4±10.1
<2.4	20.0±5.2	7.5±2.8	27.4±6.7	10.5±10.0

¹⁾I :2년생지상의 5cm이상 되는 신초의 평균, II :2년생지상의 0.5cm이상 되는 신초 평균.

4) 과신품질

과실의 품질은 표 11에서 보는 바와 같이 과실의 경도는 수량성이 높은 나무에서 경향을 보였고 과중은 수량성이 낮은 나무에서 약간 떨어지는 경향을 보였으나 그 차이는 현저하지 않았다. 과실의 당도는 나무의 수량성에 따라 차이가 없었으나 산함량은 수량성이 낮은 나무에서 높은 경향을 보였다. 과실의 맛을 나타내는 감미비는 3.6ton이상 group에서 42.7 ± 4.1 인데 비하여 2.4ton미만 group에서는 40.0 ± 5.1 로 낮아지는 경향이였다.

과피의 착색도를 나타내는 과피의 안토시안과 엽록소의 함량을 보면, 안토시안은 3.6ton이상 group에서 $4.43 \pm 1.23 \text{OD} \cdot 100\text{cm}^{-2}$ 이고, 2.4ton미만 group은 $3.85 \pm 1.58 \text{OD} \cdot 100\text{cm}^{-2}$ 로 수량성이 적을수록 적게 검출되었다. 반면에, 과피의 엽록소는 3.6ton이상 group은 $0.29 \pm 0.15 \text{mg} \cdot 100\text{cm}^{-2}$ 이고, 2.4ton미만 group은 $0.35 \pm 0.17 \text{mg} \cdot 100\text{cm}^{-2}$ 로 수량성이 적을수록 높게 검출되었다.

과실의 맛과 과피착색 등 과실의 품질은 신초생장의 증가에 따라 감소하는 것으로 알려져 있다. 이(1999)는 과피의 착색은 엽중 질소함량과 총신초장 및 신초재신장율과 고도의 부의 상관성이 있다고 하였다. 장과 임(2002)은 후지/M.26에서는 선단 신초장보다는 2년지상의 5cm이상의 평균 신초장과 신초 재신장율이 과실에 더 영향을 미친다고 하였다. 이들은 또한, 평균 신초장이 당도에 미치는 영향보다는 감미비에 미치는 영향이 더 커서 평균 신초장이 20cm까지는 감미비가 증가하는 추세이나 평균 신초장이 20cm보다 길어질 경우에는 감미비가 감소하는 경향이라고 하였다. 또한, 평균 신초장이 길어짐에 따라 과피의 착색도는 감소한다고 하였다.

본 조사에서 수량성이 높은 나무의 5cm이상의 평균 신초장은 수량성이 낮은 나무의 평균 신초장보다 작고, 신초의 재신장율도 낮아 이들의 보고와 일치하였다.

표 11. 과실품질 비교

10a당 추정 수량	경도 (kg/√5mm)	과중 (g)	당도 (°Bx)	산함량 (%)	감미비	과피색소	
						안토시안 (OD/100cm ²)	엽록소 (mg/100cm ²)
>3.6ton	1.46±0.27	330±16	13.9±1.3	0.33±0.05	42.7±4.1	4.43±1.23	0.29±0.15
3.0-3.6	1.48±0.26	330±23	14.2±1.3	0.34±0.05	41.9±4.2	4.60±1.09	0.28±0.14
2.9-2.4	1.54±0.26	329±17	13.4±1.4	0.33±0.04	41.4±5.3	3.98±1.51	0.34±0.18
<2.4	1.55±0.25	317±21	14.0±1.3	0.36±0.05	40.0±5.1	3.85±1.58	0.35±0.17

5) 엽중 무기성분 함량

수량성 차이에 따른 3년간 평균 엽중 무기성분 함량은 표 12와 표13에서 보는 바와 같다.

질소함량은 3.6ton이상의 수량을 낼 수 있는 수량성 높은 나무가 $23.2 \pm 1.7 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 2.4ton미만의 수량을 내는 수량성 낮은 나무의 $22.3 \pm 1.9 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 수량성에 따른 차이가 거의 없었다.

인함량은 3.6ton이상의 수량을 낼 수 있는 수량성 높은 나무가 $2.51 \pm 0.91 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 2.4ton미만의 수량을 내는 수량성 낮은 나무의 $3.02 \pm 1.61 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 수량성에 따라 차이가 있는 것처럼 보이지만 해에 따라 개체간, 과원간 편차가 매우 크기 때문에 결론을 내리기가 어려웠다.

칼리함량은 3.6ton이상의 수량을 낼 수 있는 수량성 높은 나무가 $11.4 \pm 1.7 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 2.4ton미만의 수량을 내는 수량성 낮은 나무의 $14.1 \pm 2.9 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 수량성이 높아짐에 따라 함량이 감소하였다.

칼슘함량은 3.6ton이상의 수량을 낼 수 있는 수량성 높은 나무가 $11.3 \pm 2.3 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 2.4ton미만의 수량을 내는 수량성 낮은 나무의 $11.2 \pm 2.1 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 수량성에 따른 차이가 없었다.

마그네슘함량은 3.6ton이상의 수량을 낼 수 있는 수량성 높은 나무가 $3.69 \pm 0.50 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 2.4ton미만의 수량을 내는 수량성 낮은 나무의 $3.32 \pm 0.47 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 수량성이 낮아짐에 따라 감소하는 경향이였다.

표 12. 엽중 다량원소 함량($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)비교

10a당 추정수량	N	P	K	Ca	Mg
>3.6ton	23.2±1.7	2.51±0.96	11.4±1.7	11.3±2.3	3.69±0.50
3.0-3.6	22.3±2.1	3.06±1.46	12.3±1.6	10.4±2.0	3.50±0.47
2.9-2.4	22.0±2.1	3.62±1.63	13.7±2.2	11.9±2.2	3.39±0.43
<2.4	22.3±1.9	3.02±1.61	14.1±2.9	11.2±2.1	3.32±0.47

붕소함량은 3.6ton이상의 수량을 낼 수 있는 수량성 높은 나무가 $22 \pm 4 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 2.4ton미만의 수량을 내는 수량성 낮은 나무의 $23 \pm 4 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 수량성에 따른 차이가 없었다.

망간과 아연함량은 수량성이 낮아짐에 따라 감소하는 경향을 보였고, 철과 구리함량은 수량성에 따른 차이가 적었다. 그러나, 이들 미량요소들은 해에 따라 또는 과원에 따라 편차가 커서 정상함량범위를 결정하기 위하여는 좀더 정밀한 연구가 필요할 것 같다.

이 등(2002)은 과중 280g내외, 주당 10kg정도 수확할 수 있는 ‘후지’/M.9품종의 7월 하순의 엽중 기준함량을 질소 $23.0 \pm 2.0 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 인산 $1.83 \pm 0.65 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 칼리 $11.7 \pm 1.9 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 칼슘 $7.62 \pm 1.61 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 마그네슘 $2.43 \pm 0.48 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 붕소 $19.7 \pm 7.0 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 원예연구소 결과활용자료에 보고하였다. 이들이 기준한 목표수량은 본 연구의 재식주수로 환산하면 2.4ton내외수준이다. 본 연구에서 수량성이 높은 나무와 낮은 나무의 엽중 질소함량은 차이가 없었는데, 본 연구에서 수량성이 낮은 나무의 10a당 수량은 2.0ton이상으로 이 등(2002)이 제시한 목표수량과 차이가 없다. 따라서, 재식후 결실초기인 수령 2~4년생의 엽중 질소함량은 수량이 2ton이상이면 수량성에 따른 함량차이가 적은 것으로 판단되었다.

엽중 인산, 칼리, 칼슘, 마그네슘 및 붕소함량이 이 등(2002)의 보고와 차이가 있는 것은 본 연구에서도 과원에 따라, 동일 과원내에서도 해에 따라 이들 성분의 함량이 크게 차이가 났기 때문에 조사과원의 차이에서 오는 것으로 판단되었다. 그러나, 이 등(2002)이 보고한 엽중 칼슘함량은 개체간 편차가 너무 크고, 함량이 낮은 것으로 생각되었다.

표 13. 엽중 미량원소 함량($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)비교

10a당 추정수량	B	Mn	Fe	Cu	Zn
>3.6ton	22±4	78±35	105±22	4.7±2.8	79±32
3.0-3.6	23±4	78±37	110±29	4.4±2.1	78±31
2.9-2.4	22±3	57±29	113±23	5.2±2.6	57±30
<2.4	23±3	58±31	122±31	5.5±3.0	56±34

다. 목표수량, 안정된 수세 및 엽중 적정 무기성분 함량 설정

지금까지 M.9에 접목한 '후지'품종으로 곁가지가 있는 대묘를 재식한 3과원에서 모두 69주의 시험수를 대상으로 결실 초기인 재식후 2~4년생의 생육상태, 결실성, 과실품질 및 엽중 무기성분함량을 조사하여 우선 과원별로 비교하였다. 그 결과 과원에 따라 또는 동일과원내의 시험수에 따라 생육상태, 결실량, 과실품질이 차이가 있었고 엽중 무기성분함량도 차이가 있었다. 특히, 과원에 따라 결실 1~2년차에는 착과량이 많다가 결실 3년차에 착과량이 현저히 감소하는 즉,해거리를 하는 나무가 많았다. 이들 나무를 제외하고 10a당 수량으로 환산하여 시험수의 수량성을 구분하여 비교하여 보았다. 그 결과 수세기준의 척도인 2년지상의 5cm이상 평균 신초장은 수량성이 높은 나무일수록 작고 신초의 재신장율은 낮았다.

엽중 질소함량은 본 연구에 이용한 시험수가 대체로 수량성이 높아 수량성에 따른 차이는 없었고, 이들 시험수의 결실기 3년간 평균 엽중 질소함량은 $22.4 \pm 2.0g \cdot kg^{-1}$ 이었다(자료 미제시). 그러나, 신 등(1988)이 보고한 M.26에 접목한 '후지'품종의 적정함량인 $27.0 \pm 2.2g \cdot kg^{-1}$ 에 비하여 현저히 낮아 밀식과원의 M.9대목에 접목한 '후지'품종의 엽중 질소함량의 기준치를 재조정할 필요가 있었다.

결실초기 2~4년생중 해거리가 없는 시험수를 대상으로 수량성을 구분하다 보니 3.6ton이상 수량성을 가진 나무는 10주, 3.5~3.0ton되는 나무 8주, 2.9~2.4ton되는 나무 10주로 조사주수의 규모가 너무 작아 목표하는 수량과 엽중 적정무기성분함량을 설정하기는 무리가 있다고 생각되어 표준치로 제시하기는 문제가 있었다. 그래서 해거리가 없는 시험수중 주당 착과량이 3년간 평균 35~55개되는 시험수가 20주되어 이를 중심으로 그림 1과 같이 목표로 하는 수량과 과실품질에 따른 안정된 수세기준과 무기성분의 엽중 적정함량 범위를 결정하였다.

즉, 10a당 238주 재식한 과원에서 결실 초기 3년간 과중 320g내외, 당도 14°Bx, 산함량 0.33%정도인 과실을 주당 $14.0 \pm 2.0kg$, 10a당 $3.3 \pm 0.5ton$ 을 생산하기 위한 안정된 수세 기준과 무기성분의 엽중 적정 함량범위는 다음과 같다.

안정된 수세기준은 2년지상의 5cm이상 신초의 평균길이가 $19 \pm 4cm$, 선단 신초장 $23 \pm 3cm$, 신초 재신장율 14%미만이다.

7월 하순의 엽중 무기성분의 적정함량범위는 질소 $22.4 \pm 1.9g \cdot kg^{-1}$, 인산 $3.03 \pm 1.42g \cdot kg^{-1}$, 칼리 $12.1 \pm 1.8g \cdot kg^{-1}$, 칼슘 $10.7 \pm 2.0g \cdot kg^{-1}$, 마그네슘 $3.59 \pm 0.47g \cdot kg^{-1}$, 붕소 $22.7 \pm 3.4mg \cdot kg^{-1}$ 이다.

이들 나무의 4년생 월별 무기성분의 변화는 표 14와 같다.

질소의 경우 5월 $27.5 \pm 3.3 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 6월 $24.3 \pm 3.2 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 7월 $22.4 \pm 1.9 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 8월 $23.0 \pm 2.2 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 9월 $21.5 \pm 2.6 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 10월 $20.5 \pm 2.1 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 5월부터 7월까지 농도가 감소하고 7~8월에 함량의 변화가 적고 그 이후 10월 하순까지 감소하는 추세였다. 이 등(2002)은 M.9에 접목한 ‘후지’품종의 시기별 엽중 영양진단 기준농도를 질소의 경우 5월 $24.6 \pm 3.1 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 6월 $24.2 \pm 3.3 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 7월 $23.0 \pm 2.0 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 8월 $22.0 \pm 1.9 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 라고 하여 5월의 엽중 질소농도가 차이가 나고 그 이후의 경향은 비슷하였다. 월별 인과 칼리의 함량은 질소와 같은 경향으로 감소하였고, 칼슘은 반대로 증가하였으며 붕소와 마그네슘의 함량은 시기별로 변화가 적은 편이었다.

표 14. 월별 무기성분함량 비교

월 별	N	P	K (g · kg ⁻¹)	Ca	Mg	B (mg · kg ⁻¹)
5월	27.5±3.3	3.60±0.72	20.5±3.2	7.3±1.4	3.17±0.41	16.1±2.4
6월	24.3±3.2	2.95±1.15	13.6±1.6	12.0±2.0	4.08±0.58	16.2±2.3
7월	22.4±1.9	3.03±1.42	12.1±1.8	12.6±2.1	3.59±0.47	22.7±3.4
8월	23.0±2.2	2.84±1.59	12.1±2.2	10.7±2.0	4.10±0.61	21.0±3.0
9월	21.5±2.6	2.49±1.51	11.3±1.8	14.2±2.2	3.98±0.65	21.2±1.5
10월	20.5±2.1	2.61±1.24	10.6±1.8	17.4±2.4	4.25±0.65	20.3±1.3

목표하는 수량과 과실품질	안정된 수세기준과 무기성분의 엽중 적정 함량범위
<p data-bbox="216 581 513 610"><재식주수 238주/10a></p> <p data-bbox="216 664 436 780">수 량 3.3±0.5ton/10a 14.0±2.0kg/주</p> <p data-bbox="216 834 540 993">과실품질 과 중 320g내외 당 도 14.0Bx° 산함량 0.33%내외</p>	<p data-bbox="765 542 875 571">수세기준</p> <p data-bbox="779 581 1061 697">평균신초장 19±4cm 선단신초장 23±3cm 신초재신장율 7±7%</p> <p data-bbox="765 751 1081 780">엽중 무기성분(7월 하순)</p> <p data-bbox="793 794 1103 1035">N(g · kg⁻¹) 22.4±1.9 P(g · kg⁻¹) 3.0±1.4 K(g · kg⁻¹) 12.1±1.8 Ca(g · kg⁻¹) 10.7±2.0 Mg(g · kg⁻¹) 3.6±0.5 B(mg · kg⁻¹) 22.7±3.4</p>

그림 1. 목표하는 수량과 과실품질에 따른 안정된 수세기준과 무기성분의 엽중 적정함량범위

3. 요약

결가지가 있는 '후지'/M.9 자근묘로 밀식재배한 과수원에서 결실초기의 안정된 수세기준을 설정하기 위하여 3과수원(A, B, C)에서 69주의 시험수를 대상으로 결실 후 3년간 생육상태, 결실량, 엽중 무기성분과 토양의 화학성을 조사하였다. 그 결과 과원에 따라 또는 동일과원내의 시험수에 따라 생육상태, 결실량, 과실품질이 차이가 있었고, 엽중 무기성분함량과 토양의 화학성도 차이가 있었다. 특히, 과원에 따라 결실 1~2년차에는 착과량이 많다가 결실 3년차에 해거리 하는 나무가 많았다.

해거리가 없는 시험수중 주당 착과량이 3년간 평균 35~55개되는 시험수가 가장 많아 이를 중심으로 목표로 하는 수량과 과실품질에 따른 안정된 수세기준과 무기성분의 엽중 적정함량 범위를 결정하였다.

즉, 10a당 238주 재식한 과원에서 결실 초기 3년간 과중 320g내외, 당도 14°Bx, 산함량 0.33%정도인 과실을 주당 14.0±2.0kg, 10a당 3.3±0.5ton을 생산하기 위한 안정된 수세 기준과 무기성분의 엽중 적정 함량범위는 다음과 같다.

안정된 수세기준은 2년지상의 5cm이상 신초의 평균길이가 19±4cm, 선단 신초장 23±3cm, 신초 재신장을 14% 미만이었다.

7월 하순의 엽중 무기성분의 적정함량범위는 질소 22.4±1.9g · kg⁻¹, 인 3.03±1.42g · kg⁻¹, 칼리 12.1±1.8g · kg⁻¹, 칼슘 10.7±2.0g · kg⁻¹, 마그네슘 3.59±0.47g · kg⁻¹, 붕소 22.7±3.4mg · kg⁻¹이었다.

제 2 절 M.26을 이용한 밀식과원의 성과기의 수세 안정화를 위한 진단 기준 설정(세부 2과제)

1. 연구 접근 및 수행방법

M.26을 중간대목으로 이용한 ‘후지’ 품종을 10a당 125~167주 재식하면서 예비 조사결과 적정수량 이상(4,000~5,500kg/10a)을 생산하고 있는 우수과원 3개소를 대상으로 하여 실시하였다. 시험기간 중 조사과원 시험수의 수령은 A와 B과원 9년~12년생, C과원 8~11년생으로 왜성 사과원의 성과기 수령이었다. 조사과원 대상 3과원 중 A과원은 재식거리 4m×2m, 10a당 재식주수가 125주로 나무의 수고를 4m 정도로 높게 키웠고, B와 C과원은 재식거리 4m×1.5m, 10a당 재식주수가 167주로 나무의 수고를 2.5m내외로 낮게 키우고 있었다. 이들 과원은 개원시 심경과 철저한 배수처리를 하였다. A와 C과원은 과수원을 처음 개원하였고, B과원은 개식한 과원이었다.

과원별로 결실이 양호한 나무를 20주 선정하여 합계 60주를 대상으로 3년간 나무별 생육상태와 착과수, 과실품질, 엽과 토양의 무기성분함량을 조사하였다.

예비조사와 시험 1차년도에는 7월하순에만 엽과 토양시료를 채취하였고, 시험 2~3차년도에는 5월 하순부터 10월 하순까지 1개월 간격으로 모두 6회 엽시료를 채취하여 시기별 무기성분함량을 조사하여 금후 밀식사과원의 목표수량에 따른 영양진단지표설정의 기준치로 삼고자하였다.

엽시료의 채취는 1년차에는 7월 하순에 조사수의 사람키의 높이에 있는 신초의 중간부위에 있는 건전엽을 40정도 채취하였고, 2~3년차에는 5월하순부터 10월 하순까지 1개월 간격으로 6회 주당 25매를 채취하였다. 채취한 시료는 빙초산과 증류수로 세척한 후 건조기에서 80~90℃온도로 건조 후 40mesh정도로 분쇄하여 분석시료로 하였다.

토양시료는 엽시료를 채취한 나무의 주변에서 0~30cm부위의 토양을 채취하여 그늘에서 말린 후 20mesh체로 걸러서 분석시료로 하였다.

엽내 무기성분함량의 분석은 질소는 Kjeldahl법으로 정량하고, 인산은 vanadate법으로, 붕소는 curcumin법으로 비색정량하였다. 칼리, 마그네슘, 철, 망간 등 그 이외의 성분은 Ternary soln.으로 분해 후 원자흡광분광광도계를 이용하여 분석하였다.

토양산도는 pH meter로 측정하고, 유효인산은 Lancaster법으로, 유기물은 Tyurin법으로 측정하였다. 치환성 칼리, 칼슘, 마그네슘은 ammonium acetate로 추출 후 원자흡광분광광도계를 이용하여 분석하였다.

무기성분별 엽내 무기성분의 기준치 설정방법은 윤(1967)의 방법을 사용하였다. 신초장은 엽시료 채취시에 직립되지 않은 2년생지를 6~8개 선정하여 모든 신초장을 측정 후 5cm이상의 평균신초장(평균신초장 I), 0.5cm이상의 평균신초장(평균신초장 II), 선단 신초장, 신초의 재신장율을 조사하였다.

과실품질의 조사는 나무별로 수확시에 10개의 과실을 임의로 채취하여 과중, 경도, 당도, 산함량 및 과피의 anthocyanin과 chlorophyll함량을 세부과제 1과 동일한 방법으로 조사하였다. 주당수량은 나무의 착과수를 조사한 후 평균 과중×착과수로 계산하였으며, 10a당 추정수량은 주당수량×10a당 재식주수로 계산하였다.

평균과 표준편차는 SPSS를 이용하여 계산하였는데, 세부과제 1에서와 마찬가지로 4년간 평균과 표준편차는 년도별 평균치를 대상으로 계산한 것이 아니고, 조사 개체수의 4년간 수치 모두를 대상으로 계산하였다.

2. 연구결과

가. 조사과원 시험수의 생육상태, 과실품질 및 엽중 무기성분 함량과 토양의 화학성 비교

1) 생육상태

과원별 시험수의 예비조사(조사년차 1년차)를 포함한 4년간 생육상태를 비교하면 표 15와 같다.

과원별 2년생지상 5cm 이상 신초의 평균 길이인 평균 신초장 I의 4년간 평균으로 비교하여 보면, A과원 18.0±3.0cm, B과원 19.6±3.3cm, C과원 18.8±3.5cm로 해에 따라 차이는 있지만 A과원의 평균 신초장이 작은 경향이였다. 2년생지상의 0.5cm 이상되는 신초의 평균길이인 평균신초장 II도 A과원 8.7±2.2cm, B과원 9.4±2.2cm, C과원 10.3±3.4cm로 A과원이 B와 C과원보다 낮은 경향이였다.

선단 신초장은 A과원 26.9±6.0cm, B과원 28.5±5.7cm, C과원 27.7±6.7cm로 평균 신초장의 경우와 같은 경향으로 A과원이 B과원과 C과원에 비하여 짧았다. 평균 신초장은 평균신초장에 비하여 3과원 모두 해에 따른 편차가 심하였다.

신초의 재신장율은 A과원 4.7±4.4%, B과원 5.6±5.4%, C과원 3.7±4.5%로 과원 간에 차이는 없었다. 평균신초장이나 선단신초장에 비하여 해에 따른 개체에 따른 편이가 큰 편이었다. 3과원 모두 해에 따른 편차는 심하지 않았으나, 시험수개체간 편차가 심한 편이었다. 그러나, 신초의 재신장율은 개체간 편차를 감안하더라도 10%를 넘는 나무가 드물었고 대부분의 시험수는 5%내외의 재신장율을 보였다.

일반 사과원에서는 6월 하순~7월 상순에 절단하지 않은 가지에서 자란 선단 신초장이 30cm미만이고, 신초의 재신장율과 도장지의 발생이 적은 나무를 수세가 안정되었다고 판단하고 있다. 일본 나가노현의 경우 10a당 125~167주를 재식한 '후지'사과 밀식원에서 주당 수량 30~33kg, 평균과중 300g을 목표로 할 때의 적정 생육지표는 평균 신초장 약 20cm, 6월 중순의 신초성장 정지율이 90~95%이다(변, 1997). 김등(1996)의 보고에 의하면 M.26에 접목한 '후지'품종에서 생산성이 높은 나무는 15~30cm 범위의 신초가 대부분이었으나, 낮은 나무의 평균 신초장은 40cm이상으로 크고 특히 60cm이상의 도장성 신초의 발생이 많다고 하였다. 본 연구에서 조사대상으로 선정한 과원의 시험수는 대부분 평균 신초장이 20cm내외이고, 선단 신초장이 30cm를 초과하지 않고 재신장율도 5%내외로 전반적인 수세는 안정된 상태임을 알 수 있다.

표 15. 조사과원의 년도별 신초생장

조사 과원	조사 년차	평균신초장 ¹⁾ (cm)		선단신초장 (cm)	신초재신장율 (%)
		I	II		
A	1	19.7±2.4	10.7±1.9	28.9±4.1	7.4±6.3
	2	19.6±2.4	9.0±1.4	33.1±3.5	2.8±1.3
	3	17.2±2.8	8.6±1.9	24.7±4.5	4.2±3.3
	4	15.7±2.3	6.6±1.6	20.9±3.6	4.5±4.1
	평균	18.0±3.0	8.7±2.2	26.9±6.0	4.7±4.4
B	1	21.1±3.2	11.1±1.5	31.1±4.4	5.7±6.2
	2	18.5±3.0	8.5±2.2	30.2±5.0	6.3±4.3
	3	20.1±3.8	9.6±2.4	29.0±4.7	4.2±3.4
	4	18.7±2.6	8.2±1.7	23.8±5.7	6.4±7.2
	평균	19.6±3.3	9.4±2.2	28.5±5.7	5.6±5.4
C	1	22.2±3.4	14.3±2.9	32.5±6.0	2.6±4.1
	2	17.9±2.2	10.2±2.1	29.4±6.4	4.0±5.6
	3	16.3±2.3	8.6±2.0	25.5±4.7	3.1±1.6
	4	18.6±3.2	8.0±2.4	23.3±5.4	5.1±5.6
	평균	18.8±3.5	10.3±3.4	27.7±6.6	3.7±4.5

¹⁾I :2년생지상의 5cm이상 되는 신초의 평균, II :2년생지상의 0.5cm이상 되는 신초 평균.

2) 결실상태

조사과원 시험수의 결실상태는 표 16과 같다. 4년간 평균 주당 착과수는 수고가 4m내외이고 10a당 재식주수가 125주인 A과원이 195 ± 62 개로 수고 2.5m내외이고 10a당 재식주수가 167주인 B과원 120 ± 61 개와 C과원 123 ± 41 개보다 월등히 많았다. A과원은 예비조사인 1차년도에 주당수량이 41.7 ± 11.8 kg로 10a당 추정수량이 5.2 ± 1.5 ton이었고, 본 연구가 시작된 2~4년차에는 주당수량이 50kg이상으로 10a당 추정수량이 6ton이 넘었으나 해거리를 하는 시험수는 없었다. B과원은 조사기간중 1~년차는 주당수량이 30kg내외로 10a당 추정수량이 4.8ton이상이었으나 3년차에 과다착과로 4년차에는 많은 시험수가 해거리가 왔다. C과원은 조사기간 중 해거리가 있는 시험수는 2주로 적은 편으로 4년간 평균 주당수량이 36.2 ± 11.6 kg으로 10a당 추정수량은 6.1 ± 1.3 ton이었다. 평균 과중은 A과원 289 ± 28 g, B과원 281 ± 29 g, C과원 297 ± 36 g으로 평균 과중이 300g을 넘지 못하였는데, 많은 착과량 때문이 아닌가 생각된다.

표 16. 조사과원의 년도별 결실상태

조사 과원	조사 년차	착과수 (개/주)	과중 (g)	주당수량 (kg)	10a당 추정수량 (M/T)
A	1	132±38	316±20	41.7±11.8	5.2±1.5
	2	235±58	287±25	67.5±18.4	8.4±2.3
	3	198±44	271±29	54.2±15.2	6.8±1.9
	4	216±56	284±21	61.2±15.9	7.7±2.0
	평균	195±62	289±28	56.2±18.0	7.0±2.3
B	1	112±34	292±18	33.0±10.8	5.5±1.8
	2	131±42	302±16	39.7±13.8	6.6±2.3
	3	183±48	275±25	50.6±14.8	8.3±2.4
	4	53±33	254±30	13.6± 8.7	2.6±1.7
	평균	120±61	281±29	34.2±18.1	5.8±2.4
C	1	85±21	340±29	28.9± 7.9	4.8±1.3
	2	153±37	303±17	46.2±10.9	7.7±1.8
	3	146±30	271±25	39.5± 8.7	6.5±1.4
	4	109±32	275±22	30.2± 9.8	5.2±1.8
	평균	123±41	297±36	36.2±11.6	6.1±1.3

3) 과신품질

조사과원 시험수의 년도별 과실의 품질은 표 17과 같다.

과실의 경도는 3과원 모두 해에 따른 변이가 매우 컸다. 4년간 평균 과실경도는 A과원 1.44 ± 0.19 , B과원 1.52 ± 0.14 , C과원 $1.49 \pm 0.17 \text{kg} \cdot \Psi 5 \text{mm}^{-1}$ 로 과원간에 차이가 없었다..

과실의 당도는 A과원 $13.5 \pm 0.9 \text{Bx}$ 로 B과원 $14.1 \pm 0.9 \text{Bx}$, C과원 $14.2 \pm 0.8 \text{Bx}$ 로 A과원이 약간 낮은 경향이었으나 해에 따른 개체에 따른 변이가 큰 편이었다. 과실의 산함량은 A과원 $0.27 \pm 0.05\%$, B과원 $0.30 \pm 0.05\%$, C과원 $0.31 \pm 0.04\%$ 로 A과원이 약간 낮은 경향이었고, B과원과 C과원은 해에 따른 편차가 큰 편이었다. 과실의 맛을 표현하는 감미비(당도/산함량)는 A과원이 52.1 ± 8.1 로 B과원 47.3 ± 5.3 , C과원 46.0 ± 6.2 에 비하여 높았다.

과피의 착색정도를 비교하기 위하여 안토시안과 엽록소를 측정하였다. 과피의 안토시안은 3과원 모두 해에 따라, 개체에 따라 변이가 큰 편인데 B과원이 $3.38 \pm 1.04 \text{OD} \cdot 100 \text{cm}^{-2}$ 로 A과원 $2.95 \pm 0.94 \text{OD} \cdot 100 \text{cm}^{-2}$, C과원 $2.73 \pm 0.77 \text{OD} \cdot 100 \text{cm}^{-2}$ 에 비하여 높게 검출되었다. 과피의 엽록소는 C과원이 $0.30 \pm 0.08 \text{mg} \cdot 100 \text{cm}^{-2}$ 로 A과원 $0.26 \pm 0.05 \text{mg} \cdot 100 \text{cm}^{-2}$, B과원 $0.25 \pm 0.04 \text{mg} \cdot 100 \text{cm}^{-2}$ 보다 높았다. C과원의 엽록소 함량은 해에 따른 변이가 컸다. 안토시안과 엽록소를 분석결과 과피의 착색정도는 B과원, A과원의 순으로 잘되었고, C과원의 과실의 착색은 과피 착색의 엽록소가 덜 빠진 상태에서 되어 어둡게 되었다.

이(1999)는 과피의 착색은 엽중 질소함량과 총 신초장 및 재신장을과 고도의 부의 상관성이 있다고 하였다. 장과 임(2002)은 평균 신초장이 길어짐에 따라 과피의 착색도는 감소하는 경향을 보인다고 하였다. C과원 과피 착색이 떨어지는 이유는 C과원은 A과원 비하여 평균 신초장과 선단 신초장이 길고(표 15), 엽중 질소함량이 다른 과원보다 높기 때문(표 18)이 아닌가 생각된다.

표 17. 조사과원의 과실품질

조사 과원	조사 년차	경도 (kg/√5mm)	당도 (°Bx)	산함량 (%)	감미비	과피색소	
						안토시안 (OD/100cm ²)	엽록소 (mg/100cm ²)
A	1	1.21±0.07	14.2±0.7	0.28±0.03	50.4±3.6	2.23±0.42	0.22±0.06
	2	1.60±0.06	12.5±0.9	0.20±0.02	63.7±6.6	2.10±0.65	0.26±0.03
	3	1.63±0.04	13.3±0.4	0.28±0.02	48.0±2.3	3.65±0.53	0.30±0.07
	4	1.29±0.05	14.1±0.4	0.31±0.02	46.0±3.3	3.82±0.44	0.21±0.03
	평균	1.44±0.19	13.5±0.9	0.27±0.05	52.1±8.1	2.95±0.94	0.26±0.05
B	1	1.35±0.07	14.1±0.8	0.27±0.03	53.7±4.8	2.66±0.58	0.23±0.04
	2	1.61±0.02	13.3±0.9	0.30±0.04	45.0±4.6	3.55±0.84	0.26±0.03
	3	1.67±0.04	14.1±0.6	0.30±0.03	47.4±3.6	2.68±0.56	0.30±0.02
	4	1.45±0.08	15.0±0.6	0.35±0.04	43.1±4.1	4.64±0.64	0.21±0.03
	평균	1.52±0.14	14.1±0.9	0.30±0.05	47.3±5.8	3.38±1.04	0.25±0.04
C	1	1.27±0.05	14.4±0.5	0.28±0.03	51.3±4.1	1.82±0.31	0.34±0.05
	2	1.62±0.03	13.9±1.1	0.28±0.02	50.2±5.1	2.79±0.65	0.38±0.06
	3	1.65±0.03	14.0±0.7	0.35±0.03	40.3±3.8	3.01±0.45	0.24±0.03
	4	1.42±0.07	14.6±0.6	0.35±0.03	42.3±2.5	3.27±0.71	0.24±0.03
	평균	1.49±0.17	14.2±0.8	0.31±0.04	46.0±6.2	2.73±0.77	0.30±0.08

4) 엽중 무기성분 함량과 토양 화학성

가) 엽중 무기성분 함량

시험수의 년도별 엽중 무기성분함량은 표 18과 표 19에서 보는 바와 같다.

4년간 평균 엽중 질소함량은 A과원 $24.2 \pm 1.7 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $25.1 \pm 1.5 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $26.5 \pm 1.6 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 C과원의 함량이 제일 높았고, A과원의 함량이 제일 낮았다. 앞에서 언급한 바와 같이 이와 같은 과원간 엽중 질소함량의 차이는 수체생육과 과실품질에 영향을 미친 것으로 판단되었다. 그러나 이들 과원 엽중 질소함량은 신 등(1988)이 보고한 M.26에 접목한 '후지'품종의 적정함량인 $27.0 \pm 2.2 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (적정함량범위 : $24.8 \sim 29.2 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)에 비하여 과실의 착색도가 떨어지는 C과원을 제외하고는 2~3g이 낮고 C과원의 경우도 4년간 엽중 질소함량 범위가 $24.9 \sim 28.1 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 하한치는 신 등이 설정한 하한치와 같고 상한치는 $1.1 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이 낮았다.

따라서 M.26을 중간대목으로 밀식재배를 하는 과원에서는 '후지'품종의 엽중 질소함량 기준치를 재조정할 필요가 있었다.

4년간 평균 엽중 인산함량은 A과원 $1.78 \pm 0.30 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $1.66 \pm 0.19 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $1.74 \pm 0.19 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 과원간 뚜렷한 차이가 없었고, 해에 따른 개체간 편차도 적은 편이었다. 이들 과원의 엽중 인산함량은 신 등(1988)이 설정한 정상함량 범위인 $1.60 \sim 1.90 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 에 비하여 약간 낮거나 같은 수준이었다.

4년간 평균 엽중 칼리함량은 A과원 $10.5 \pm 1.7 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $12.2 \pm 2.2 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $12.8 \pm 1.4 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 A과원의 함량이 약간 낮은 편이었다. 이들 과원의 엽중 칼리함량은 신 등(1988)이 설정한 정상함량 범위인 $10.4 \sim 15.1 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 에 비하여 약간 낮거나 같은 수준이었다.

4년간 평균 엽중 칼슘함량은 A과원 $11.5 \pm 1.5 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $11.6 \pm 1.8 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $11.7 \pm 1.5 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 과원간 차이가 없었다. 또한, 년도간 변이가 적었으며 개체간 편차도 비슷하였다. 이들 과원의 엽중 칼슘함량은 신 등(1988)이 설정한 정상함량 범위인 $9.1 \sim 13.0 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 에 비하여 같거나 약간 높은 수준이었다.

4년간 평균 엽중 마그네슘함량은 A과원 $3.79 \pm 0.75 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $3.07 \pm 0.48 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $3.51 \pm 0.47 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 B과원의 함량이 A과원과 B과원에 비하여 낮았다. 3과원 모두 해에 따른 편차가 심한 편이었다. 이들 과원의 엽중 마그네슘함량은 신 등(1988)이 설정한 정상함량 범위인 $2.60 \sim 3.60 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 에 비하여 A과원과 C과원은 함량이 높았고, B과원은 같은 수준이었다.

표 18. 년차별 엽중 다량원소함량($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)

조사 과원	조사 년차	N	P	K	Ca	Mg
A	1	22.7±1.1	1.68±0.27	10.2±1.2	11.1±1.5	3.04±0.46
	2	25.8±1.3	1.87±0.38	12.4±1.2	11.9±1.3	4.52±0.62
	3	24.8±1.0	1.69±0.25	10.3±1.3	11.0±1.4	3.80±0.55
	4	23.3±1.5	1.88±0.25	9.2±1.4	12.2±1.6	3.82±0.55
	평균	24.2±1.7	1.78±0.30	10.5±1.7	11.5±1.5	3.79±0.75
B	1	24.5±1.9	1.59±0.11	11.5±1.5	10.8±0.9	2.79±0.49
	2	25.9±1.0	1.79±0.26	14.8±2.0	11.5±2.1	3.09±0.33
	3	26.1±0.9	1.65±0.14	11.2±1.3	12.9±1.4	3.58±0.30
	4	24.1±0.9	1.62±0.19	11.3±1.5	11.1±2.1	2.83±0.35
	평균	25.1±1.5	1.66±0.19	12.2±2.2	11.6±1.8	3.07±0.48
C	1	24.5±1.4	1.67±0.15	13.0±1.5	11.9±1.5	3.11±0.39
	2	27.6±0.7	1.67±0.14	13.7±1.4	11.0±1.4	3.90±0.41
	3	27.3±1.0	1.83±0.16	12.1±1.0	11.8±1.6	3.76±0.27
	4	26.6±1.1	1.79±0.26	12.3±1.3	12.2±1.3	3.28±0.26
	평균	26.5±1.6	1.74±0.19	12.8±1.4	11.7±1.5	3.51±0.47

4년간 평균 엽중 붕소함량은 A과원 $26 \pm 3 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $23 \pm 4 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $25 \pm 5 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 과원간 큰 차이가 없었다. 이들 과원의 엽중 붕소함량은 신등(1988)이 설정한 정상함량 범위인 $27.6 \sim 47.4 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 에 비하여 3과원 모두 낮은 수준이었다.

4년간 평균 엽중 망간함량은 A과원 $243 \pm 167 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $308 \pm 146 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $151 \pm 83 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 B과원의 함량이 제일 높고, C과원의 함량이 제일 낮았다. 그러나, 동일 과원내의 해에 따른 편차가 심하고, 또한 개체간 편차도 매우 심하였다.

4년간 평균 엽중 철 함량은 A과원 $142 \pm 107 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $115 \pm 50 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $102 \pm 213 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 A과원의 함량이 높은 편이나 동일 과원내에서도 해에 따라 개체간의 편차가 매우 심하였다.

4년간 평균 엽중 구리 함량은 A과원 $11.4 \pm 2.6 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $10.4 \pm 4.5 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $7.5 \pm 3.3 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 A과원이 약간 높은 경향이었으나 3과원 모두 해에 따른 편차가 크고 개체간 편차도 컸다.

4년간 평균 엽중 아연 함량은 A과원 $68 \pm 22 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $52 \pm 20 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $40 \pm 22 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 A과원이 높은 경향이었으나, 3과원 모두 해에 따른 편차가 크고 개체간 편차도 컸다.

표 5. 년차별 엽중 미량원소함량($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

조사 과원	조사 년차	B	Mn	Fe	Cu	Zn
A	1	27±2	309± 62	89± 11	12.8±3.1	99±14
	2	26±3	128± 40	79± 15	9.7±2.5	53± 9
	3	24±2	427±193	289±123	11.1±2.1	69± 9
	4	27±3	110± 33	112± 28	11.9±1.0	52± 7
	평균	26±3	243±167	142±107	11.4±2.6	68±22
B	1	28±2	335±130	108± 16	10.0±7.2	33± 5
	2	21±2	314±124	86± 18	9.3±2.8	74±12
	3	25±3	367±167	148± 87	14.0±1.4	35±10
	4	19±2	218±125	118± 18	8.1±1.2	64±12
	평균	23±4	308±146	115± 50	10.4±4.5	52±20
C	1	30±3	226± 81	96± 6	7.2±2.3	75±11
	2	19±3	121± 62	82± 12	8.9±4.0	30± 8
	3	25±2	128± 79	116± 21	9.5±2.5	32±11
	4	28±2	128± 62	113± 20	4.2±1.1	24± 3
	평균	25±5	151± 83	102± 21	7.5±3.3	40±22

나) 토양의 화학성

조사과원 토양의 pH, 유기물함량, 유효 인산함량, 치환성 염기의 함량은 표 20과 같다.

4년간 평균 토양 pH는 A과원 7.3 ± 0.3 , B과원 6.9 ± 0.6 , C과원 7.1 ± 0.3 으로 3과원 모두 농촌진흥청이 제시(1999)한 우리나라 과수원 토양의 적정 pH범위인 6.0~6.5보다 pH가 매우 높았다.

토양유기물 함량은 4년간 평균이 A과원 $22.3 \pm 4.9 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $18.5 \pm 5.5 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $22.3 \pm 5.4 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 과원간 차이가 컸으며, 동일과원 내에서도 해에 따라 개체에 따라 편차가 매우 컸다. 한편, 이들 과원의 유기물함량은 농촌진흥청이 제시(1999)한 우리나라 과수원토양의 적정함량범위 $25 \sim 35 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 보다 매우 낮았다.

유효 인산함량은 4년간 평균이 A과원 $690 \pm 156 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $476 \pm 194 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $791 \pm 194 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 과원간에 차이가 있었고 해에 따라 개체간 편차가 심하였다. 3과원 모두 농촌진흥청이 제시(1999)한 우리나라 과수원 토양의 적정함량범위인 $200 \sim 300 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 보다 높았다.

치환성 K함량은 4년간 평균이 A과원 $0.69 \pm 0.18 \text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $0.75 \pm 0.20 \text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $1.00 \pm 0.60 \text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 C과원의 함량이 A과원과 B과원에 비하여 현저히 높았는데, C과원은 해에 따른 변이가 심하고 개체간 편차가 특히 심하였다. 그러나, 농촌진흥청이 제시(1999)한 적정함량범위는 $0.30 \sim 0.60 \text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 C과원은 물론 A과원과 B과원도 이 범위를 훨씬 초과하였다.

치환성 Ca함량은 4년간 평균이 A과원 $7.45 \pm 2.66 \text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $7.98 \pm 2.87 \text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $5.74 \pm 2.64 \text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 치환성 칼리와는 반대로 A과원의 함량이 높았다. 그러나, 3과원 모두 해에 따는 변이가 크고 같은 해의 개체간 편차가 심하였다. 이들 과원의 함량은 농촌진흥청이 제시(1999)한 적정함량범위인 $5.0 \sim 6.0 \text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 보다 C과원을 제외하고는 높은 편이었다.

치환성 Mg함량은 4년간 평균이 A과원 $1.44 \pm 0.36 \text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$, B과원 $1.68 \pm 0.54 \text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$, C과원 $1.38 \pm 0.39 \text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 과원간 차이는 크지 않았다. 3과원 모두 개체간 편차는 큰 편이었으나 해에 따른 편차는 다른 치환성 염기에 비하여 덜 심하였다. 3과원 모두 함량이 농촌진흥청이 제시(1999)한 적정함량 범위인 $1.5 \sim 2.0 \text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 의 범주에 있었다.

표 20. 토양 pH, 유기물, 유효인산 및 치환성 염기 함량

조사 과원	조사 년차	pH (1:5)	유기물 (g · kg ⁻¹)	유효인산 (mg · kg ⁻¹)	치환성 염기(cmol · kg ⁻¹)		
					Ca	Mg	K
A	1	7.0±0.3	21.1±5.4	799±162	5.51±1.85	1.52±0.32	0.77±0.14
	2	7.4±0.3	22.8±5.0	640±109	7.58±2.05	1.65±0.35	0.82±0.18
	3	7.5±0.3	23.3±4.1	657±162	7.92±2.56	1.19±0.29	0.62±0.14
	4	7.3±0.2	22.1±5.0	663±138	8.78±3.02	1.39±0.34	0.57±0.14
	평균	7.3±0.3	22.3±4.9	690±156	7.45±2.66	1.44±0.36	0.69±0.18
B	1	6.4±0.6	14.9±4.3	583±215	6.97±2.72	1.51±0.68	0.89±0.26
	2	7.1±0.4	19.7±4.6	371±159	9.36±2.50	1.62±0.42	0.80±0.13
	3	7.1±0.5	20.2±5.0	496±156	6.98±2.24	1.83±0.47	0.71±0.15
	4	7.0±0.5	19.1±6.6	454±188	8.62±3.33	1.77±0.53	0.61±0.10
	평균	6.9±0.6	18.5±5.5	476±194	7.98±2.87	1.68±0.54	0.75±0.20
C	1	7.1±0.3	19.2±3.9	882±142	6.89±2.39	1.38±0.59	1.18±0.57
	2	7.0±0.3	25.6±5.5	789±141	2.74±0.35	1.60±0.17	1.75±0.17
	3	7.0±0.3	18.9±3.9	793±149	5.91±1.49	1.25±0.28	0.58±0.14
	4	7.2±0.3	25.7±4.0	702±182	7.42±2.67	1.30±0.31	0.49±0.16
	평균	7.1±0.3	22.3±5.4	791±164	5.74±2.64	1.38±0.39	1.00±0.60

나. 주당 수량으로 구분한 시험수의 생육상태, 결실량, 과실품질과 엽중 무기성분 함량 비교

1) 시험수의 수량 분포

본 연구에서 조사한 시험수의 수량분포를 보면 표 21과 같다. 4년간 주당 평균수량이 60kg 이상 되면 10a당 추정수량은 125주를 재식하면 7.5ton이상이 되고, 167주를 재식하면 10ton 이상이 된다. 본 연구에서 3개 과원의 60주를 조사한 결과, 4년간 주당 평균수량이 60kg이상 되는 나무는 10a당 125주를 재식하고 수고를 4m내외로 키우는 A과원에서 6주가 있었고, B과원과 C과원에서는 없었다. 4년간 주당 평균수량이 50~59kg(125주 재식시 6.3~7.4ton, 167주 재식시 8.4~9.9ton)이 되는 나무는 A과원 7주, C과원 1주이고 B과원은 없었다. 한편, 4년간 주당 평균수량이 40~49kg(125주 재식시 5.0~6.1ton, 167주 재식시 6.7~8.2ton)이 되는 나무는 A과원 6주, B과원 6주, C과원 5주였다. 그러나, B과원은 6중 3주가 조사 4년차에 수량이 현저히 감소하는 해거리가 심한 나무였다. 4년간 주당 평균수량이 30~39kg(125주 재식시 3.8~4.9ton, 167주 재식시 5.0~6.5ton)이 되는 나무는 A과원 1주, B과원 8주, C과원 11주였다. 이중 해거리가 심한 나무는 A과원은 없고, B과원 4, C과원 2주였다. 4년간 주당 평균수량이 29kg 미만(125주 재식시 3.6ton미만, 167주 재식시 4.8ton미만)이 되는 나무는 A과원은 없고, B과원 6주, C과원 3주였고, B과원은 해당주수인 6주전부가 해거리를 하였다. A과원은 시험수 20주 중 19주가 4년간 주당 평균수량이 40kg이상이었고, 해거리한 나무가 없었다. B과원은 시험수 20주 중 13주가 해거리를 하였고, 14주가 4년간 주당 평균수량이 30~49kg범주에 있었다. C과원은 시험수 20주 중 2주가 해거리를 하였고, 16주가 30~49kg범주에 있었다.

따라서, 이제 부터 표 7을 근거로 하여 10a당 재식주수와 나무의 수고가 다른 A과원과 B와 C과원을 구분하여 주당 수량별로 나누어 시험수의 생육상태, 결실량, 과실품질과 엽중 무기성분함량을 비교하여 보았다.

표 21. 조사수의 수량(4년간 평균) 분포

조사 과원	10a당 재식 주수	조사 주수	4 년간 주당 평균수량 분포(주수)					
			>70kg	69~60kg	59~50kg	49~40kg	39~30kg	<29kg
A	125	20	4	2	7	6	1	0
B	167	20	0	0	0	6(3)	8(4)	6(6)
C	167	20	0	0	1	5	11(2)	3
추정수량(ton/10a)								
	125주/10a		>8.8	8.6~7.5	7.4~6.3	6.1~5.0	4.9~3.8	-
	167/10a		-	-	9.9~8.4	8.2~6.7	6.5~5.0	<4.8

()의 숫자는 해거리한 시험수입.

2) 실제 결실량

4년간 주당 평균수량으로 구분한 시험수의 실제 결실량을 비교하면 표 22와 같다.

10당 재식주수 125주이고 시험수의 수고를 4m내외로 재배하고 있는 A과원을 평균수량이 60kg 이상 생산하는 나무(6주), 50~59kg을 생산하는 나무(7주) 와 40~49kg을 생산하는 나무(6주)의 3group으로 구분하여 4년간 결실량을 비교하였다. 60kg 이상을 생산하는 나무는 4년간 착과수가 188~302개로 주당수량은 56.2~88.6kg이었고, 이들 나무의 10a당 생산능력은 $9.1 \pm 2.0\text{ton}$ 이었다. 50~59kg을 생산하는 나무는 4년간 착과수가 145~247개로 주당수량은 42.6~68.4kg이었고, 이들 나무의 10a당 생산능력은 $7.0 \pm 1.6\text{ton}$ 이었다. 한편, 40~49kg을 생산하는 나무는 4년간 착과수가 116~200개로 주당 수량이 33.8~56.0kg이었고, 이들 나무의 10a당 생산능력은 $5.6 \pm 1.4\text{ton}$ 이었다.

10당 재식주수 167주이고 시험수의 수고를 2.5m내외로 재배하고 있는 B과원과 C과원의 평균수량이 40kg 이상 생산하는 나무(12주), 30~39kg을 생산하는 나무(19주)와 29kg 미만을 생산하는 나무(9주)의 3group으로 구분하여 4년간 결실량을 비교하였다. 40kg 이상을 생산하는 나무는 4년간 착과수가 89~203개로 주당수량은 26.9~60.1kg이었고, 이들 나무의 10a당 생산능력은 $7.3 \pm 2.8\text{ton}$ 이었다. 30~39kg을 생산하는 나무는 4년간 착과수가 72~164개로 주당수량은 21.0 ~47.8kg이었고, 이들 나무의 10a당 생산능력은 $5.7 \pm 2.2\text{ton}$ 이었다. 한편, 29kg 미만을 생산하는 나무는 4년간 착과수가 57~133개로 주당 수량이 15.6~36.6kg이었고, 이들 나무의 10a당 생산능력은 $4.4 \pm 1.7\text{ton}$ 이었다.

표 22. 주당 수량으로 구분한 시험수의 착과수, 과중 및 수량¹⁾비교

10a당 재식 주수	수고	주당 수량 (kg)	조사 주수	주당 착과수	과중 (g)	실제 주당수량 (kg)	10a당 추정수량 (ton)
		>60	6	245±57	297±24	72.4±16.2	9.1±2.0
125주	4.0m	59~50	7	196±51	288±30	55.5±12.9	7.0±1.6
		49~40	6	158±42	287±21	44.9±11.1	5.6±1.4
		>40	12	146±57	301±32	43.5±16.6	7.3±2.8
167주	2.5m	39~30	19	118±46	291±31	34.4±13.4	5.7±2.2
		<29	9	95±38	272±37	26.1±10.5	4.4±1.7

¹⁾4년 평균수량임.

3) 생육상태

나무의 수량성에 따른 생육상태를 비교하면 표 23과 같다.

10당 재식주수 125주이고 시험수의 수고를 4m내외로 재배하고 있는 A과원이나 10a당 재식주수가 167주이고 시험수의 수고를 2.5m내외로 재배하는 B과원과 C과원 모두 평균신초장 I, II, 선단 신초장 및 신초의 재신장율이 주당 수량이 적을수록 감소하는 경향을 보였으나, 그 차이는 매우 미미하였다.

본 연구에서 조사하는 과원은 일반과원에 비하여 다수확을 하고, 수세가 안정되어 있는 과원이다. 본 조사는 이와 같이 다수확을 하는 과원에서 적정수량 이상을 생산하는 나무를 다시 주당 수량가지고 구분을 하였기 때문에 이러한 조건내에서는 수량성은 나무의 생육상태와 비례할지도 모른다고 생각되었다.

실제로 생육상태를 보면 10당 재식주수 125주이고 시험수의 수고를 4m내외로 재배하고 있는 A과원에서 평균신초장 I, 선단 신초장 및 신초 재신장율을 비교하여 보면, 주당 60kg 이상 수량을 내는 나무의 경우 각각 $19.0 \pm 3.2\text{cm}$, $26.9 \pm 5.5\text{cm}$, $5.2 \pm 5.3\%$ 이고, 40~49kg의 수량을 내는 나무는 각각 $16.9 \pm 2.9\text{cm}$, $21.9 \pm 6.8\text{cm}$, $3.4 \pm 2.0\text{cm}$ 이었다. 또한, 10a당 재식주수 167주이고 시험수의 수고를 2.5m내외로 재배하는 B과원과 C과원에서 평균신초장 I, 선단 신초장 및 신초 재신장율을 비교하여 보면, 주당 40kg 이상 수량을 내는 나무의 경우 각각 $20.9 \pm 4.0\text{cm}$, $30.0 \pm 5.7\text{cm}$, $5.2 \pm 6.4\%$ 이고, 29kg 미만의 수량을 내는 나무는 각각 $18.0 \pm 3.0\text{cm}$, $23.7 \pm 5.9\text{cm}$, $4.5 \pm 4.8\text{cm}$ 이었다. 모든 시험수에서 평균 신초장 20cm내외, 선단신초장 30cm내외, 신초재신장율 10%내외로 안정된 수세범위에 있다고 판단되었다.

표 23. 주당 수량으로 구분한 시험수의 신초생장비교(4년 평균)

10a당 재식 주수	수고	주당 수량 (kg)	평균신초장 ¹⁾ (cm)		선단 신초장 (cm)	신초 재신장을 (%)
			I	II		
		>60	19.0±3.2	9.2±2.1	26.9±5.5	5.2±5.3
125주	4.0m	59~50	18.3±2.4	8.6±1.8	25.6±5.5	4.8±4.2
		49~40	16.7±2.9	8.5±2.7	21.9±6.8	3.4±2.0
		>40	20.6±4.0	10.6±3.2	30.0±5.7	5.2±6.4
167주	2.5m	39~30	19.1±3.0	10.0±2.6	26.4±5.6	4.8±4.5
		<29	18.0±3.0	8.9±2.8	23.7±5.9	4.5±4.8

¹⁾I :2년생지상의 5cm이상 되는 신초의 평균, II :2년생지상의 0.5cm이상 되는 신초 평균.

4) 과신품질

과실의 품질은 표 24에서 보는 바와 같다. 10당 재식주수 125주이고 시험수의 수고를 4m내외로 재배하고 있는 A과원이나 10a당 재식주수가 167주이고 시험수의 수고를 2.5m내외로 재배하는 B과원과 C과원 모두 수량성에 따른 과실의 품질차이는 인정할 수 없었다. 단지, A과원은 B와 C과원 비하여 당도는 떨어지나 산함량이 낮아 감미비가 높은 경향이었고, 과실의 착색은 과피의 안토시안 함량은 차이가 없었으나 과피의 엽록소 함량이 A과원이 B와 C과원에 비하여 낮아 A과원의 착색이 밝게 되었다.

5) 엽중 무기성분 함량

수량성 차이에 따른 엽중 무기성분 함량은 엽중 무기성분 함량은 표 25와 표 26에서 보는 바와 같다.

4년간 평균 엽중 질소함량은 10당 재식주수 125주이고 시험수의 수고를 4m내외로 재배하고 있는 A과원은 주당수량이 60kg 이상을 생산하는 나무가 $24.3 \pm 1.9 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이고, 40~49kg을 생산하는 나무는 $24.1 \pm 1.8 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 차이가 없었다. 10a당 재식주수가 167주이고 시험수의 수고를 2.5m내외로 재배하는 B과원과 C은 40kg 이상 수량을 낼 수 있는 나무가 $25.7 \pm 1.6 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이고, 29kg 미만을 생산하는 나무가 $26.1 \pm 1.9 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 차이가 없었다. 그러나, A과원에 비하여 B와 C과원의 엽중 질소함량이 높았고, 그 영향으로 과실의 감미비와 과피의 착색 등 과신품질이 차이가 있던 것으로 판단되었다.

4년간 평균 엽중 인산, 칼리, 칼슘, 마그네슘 등의 다량원소의 함량(표 25)과 붕소, 망간 등 미량원소의 함량(표 26)도 질소함량과 마찬가지로 10당 재식주수 125주이고 시험수의 수고를 4m내외로 재배하고 있는 A과원이나 10a당 재식주수가 167주이고 시험수의 수고를 2.5m내외로 재배하는 B과원과 C과원 모두 나무의 수량성에 따른 차이가 없었다.

표 24. 주당 수량으로 구분한 시험수의 과실품질 비교(4년평균)

10a 재식 주수	주당 수량 (kg)	경도 (kg/5mm ∇)	당도 (°Bx)	산함량 (%)	감미비	과피색소	
						안토시안 (OD/100cm ²)	엽록소 (mg/100cm ²)
	>60	1.44±0.19	13.3±0.9	0.26±0.04	51.7±7.2	2.83±0.95	0.28±0.04
125	59~50	1.42±0.19	13.4±0.9	0.26±0.04	52.7±8.4	3.01±0.90	0.26±0.05
	49~40	1.46±0.20	13.9±0.8	0.27±0.05	52.1±8.7	3.05±1.04	0.24±0.05
	>40	1.51±0.16	14.0±0.8	0.31±0.04	45.6±5.3	3.18±0.99	0.27±0.06
167	39~30	1.49±0.16	14.2±0.9	0.30±0.04	47.8±6.1	2.95±0.90	0.28±0.07
	<29	1.51±0.15	14.2±0.9	0.31±0.05	46.9±6.7	2.99±1.04	0.27±0.07

표 25. 주당 수량에 따른 엽중 다량원소 함량($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) 비교

10a당 재식 주수	수고	주당 수량 (kg)	N	P	K	Ca	Mg
		>60	24.3±1.9	1.73±0.34	10.7±1.9	10.9±1.1	3.58±0.65
125주	4.0m	59~50	24.1±1.6	1.87±0.30	10.2±1.5	12.0±1.8	3.98±0.84
		49~40	24.1±1.8	1.74±0.27	10.6±1.8	11.7±1.5	3.80±0.75
		>40	25.7±1.6	1.71±0.20	13.0±1.8	11.7±1.6	3.30±0.56
167주	2.5m	39~30	25.8±1.7	1.72±0.21	12.3±1.8	11.6±1.6	3.36±0.48
		<29	26.1±1.9	1.67±0.17	12.2±1.9	12.0±2.0	3.25±0.49

표 26. 주당 수량에 따른 엽중 미량원소 함량($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 비교

10a당 재식 주수	수고	주당 수량 (kg)	B	Mn	Fe	Cu	Zn
		>60	26.3±2.8	250±170	150±110	11.9±2.7	69±22
125주	4.0m	59~50	25.4±2.7	235±168	138±104	11.6±3.0	68±23
		49~40	26.1±3.0	245±172	135±105	10.4±1.7	68±20
		>40	23.3±4.3	230±160	105± 47	9.3±5.8	48±23
167주	2.5m	39~30	25.2±4.3	209±140	105± 32	8.9±3.2	44±21
		<29	24.4±5.0	284±126	113± 33	8.7±3.6	46±22

다. 목표수량, 안정된 수세 및 엽중 적정 무기성분 함량 설정

지금까지 M.26에 접목한 ‘후지’품종으로 10a당 125주를 재식하고 수고를 4m내외로 재배하는 사과원(A과원)과 10a당 167주를 재식하고 수고를 2.5m 내외로 재배하는 사과원(B와 C과원)의 3개소에서 과원당 20주씩 모두 60주를 대상으로 4년간 수체의 생육상태, 결실성, 과실품질 및 엽중 무기성분함량을 조사하였다. A과원은 4년간 평균 주당수량이 $56.2 \pm 18.0\text{kg}$ 으로 10a당 추정수량이 $7.0 \pm 2.3\text{ton}$ 이었고, B과원은 $34.2 \pm 18.1\text{kg}$ 으로 $5.8 \pm 2.4\text{ton}/10\text{a}$, C과원 $36.2 \pm 16.1\text{kg}$ 으로 $6.1 \pm 1.3\text{ton}/10\text{a}$ 이었다. 수량성이 제일 높은 A과원은 조사기간 4년 중 해거리 하는 시험수가 없었으나, B과원은 13주, C과원은 2주가 1회 해거리를 하였다. 과실의 맛과 과실의 착색 등 과실품질은 A과원이 제일 양호하였고, C과원이 약간 떨어지는 경향이 있었다. 그 원인은 엽중 질소함량이 A과원 24.2 ± 1.7 로 C과원 26.5 ± 1.6 보다 낮기 때문이 아닌가 생각되었다. 조사과원 3곳 모두 조사기간 중 평균 과중이 300g 이하였다.

동일 과원내에서도 시험수에 따라 수량성에 차이가 있어 10a당 재식주수와 수고가 차이가 있는 A과원과 B와 C과원을 구분하여 수량성, 생육상태, 과실품질 및 엽중 무기성분함량을 비교하여 보았다. 그 결과 수량성에 따라 생육상태, 과실품질 및 엽중 무기성분함량을 비교한 결과 수량성에 따른 뚜렷한 차이를 볼 수가 없었다. 그 원인은 조사과원이 다수확을 하는 독농가이고 시험수가 주당 생산성이 높아 A과원에서 생산성이 낮다고 구분한 group도 4년간 주당 평균수량이 $44.9 \pm 11.1\text{kg}$ 로 10a당 $5.6 \pm 1.4\text{ton}$ 을 수확할 수 있는 생산력이 있고, B와 C과원에서 생산성이 낮다고 구분한 group의 4년간 주당 평균수량이 $26.1 \pm 10.5\text{kg}$ 으로 10a당 $4.4 \pm 1.7\text{ton}$ 을 수확할 수 있는 생산력을 갖고 있어 적정수준 이상의 생산력을 갖고 있기 때문에 차이가 없는 것이 아닌가 생각되었다.

과실의 품질은 수량성에 관계없이 A과원이 C과원에 비하여 양호한 편이고, 엽중 질소함량은 C과원이 A과원보다 높아 결과적으로 과실의 착색과 맛에 영향을 주었다. B과원은 과실의 품질은 A과원과 차이가 없었으나 조사기간 중 해거리한 나무의 비율이 높아 문제가 있었다. 따라서 수량성이 제일 안정된 A과원에서 4년간 주당 평균수량이 40~59kg되는 나무 13주를 대상으로 M.26에 접목한 ‘후지’품종의 해거리 없이 다수확을 할 수 있는 안정된 수세기준과 엽중 적정 무기성분함량의 기준을 설정하였다.

과중 300g, 당도 14°Bx , 산함량 0.27%정도인 과실을 주당 $45 \pm 5\text{kg}$, 10a당 5~

6ton을 생산하기 위한 안정된 수세 기준과 무기성분의 엽중 적정 함량범위는 다음과 같다. 안정된 수세기준은 2년지상의 5cm이상 신초의 평균길이가 $18\pm 3\text{cm}$, 선단 신초장 $24\pm 6\text{cm}$, 신초 재신장을 7% 미만이다.

7월 하순의 엽중 무기성분의 적정함량범위는 질소 $24.1\pm 1.7\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 인산 $1.81\pm 0.29\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 칼리 $10.4\pm 1.6\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 칼슘 $11.8\pm 1.6\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 마그네슘 $3.9\pm 0.8\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 붕소 $26\pm 3\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 이다.

본 연구에서 설정한 엽중 무기성분의 정상 함량범위와 신 등(1988)이 설정한 정상함량 범위와 비교하여 보았다. 질소의 경우 신 등이 설정한 $24.9\sim 29.2\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 에서 본 연구의 $22.4\sim 25.8\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 로 $2.5\sim 3.4\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 낮아 졌다. 정과 송(1999)은 '후지' 'M.26을 재배하는 과원에서 고품질 과실을 생산하기 위하여는 엽중 질소함량이 $21.5\sim 22.8\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 이 좋다고 보고하여 본 연구의 정상함량 범위의 하한치를 제시하였다. 그러나, 이 수치는 목표하는 생육조건과 과실품질에 대한 평균치만으로 표기를 하고 해에 따른 변이와 개체별 편차를 감안하지 않았기 때문에 본 연구에서 제시한 정상 함량범위의 수치와 비교할 수 없었다.

인의 경우 신 등은 $1.6\sim 1.9\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 본 연구에서는 $1.5\sim 2.1\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 로 정상함량 범위가 비슷하였다.

칼리의 경우 신 등은 $10.4\sim 15.1\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 본 연구에서는 $8.8\sim 12.0\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 로 $1.6\sim 3.1\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 이 낮아졌다.

칼슘의 경우 신 등은 $9.1\sim 13.0\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 본 연구에서는 $10.2\sim 13.4\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 로 정상함량범위가 비슷하였다.

마그네슘의 경우 신 등은 $2.6\sim 3.6\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, $3.1\sim 4.7\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 로 $0.5\sim 1.1\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 이 높아졌다.

붕소의 경우 신 등은 $28\sim 47\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 본 연구에서는 $23\sim 29\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 로 정상함량 범위의 폭이 좁아지고 함량도 낮아졌다.

이들 나무의 월별 무기성분의 변화는 표 27과 같다.

질소의 경우 5월 $27.0\pm 1.3\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 6월 $24.7\pm 1.9\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 7월 $24.1\pm 1.6\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 8월 $24.7\pm 1.0\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 9월 $22.9\pm 1.2\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 10월 $21.9\pm 1.4\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 로 5월부터 7월까지 농도가 감소하고 7~8월에 함량의 변화가 적고 그 이후 10월 하순까지 감소하는 추세였다. 월별 인과 칼리의 함량은 질소와 같은 경향으로 감소하였고, 칼슘은 반대로 증가하였으며 붕소와 마그네슘의 함량은 시기별로 변화가 적은 편이었다.

목표하는 수량과 과실품질	안정된 수세기준과 무기성분의 엽중 적정 함량범위
<p>수량 45±5kg/주 5~6ton/10a(125주재식)</p> <p>과실품질 과 중 300g내외 당 도 14Bx°내외 산함량 0.27%내외</p>	<p>수세기준 평균신초장 18±3cm 선단신초장 24±6cm 신초재신장율 4±3%</p> <p>엽중 무기성분(7월 하순) N(g · kg⁻¹) 24.1±1.6 P(g · kg⁻¹) 1.81±0.29 K(g · kg⁻¹) 10.4±1.6 Ca(g · kg⁻¹) 11.8±1.6 Mg(g · kg⁻¹) 3.9±0.8 B(mg · kg⁻¹) 26±3</p>

그림 2. 목표하는 수량과 과실품질에 따른 안정된 수세기준과 무기성분의 엽중 적정함량 범위

표 27. 월별 무기성분함량 비교

월 별	N	P	K	Ca	Mg	B
5월	27.0±1.3	3.11±0.44	17.4±2.5	5.6±1.5	2.54±0.45	20±4
6월	24.7±1.9	2.03±0.29	11.4±2.0	10.5±1.8	3.85±0.56	19±2
7월	24.1±1.7	1.81±0.29	10.4±1.6	11.8±1.6	3.90±0.80	26±3
8월	24.7±1.0	1.79±0.23	8.9±1.3	13.1±1.5	3.90±0.72	27±3
9월	22.9±1.2	1.83±0.18	9.5±1.2	14.0±1.7	3.64±0.66	24±2
10월	21.9±1.4	1.45±0.30	8.2±1.3	14.6±2.2	3.76±0.68	23±3

3. 요약

‘후지’/M.26품종의 사과기 수세안정기준을 설정하기 위하여 10a당 125주를 재식하고 수고를 4m내외로 재배하는 사과원(A과원)과 10a당 167주를 재식하고 수고를 2.5m 내외로 재배하는 사과원(B와 C과원)의 3개소에서 과원당 20주씩 모두 60주를 대상으로 4년간 수체의 생육상태, 결실성, 과실품질 및 엽중 무기성분함량을 조사하였다.

A과원은 4년간 평균 주당수량이 $56.2 \pm 18.0 \text{kg}$ 으로 10a당 추정수량이 $7.0 \pm 2.3 \text{ton}$ 이었고, B과원은 $34.2 \pm 18.1 \text{kg}$ 으로 $5.8 \pm 2.4 \text{ton}/10\text{a}$, C과원 $36.2 \pm 16.1 \text{kg}$ 으로 $6.1 \pm 1.3 \text{ton}/10\text{a}$ 이었다. 수량성이 제일 높은 A과원은 조사기간 4년 중 해거리 하는 시험수가 없었으나, B과원은 13주, C과원은 2주가 1회 해거리를 하였다. 과실의 맛과 과실의 착색 등 과실품질은 A과원이 제일 양호하였고, C과원이 약간 떨어지는 경향이 있었다. 그 원인은 엽중 질소함량이 A과원 24.2 ± 1.7 로 C과원 26.5 ± 1.6 보다 낮기 때문이 아닌가 생각되었다. 조사과원 3곳 모두 조사기간중 평균과중이 30g이하 였다.

동일 과원내에서도 시험수에 따라 수량성에 차이가 있어 10a당 재식주수와 수고가 차이가 있는 A과원과 B와 C과원을 구분하여 수량성, 생육상태, 과실품질 및 엽중 무기성분함량을 비교하여 보았다. 그 결과 수량성에 따라 생육상태, 과실품질 및 엽중 무기성분함량을 비교한 결과 수량성에 따른 뚜렷한 차이를 볼 수가 없었다.

따라서, 수량성이 제일 안정된 A과원에서 4년간 주당 평균수량이 40~59kg되는 나무 13주를 대상으로 M.26에 접목한 ‘후지’품종의 해거리 없이 다수확을 할 수 있는 안정된 수세기준과 엽중 적정 무기성분함량의 기준을 설정하였다.

과중 300g, 당도 14°Bx , 산함량 0.27%정도인 과실을 주당 $45 \pm 5 \text{kg}$, 10a당 5~6ton을 생산하기 위한 안정된 수세 기준과 무기성분의 엽중 적정 함량범위는 다음과 같다. 안정된 수세기준은 2년지상의 5cm이상 신초의 평균길이가 $18 \pm 3 \text{cm}$, 선단 신초장 $24 \pm 6 \text{cm}$, 신초 재신장을 7% 미만이었다.

7월 하순의 엽중 무기성분의 적정함량범위는 질소 $24.1 \pm 1.7 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 인 $1.81 \pm 0.29 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 칼리 $10.4 \pm 1.6 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 칼슘 $11.8 \pm 1.6 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 마그네슘 $3.9 \pm 0.8 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 붕소 $26 \pm 3 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이었다.

제 3 절 엽과 과실의 무기성분함량과 과실품질과의 관계 구명 (제 1 협동과제, 원예연구소)

1. 연구 접근 및 수행방법

사과원의 토양, 잎 및 과실조사는 연도 및 지역에 따라 다르기 때문에 2000~2002년까지 3년간 예산, 익산, 남원, 의성 및 충주에서 과원 관리상태가 비교적 양호한 26농가를 선정하여 5월, 6월, 7월 및 8월 하순에 '후지'/M.26의 잎을 시료로 채취하였다. 토양 분석용 시료는 7월 하순에 채취하였으며 과실은 매년 10월 하순에서 11월 상순에 채취하여 과실 특성조사와 무기성분 분석에 이용하였다.

잎 시료는 사과나무 1.2~1.5m 높이에서 과실이 달리지 않은 바깥쪽의 신초 중간부위 잎을 신초당 2~3매를 채취하였으며 같은 나무에서 농가당 4회씩 시기마다 30매씩 채취하였다. 잎색의 측정은 채취된 잎을 대상으로 비과파 측정기인 엽록소계 (SPAD-502, Minolta, Japan)를 이용하여 측정하였다. 토양 시료는 표층을 걷어 내고 지표하 5~20cm 사이에서 채취하여 음건 후 분석하였다. 과실 시료 채취는 수확기에 50개 내외를 채취하였다.

식물체의 화학분석은 AOAC(1995)법에 준하여 분석하였으며 질소는 켈달 (Kjeldahl B-316, Buchi)로 증류하여 정량하였고 인산은 vanadomolybdo-phosphoric acid법으로, 칼륨, 칼슘 및 마그네슘은 시료 0.5g에 c.H₂SO₄와 c.HNO₃를 1:1로 한 혼합액을 20ml를 넣고 습식분해하여 ICPES(MX2, GBC, Australia)로 정량하였다. 토양 분석법은 Spark(1996)의 Method of Soil Analysis(III)에 준하여 토양은 Lancaster법으로 비색계(UV/VIS spectro-photometer Lambda 18, Perkin Elmer)를 이용하여 720nm에서 측정하였고 칼륨, 칼슘 및 마그네슘은 1N-CH₃COONH₄(pH 7)로 추출하여 ICPAES(MX2, GBC, Australia)로 정량하였다. 유기물은 200mesh를 통과하는 시료를 Tyurin법으로 분석하였고 pH는 토양 5g을 시험관에 취한 후 증류수 25ml를 가하여 30분간 진탕 후 pH 측정기(Model Orion 250A)를 이용하여 측정하였다.

과실 특성 중 착색은 1~10으로 구분하여 육안으로 착색이 극히 양호는 10, 양호 7, 보통 5, 불량 3으로 구분하였고, 과실 경도는 면도날로 벗기고 과실경도계(木室製作所 Cat. No. 166)로 측정하였다. 당도는 굴절당도계(Digital refractometer PR-160, Atago)를 이용하여 과즙의 가용성 고형물질을 측정하였으며 산함량은 과즙

10ml에 증류수 90ml를 혼합하여 0.1N-NaOH 용액으로 적정하여 malic acid로 표기하였다.

2. 연구결과

가. 연도별 토양 화학성, 엽 및 과실의 무기성분 함량, 과실 특성

1) 토양 화학성

표 28은 조사 사과원의 연도별 토양 화학성 변화를 나타낸 것이다.

토양 중 pH는 6.5에서 6.8으로, 칼슘은 6.3에서 6.8cmol/kg으로, 유효인산함량은 425에서 804mg/kg으로 급격히 높아지는 것을 볼 수 있었고 유기물, 칼리 및 마그네슘은 년차간에 변화가 적었다. 신 등(1988) 보고에 의하면 1984~1997년의 사과원의 토양 화학성 평균치는 pH 6.4, 유기물 10.4g/kg, 유효인산 289mg/kg, 치환성 칼륨 0.65cmol/kg, 치환성 칼슘 4.4cmol/kg 및 치환성 마그네슘 1.01cmol/kg으로 본 연구에서 조사한 사과원의 양분함량이 월등히 높은 것을 볼 수 있다. 이와 같은 결과는 유기질 및 가축부산물 비료 사용 증가로 인하여 유기물, 인산 및 칼슘이 증가하고 칼슘함량이 증가함에 따라 pH가 상승한 것으로 판단되었다 .

2) 엽중 무기성분 함량

표 29는 연도별 생육 시기별 무기성분함량으로 질소, 인, 칼륨은 생육 초기인 5월 하순에 가장 높아 각각 27.2, 2.29 및 19.5g/kg이었으며 시간이 지남에 따라 차츰 낮아져 8월 하순에 24.3, 1.627 및 13.68mg/kg으로 5월에 비하여 각각 11, 29 및 30%가 낮았다. 칼슘은 5월 하순이 8.40g/kg으로 가장 낮았고 시간이 지남에 따라 차츰 증가하여 8월 하순에 11.05g/kg으로 5월에 비하여 32%가 많았다. 마그네슘함량은 5월 하순부터 8월 하순까지 함량에 변화가 적었다. Faust(1989)의 보고에 의하면 사과나무의 칼슘 흡수는 광합성의 정도에 의하여 영향을 받는다고 하여 2002년에 7월보다 8월의 잎의 칼슘함량이 낮았던 원인은 2002년 8월에 일조가 부족하여 나타난 것으로 판단되었다.

표 28. 연도별 사과원 토양 화학성

구분 (년)	pH (1:5)	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	치환성 양이온(cmol/kg)		
				칼슘	마그네슘	칼륨
2000	6.5±0.74	24.1±10.0	425±174	6.3±2.36	1.9±0.79	0.9±0.35
2001	6.6±0.92	19.8±4.40	626±406	6.5±2.56	2.0±0.92	1.0±0.28
2002	6.8±0.76	21.8±5.20	804±413	6.8±2.47	1.9±0.66	0.9±0.32
평균	6.6±0.80	21.9±7.16	615±377	6.5±2.44	1.9±0.79	0.9±0.32

표 29. 연도별 생육 시기별 엽중 무기성분 함량

구 분 (년, 월)	질소	인	칼륨 (g/kg)	칼슘	마그네슘	
2000	5	27.8±2.77	2.296±0.246	18.07±2.67	8.98±2.10	3.17±0.59
	6	26.5±2.40	1.993±0.446	15.31±1.84	9.10±2.00	2.98±0.50
	7	24.7±1.62	1.830±0.497	14.78±2.04	10.33±1.74	2.74±0.57
	8	24.2±1.90	1.677±0.551	14.15±2.73	10.69±1.61	2.58±0.53
2001	5	26.5±2.16	2.119±0.436	21.34±2.03	7.30±1.78	2.78±0.54
	6	25.3±1.60	1.759±0.630	15.22±1.96	9.12±2.00	2.64±0.56
	7	24.9±2.16	1.439±0.377	13.74±2.28	10.80±2.74	2.77±0.59
	8	24.2±1.55	1.714±0.576	15.16±2.55	11.98±2.58	3.17±0.63
2002	5	27.2±1.63	2.449±0.362	19.38±1.30	8.91±2.05	2.44±0.46
	6	26.5±1.93	2.038±0.396	15.12±2.38	9.40±1.97	2.62±0.54
	7	26.1±1.63	1.822±0.254	13.83±2.57	11.24±2.28	2.93±0.60
	8	24.3±1.29	1.490±0.349	11.72±1.99	10.48±1.81	2.49±0.52
평균	5	27.2±2.27	2.287±0.375	19.58±2.46	8.40±2.10	2.80±0.61
	6	26.1±2.06	1.930±0.508	15.35±2.05	9.21±1.96	2.75±0.55
	7	25.2±1.91	1.698±0.426	14.13±2.32	10.78±2.29	2.81±0.58
	8	24.3±1.58	1.627±0.506	13.68±2.82	11.05±2.12	2.74±0.63

3) 과실 특성

표 30은 연도별 과실 특성으로 과중은 302~317g이며 당도는 14.2~15.0°Brix, 산도는 0.37~0.52%, 경도는 1.85~1.94kg/Ø5mm, 착색은 6.8~7.1로서 년도간에 차이가 크지 않았으나 2002년에 과실 무게가 큰 경향을 보인 것은 8월 이후에 잦은 강우로 토양중에 수분이 충분하여 후기 생육이 좋았던 것으로 판단되었다.

4) 과실중 무기성분 함량

가)과피

사과 '후지'/M.26 과피의 무기성분함량은 표 31과 같다.

과피의 무기성분 함량 중 질소함량은 3,972~4684mg/kg, 인은 631~752mg/kg, 칼륨은 5518~6919mg/kg, 칼슘은 700~816mg/kg, 마그네슘은 880~1101mg/kg으로 년차간 차이가 비교적 적었다. 인, 칼륨, 칼슘 및 마그네슘함량은 2002년이 가장 낮았는데 이는 8월 이후의 잦은 강우와 과실의 크기와 관계 있는 것으로 판단되었다.

나) 과육

표 31은 '후지'/M.26 과육의 무기성분함량이다. 질소, 칼슘 및 마그네슘은 과피보다 낮았으며 인과 칼리는 과피보다 높았다. 질소, 인, 칼리 및 마그네슘은 년차간 차이가 적었으나 칼슘은 2002년에 133mg/kg으로 월등히 낮았는데 이는 잎의 칼슘함량과 연관이 있으며 8월부터 일조가 부족하여 흡수가 억제(Faust, 1989)되어 현저히 떨어진 것으로 판단되었다.

사과 과피의 인함량은 510~620mg/kg, 칼륨은 9,100~10,800mg/kg, 칼슘은 310~520mg/kg, 마그네슘 790~890mg/kg이며 과육은 위치에 따라 차이가 심하나 중심부위의 인은 460~570mg/kg, 칼륨은 8,200~8,900mg/kg, 칼슘 90~120mg/kg, 마그네슘은 230~250mg/kg이다(Faust, 1989). 이와 같은 결과는 우리 나라의 사과가 과피에서 칼륨이 낮은 편이나 칼슘은 높은 편이고 과육은 인과 칼슘이 높은 편인데 이는 재배 품종과 지역의 차이로 판단된다.

표 30. 연도별 과실 특성

구분	과중 (g)	당도 (°Brix)	산도 (%)	경도 (kg/Ψ5mm)	착색 (1-10)
2000년	307±44.0	14.2±1.08	0.52±0.14	1.94±0.07	6.8±0.72
2001년	302±24.3	15.0±0.93	0.42±0.04	1.85±0.06	6.8±1.08
2002년	317±45.0	14.6±1.34	0.37±0.08	1.87±0.08	7.1±0.47
평균	308.7	14.6	0.44	1.89	6.9

표 31. 사과 '후지'/M.26 과피 및 과육의 무기성분 함량 (건물중)

구분	질소	인	칼륨 (mg/kg)	칼슘	마그네슘
과피					
2000년	4684±407	752±69	6342±1037	804±124	1038±117
2001년	3972±478	669±66	6916±1220	816±205	1101±144
2002년	4085±501	631±95	5518±1001	700±147	880±109
평균	4247	684	6259	773	1006
과육					
2000년	2167±380	904±144	7980±774	296±85	265±24
2001년	2076±540	796±109	8751±1014	245±38	282±21
2002년	2043±410	811±148	9139±1628	133±44	286±82
평균	2095	837	8623	225	278

나. 생육 시기별 엽중 무기성분 함량 범위

표 32는 사과 '후지'품종의 생육 시기별 잎의 무기성분함량 범위를 나타낸 것이다. 5월 하순에 질소 함량은 24.9~29.5g/kg, 인은 1.92~2.66g/kg, 칼륨은 17.1~22.0g/kg, 칼슘은 6.3~10.5, 마그네슘은 2.20~3.41g/kg이며, 6월 하순에 질소 함량은 24.0~28.2g/kg, 인은 1.42~2.44g/kg, 칼륨은 13.3~17.4g/kg, 칼슘은 7.24~11.2g/kg, 마그네슘은 2.20~3.30g/kg이다. 7월 하순에 질소 함량은 23.3~27.1g/kg, 인은 1.27~2.13g/kg, 칼륨은 11.8~16.4g/kg, 칼슘은 8.5~13.1g/kg, 마그네슘은 2.23~3.40g/kg이고, 8월 하순에 질소함량은 22.7~25.8g/kg, 인함량은 1.12~2.13g/kg, 칼륨은 10.9~16.5g/kg, 칼슘은 8.93~13.2g/kg, 마그네슘 함량은 2.11~3.37g/kg이다.

Shear와 Faust(1980)의 보고에 의하면 사과나무 잎의 무기성분함량 범위는 질소 15~30g/kg, 인은 1.1~3.0g/kg, 칼륨 12~20g/kg, 칼슘 15~20g/kg 및 마그네슘 2~3.5g/kg이다. 따라서 칼슘을 제외하고 외국의 수치와 같은 범위에 있음을 확인할 수 있었다. 우리 나라의 사과나무 잎에서 칼슘함량이 낮은 것은 6~7월 장마기 때 일조 부족으로 흡수가 억제되어 외국과 비교하여 낮은 것으로 판단되었으며 2002년에 7월 까지 일조가 좋았으나 8월부터 수확기까지 일조량이 현저히 부족하여 잎에 칼슘함량(표 29)이 떨어지고 과육의 칼슘함량(표 31)도 떨어진 결과로 추정할 수 있었다.

표 32. 사과 '후지'/M.26의 시기별 엽중 무기성분 함량의 적당한 범위

구 분	5월 하순	6월 하순	7월 하순	8월 하순
질소(g/kg)	24.9~29.5	24.0~28.2	23.3~27.1	22.7~25.8
인(g/kg)	1.92~2.66	1.42~2.44	1.27~2.13	1.12~2.13
칼륨(g/kg)	17.1~22.0	13.3~17.4	11.8~16.4	10.9~16.5
칼슘(g/kg)	6.30~10.5	7.24~11.2	8.50~13.1	8.93~13.2
마그네슘(g/kg)	2.20~3.41	2.20~3.30	2.23~3.40	2.11~3.37

다. 엽록소계 (SPAD-502) 측정치와 잎 질소함량과의 관계

엽록소계(SPAD-502) 측정치는 5월 하순에 46.1로 낮았으나 시간에 지남에 따라 증가하여 8월 하순에는 51.8까지 증가하였고 잎의 질소함량은 5월 하순에 26.9g/kg으로 가장 높았으나 시간이 지남에 따라 낮아져 8월 하순에 24.3g/kg으로 감소하였다(그림 3). 이와 같은 결과는 잎의 질소함량은 잎이 나이를 먹음에 따라 질소함량은 떨어지나 엽육이 두꺼워지며 엽록소함량이 증가하여 엽록소계의 측정치가 높아지는 것을 알 수 있었다. 그러나 엽록소계 측정치와 잎의 질소함량과 관계는 월별로 고도의 유의성이 있어 엽록소계 측정치로 월별 질소함량을 추정할 수 있는 함수 작성이 가능하였다.

그림 4는 5월 하순 엽록소계 측정치와 잎의 질소함량과의 관계를 나타낸 것으로 추정 계산식은 $y=0.599x-0.7566$ ($r = 0.81^{***}$)로 고도의 유의성이 있다. ‘후지’/M.26의 5월 하순 잎의 적정 질소함량(표 6)을 24.9~29.5g/kg으로 볼 때 엽록소계 측정치는 42.8~50.5가 적정 범위로 판단되었다.

그림 5는 6월 하순에 엽록소계 측정치와 잎의 질소함량과의 관계를 나타낸 것으로 $y=0.4488x+4.2401$ ($r = 0.65^{***}$)이었다. 표 6의 6월 하순 잎의 적정 질소함량을 24.0~28.2g/kg으로 볼 때 엽록소계 측정치는 44.0~53.4가 적정 범위로 판단되었다.

그림 6은 7월 하순에 엽록소계 측정치와 잎의 질소함량과의 관계를 나타낸 것으로 $y = 0.3818x + 6.452$ ($r = 0.64^{***}$)이었다. 표 6의 7월 하순 잎의 적정 질소함량을 23.3~27.1g/kg으로 볼 때 엽록소계 측정치는 44.1~54.1이 적정 범위로 판단되었다.

그림 7은 8월 하순 엽록소계 측정치와 잎의 질소함량과의 관계를 나타낸 것으로 $y = 0.3361x + 6.8796$ ($r = 0.58^{***}$)이었다. 표 6의 8월 하순 잎의 적정 질소함량을 22.7~25.8g/kg으로 볼 때 엽록소계 측정치는 47.1~56.3이 적정 범위로 판단되었다.

엽록소계를 이용하여 잎색 지수를 측정할 때 김 등(1992)은 신초의 위치, 잎의 위치에 따라 차이가 심하기 때문에 현장에서 측정시 신초의 위치와 신초에서 잎의 위치를 일정한 기준으로 측정하여야 오차를 줄일 수 있다고 하였다.

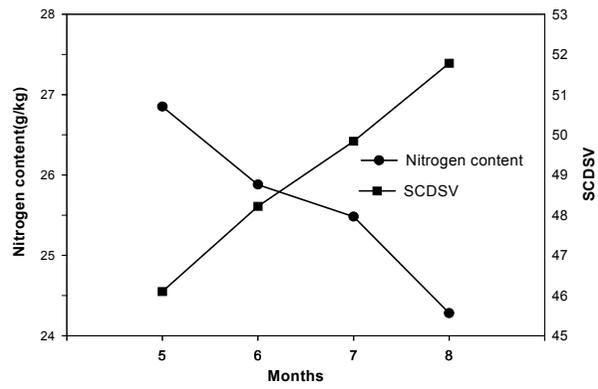


그림 3. 생육 시기별 엽록소계 측정치와 ‘후지’/M.26
 앞의 질소함량과 관계
 * SCDV : SPAD-502 측정치

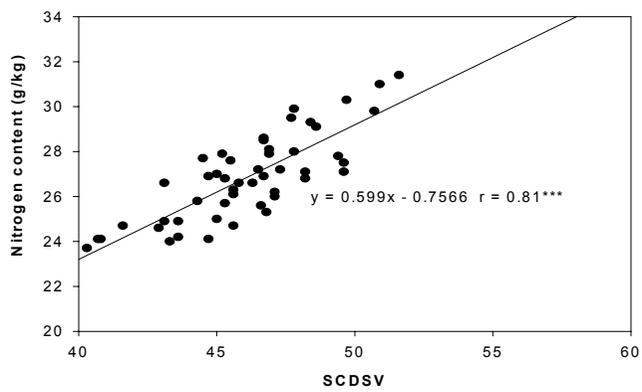


그림. 4. 6월 하순에 있어서 ‘후지’/M.26 잎의 질소함량과 엽록소계 측정치와의 관계

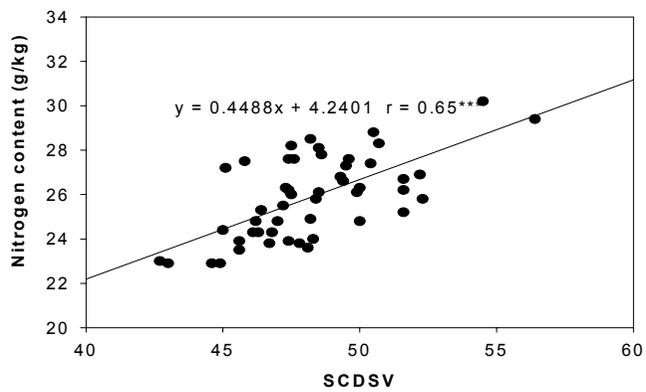


그림 5. 6월 하순에 있어서 ‘후지’/M.26 앞의 질소함량과
엽록소계의 측정치와의 관계

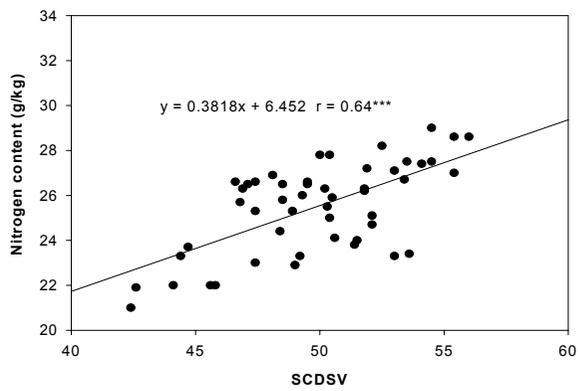


그림 6. 7월에 있어서 ‘후지’/M.26 잎의 질소함량과 엽록소계 측정치와의 관계

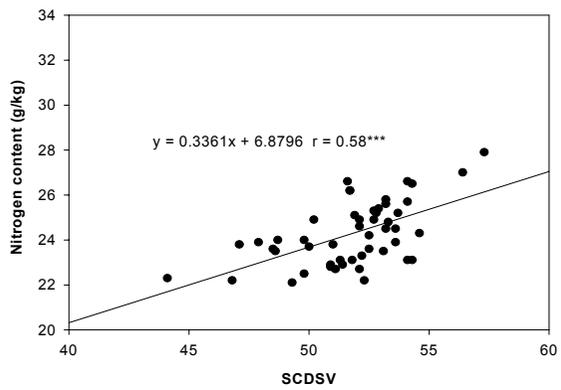


그림 7. 8월에 있어서 '후지'/M.26 잎의 질소함량과 엽록소계 측정치와의 관계

라. 토양과 잎의 양분함량과 과실의 특성과의 관계

표 33은 토양 중 양분함량간의 상관 관계를 나타낸 것이다. pH와 유효인산 함량은 부의 상관이 있고 pH와 치환성 칼슘과 마그네슘함량과는 정의 상관이다. 유기물함량은 유효인산, 치환성 칼리, 치환성 칼슘함량과 정의 상관이 있으며 유효인산, 치환성 칼리, 치환성 칼슘 및 치환성 마그네슘은 서로간에 유의성이 없었다. 유기물, 유효인산, 치환성 칼리 및 칼슘 등이 서로 정의 상관이 높은 것은 최근의 사과원의 시비행태로 미루어 볼 때 유기질 및 가축분부산물 비료를 과다하게 사용함으로써 유효인산과 칼륨성분 및 이들 성분이 모두 동시에 증가하기 때문으로 판단되었다.

표 34는 토양의 양분함량과 잎의 무기성분함량과의 상관관계이다. pH는 7월에 잎의 인산함량과 8월에 잎의 질소함량과의 정의 상관관계가 인정되었으며 유기물은 8월에 잎의 인과 칼슘함량과 부의 상관을 보였다. 토양의 유효 인산함량은 잎의 질소함량과 7월과 8월에, 잎의 칼륨함량과는 5월과 6월에 정의 상관이었고 8월에는 잎의 인과 칼슘함량과, 5월과 6월에는 잎의 마그네슘함량과 부의 상관이었다. 이와 같이 토양 중에 유효인산함량이 많아도 잎의 인산함량과 부의 관계 또는 상관이 없는 것은 토양 용액 중에 인산함량이 $0.5\sim 10\mu\text{M}$ 이면 사과나무가 충분히 흡수할 수 있기 때문에(Faust, 1989) 현재 우리 나라 토양 중에 유효인산 함량이 필요 이상으로 많아 상관 관계가 없는 것으로 판단되었다.

치환성 칼리함량은 5월과 8월에 잎의 질소함량과 정의 상관이었고 6월에 잎의 인함량과 부의 상관이었다. 치환성 칼슘함량은 잎의 질소함량과 5월에 부의 상관이었으며 잎의 인함량과는 5월, 6월, 7월 및 8월에 정의 상관이었다. 이는 칼슘함량이 많음으로서 pH가 높아져 인산의 유효도가 증가하여 흡수가 촉진된 것으로 추정되었다. 치환성 마그네슘함량은 8월에 잎의 질소함량과 부의 상관이었으며 잎의 마그네슘함량과는 5월, 6월, 7월 및 8월에 정의 상관이었다.

표 33. 토양중 양분함량간의 상관관계

구분	pH	OM	P ₂ O ₅	Ex. K	Ex. Ca
OM	0.30				
P ₂ O ₅	-0.31*	0.41**			
Ex. K	0.16	0.51**	0.24		
Ex. Ca	0.70**	0.38*	-0.16	-0.13	
Ex. Mg	0.31*	0.12	-0.28	0.10	0.30

표 34. 토양 화학성과 '후지'/M.26의 엽중 무기성분 함량과의 상관관계

구분	상관 계수 (r)			
	5월	6월	7월	8월
pH vs. Leaf N	0.30 ^{NS}	0.28 ^{NS}	0.18 ^{NS}	0.42 ^{**}
pH vs. Leaf P	0.28 ^{NS}	0.24 ^{NS}	0.35 [*]	0.28 ^{NS}
pH vs. Leaf K	-0.03 ^{NS}	-0.07 ^{NS}	-0.09 ^{NS}	-0.25 ^{NS}
pH vs. Leaf Ca	0.16 ^{NS}	0.26 ^{NS}	0.30 ^{NS}	0.23 ^{NS}
pH vs. Leaf Mg	0.13 ^{NS}	0.22 ^{NS}	0.29 ^{NS}	0.06 ^{NS}
OM vs. Leaf N	0.26 ^{NS}	0.21 ^{NS}	0.17 ^{NS}	0.28 ^{NS}
OM vs. Leaf P	-0.09 ^{NS}	-0.22 ^{NS}	-0.19 ^{NS}	-0.36 [*]
OM vs. Leaf K	0.10 ^{NS}	0.20 ^{NS}	0.18 ^{NS}	0.17 ^{NS}
OM vs. Leaf Ca	-0.11 ^{NS}	-0.24 ^{NS}	-0.24 ^{NS}	-0.34 [*]
OM vs. Leaf Mg	-0.19 ^{NS}	-0.19 ^{NS}	-0.23 ^{NS}	-0.16 ^{NS}
P ₂ O ₅ vs. Leaf N	0.07 ^{NS}	0.09 ^{NS}	0.39 ^{**}	0.41 ^{**}
P ₂ O ₅ vs. Leaf P	-0.01 ^{NS}	-0.24 ^{NS}	-0.20 ^{NS}	-0.37 [*]
P ₂ O ₅ vs. Leaf K	0.41 ^{**}	0.32 [*]	0.18 ^{NS}	0.06 ^{NS}
P ₂ O ₅ vs. Leaf Ca	-0.17 ^{NS}	-0.25 ^{NS}	-0.24 ^{NS}	-0.30 [*]
P ₂ O ₅ vs. Leaf Mg	-0.39 [*]	-0.40 ^{**}	-0.19 ^{NS}	-0.22 ^{NS}
Ex. K vs. Leaf N	0.31 ^{NS}	0.19 ^{NS}	0.09 ^{NS}	0.31 ^{NS}
Ex. K vs. Leaf P	-0.24 ^{NS}	-0.39 [*]	0.02 ^{NS}	-0.03 ^{NS}
Ex. K vs. Leaf K	0.03 ^{NS}	0.01 ^{NS}	0.02 ^{NS}	0.03 ^{NS}
Ex. K vs. Leaf Ca	0.01 ^{NS}	0.02 ^{NS}	-0.06 ^{NS}	-0.11 ^{NS}
Ex. K vs. Leaf Mg	-0.02 ^{NS}	-0.02 ^{NS}	-0.04 ^{NS}	-0.03 ^{NS}
Ex. Ca vs. Leaf N	-0.33 [*]	-0.19 ^{NS}	-0.03 ^{NS}	-0.22
Ex. Ca vs. Leaf P	0.32 [*]	0.34 [*]	0.34 [*]	0.42 ^{**}
Ex. Ca vs. Leaf K	0.00 ^{NS}	-0.11 ^{NS}	-0.17 ^{NS}	-0.17 ^{NS}
Ex. Ca vs. Leaf Ca	0.11 ^{NS}	0.26 ^{NS}	0.25 ^{NS}	0.24 ^{NS}
Ex. Ca vs. Leaf Mg	-0.02 ^{NS}	0.07 ^{NS}	0.05 ^{NS}	0.02 ^{NS}
Ex. Mg vs. Leaf N	-0.08 ^{NS}	-0.28 ^{NS}	-0.11 ^{NS}	-0.31 [*]
Ex. Mg vs. Leaf P	0.21 ^{NS}	0.18 ^{NS}	0.16 ^{NS}	0.12 ^{NS}
Ex. Mg vs. Leaf K	-0.16 ^{NS}	-0.04 ^{NS}	-0.24 ^{NS}	-0.28 ^{NS}
Ex. Mg vs. Leaf Ca	0.08 ^{NS}	0.16 ^{NS}	0.09 ^{NS}	0.09 ^{NS}
Ex. Mg vs. Leaf Mg	0.49 ^{**}	0.63 ^{**}	0.56 ^{**}	0.52 ^{**}

표 35는 토양 화학성과 과실 특성과의 상관관계이다. pH와 칼슘 함량은 과중과 부의 관계를, 당도, 산도, 착색 및 경도와는 정의 관계를 보였으나 유의성은 없었으며 유기물, 유효인산 및 마그네슘 함량은 과실 특성과 부의 상관을 보였으나 유의성은 없었다. 이와 같이 토양 중의 양분함량과 과실 특성과의 상관 관계가 나타나지 않는 것은 현재 우리 나라의 사과원 토양에 양분이 과다 불균형 축적되어서 토양중의 양분함량과 과실의 특성과의 관계가 제대로 반영되지 못하는 것으로 판단되었다. 또한 과실 수량 및 품질에 미치는 요인은 토성, 경사, 배수, 지하수위, 경반층의 유무 등 여러 가지 물리적 특성이 크게 작용을 한다(오와 임, 1970).

표 36은 잎의 무기성분함량과 '후지'/M.26 과실의 특성과의 상관관계를 나타낸 것이다. 잎의 질소함량은 5월에 과중과 정의 상관이었고 6월과 7월 및 8월은 유의성이 없었으나 부의 관계를 보였다. 잎의 질소함량과 과실 당도와의 관계는 유의성은 없으나 5, 6, 7 및 8월에 부의 관계를 보였다.

잎의 질소함량과 산도와의 관계는 유의성이 없었고 착색과의 관계는 5월에 부의 관계가 있었으며 6, 7 및 8월에는 유의성이 없었다. 잎의 질소함량과 과실 경도와의 관계는 7월에 부의 상관이 있었다. 이와 같은 결과를 볼 때 잎의 질소함량과 과실 품질과의 관계는 5월에 과중과 정의 상관관계를 제외하고 전반적으로 과실의 특성과는 부의 관계를 나타내 잎의 질소함량이 높은 것은 과실품질에 바람직하지 않음을 볼 수 있었다. 잎의 인 함량은 과중, 당도, 산도 및 경도에서 유의성은 없으나 당도와는 부의 관계를 보였고 경도와의 정의 관계를 보였으며 착색과 잎의 인산함량과의 관계는 5, 6, 7 및 8월에 정의 상관관계를 보였다.

Faust(1989)은 인산이 충분히 공급되면 질소 결핍을 가져올 수 있다고 하여 잎의 인함량 증가는 질소함량의 감소를 가져올 수 있기 때문에 잎의 인함량과 과실의 착색과 밀접한 관계가 있음을 알 수 있었다. 잎의 칼륨함량은 과실 특성과 상관관계가 없었으나 당도 및 산도는 부의 관계를 보였고 착색과는 정의 관계를 보였다. 잎의 칼슘함량은 당도와 정의 관계를 보였으며 7월에는 유의성이 있었다. 잎의 마그네슘 함량은 5월에 과실 경도와 정의 상관이 있었으나 다른 과실 특성과는 유의성이 없었다.

표 35. 토양 화학성과 '후지'/M.26의 과실 특성과의 상관관계

구분	상관 계수 (r)
pH vs. Fruit weight	-0.08 ^{NS}
pH vs. Soluble solid	0.14 ^{NS}
pH vs. Acidity	0.19 ^{NS}
pH vs. Skin color	0.12 ^{NS}
pH vs. Fruit hardness	0.27 ^{NS}
OM vs. Fruit weight	-0.09 ^{NS}
OM vs. Soluble solid	-0.13 ^{NS}
OM vs. Acidity	0.19 ^{NS}
OM vs. Skin color	-0.10 ^{NS}
OM vs. Fruit hardness	-0.12 ^{NS}
P ₂ O ₅ vs. Fruit weight	0.02 ^{NS}
P ₂ O ₅ vs. Soluble solid	-0.21 ^{NS}
P ₂ O ₅ vs. Acidity	-0.25 ^{NS}
P ₂ O ₅ vs. Skin color	-0.04 ^{NS}
P ₂ O ₅ vs. Fruit hardness	-0.27 ^{NS}
Ex. K vs. Fruit weight	0.10 ^{NS}
Ex. K vs. Soluble solid	0.06 ^{NS}
Ex. K vs. Acidity	0.08 ^{NS}
Ex. K vs. Skin color	-0.30 ^{NS}
Ex. K vs. Fruit hardness	-0.22 ^{NS}
Ex. Ca vs. Fruit weight	-0.15 ^{NS}
Ex. Ca vs. Soluble solid	0.14 ^{NS}
Ex. Ca vs. Acidity	0.18 ^{NS}
Ex. Ca vs. Skin color	0.19 ^{NS}
Ex. Ca vs. Fruit hardness	0.11 ^{NS}
Ex. Mg vs. Fruit weight	0.05 ^{NS}
Ex. Mg vs. Soluble solid	-0.18 ^{NS}
Ex. Mg vs. Acidity	-0.13 ^{NS}
Ex. Mg vs. Skin color	-0.09 ^{NS}
Ex. Mg vs. Fruit hardness	-0.02 ^{NS}

표 36. '후지'/M.26 엽중무기성분 함량과 과실특성과의 상관관계

구분	상관 계수 (r)			
	5월	6월	7월	8월
Leaf N vs. Fruit weight.	0.42**	-0.15 ^{NS}	-0.05 ^{NS}	-0.07 ^{NS}
Leaf N vs. Soluble solid	-0.08 ^{NS}	-0.25 ^{NS}	-0.18 ^{NS}	-0.26 ^{NS}
Leaf N vs. Acidity	0.23 ^{NS}	0.09 ^{NS}	-0.25 ^{NS}	-0.01 ^{NS}
Leaf N vs. Skin color	-0.39**	-0.06 ^{NS}	0.04 ^{NS}	-0.08 ^{NS}
Leaf N vs. Fruit hardness	0.03 ^{NS}	-0.13 ^{NS}	-0.37**	-0.29 ^{NS}
Leaf P vs. Fruit weight.	0.02 ^{NS}	-0.16 ^{NS}	0.05 ^{NS}	-0.12 ^{NS}
Leaf P vs. Soluble solid	-0.05 ^{NS}	-0.01 ^{NS}	-0.18 ^{NS}	-0.05 ^{NS}
Leaf P vs. Acidity	0.07 ^{NS}	-0.01 ^{NS}	0.01 ^{NS}	0.10 ^{NS}
Leaf P vs. Skin color	0.32 *	0.42**	0.33 *	0.31 *
Leaf P vs. Fruit hardness	0.14 ^{NS}	0.18 ^{NS}	0.23 ^{NS}	-0.08 ^{NS}
Leaf K vs. Fruit weight.	-0.14 ^{NS}	0.15 ^{NS}	0.10 ^{NS}	-0.09 ^{NS}
Leaf K vs. Soluble solid	0.03 ^{NS}	-0.23 ^{NS}	-0.22 ^{NS}	-0.15 ^{NS}
Leaf K vs. Acidity	-0.10 ^{NS}	-0.14 ^{NS}	-0.02 ^{NS}	0.09 ^{NS}
Leaf K vs. Skin color	0.18 ^{NS}	0.06 ^{NS}	0.02 ^{NS}	0.11 ^{NS}
Leaf K vs. Fruit hardness	-0.16 ^{NS}	0.04 ^{NS}	0.15 ^{NS}	-0.10 ^{NS}
Leaf Ca vs. Fruit weight.	0.13 ^{NS}	0.17 ^{NS}	0.08 ^{NS}	-0.03 ^{NS}
Leaf Ca vs. Soluble solid	0.04 ^{NS}	0.24 ^{NS}	0.32 *	0.26 ^{NS}
Leaf Ca vs. Acidity	0.16 ^{NS}	-0.01 ^{NS}	0.08 ^{NS}	0.13 ^{NS}
Leaf Ca vs. Skin color	0.05 ^{NS}	0.02 ^{NS}	0.03 ^{NS}	-0.02 ^{NS}
Leaf Ca vs. Fruit hardness	0.27 ^{NS}	0.09 ^{NS}	0.03 ^{NS}	-0.08 ^{NS}
Leaf Mg vs. Fruit weight.	0.16 ^{NS}	0.15 ^{NS}	0.13 ^{NS}	-0.11 ^{NS}
Leaf Mg vs. Soluble solid	-0.10 ^{NS}	-0.03 ^{NS}	0.05 ^{NS}	0.09 ^{NS}
Leaf Mg vs. Acidity	0.29 ^{NS}	0.11 ^{NS}	0.08 ^{NS}	0.02 ^{NS}
Leaf Mg vs. Skin color	-0.11 ^{NS}	-0.15 ^{NS}	-0.06 ^{NS}	-0.12 ^{NS}
Leaf Mg vs. Fruit hardness	0.33 *	0.24 ^{NS}	0.19 ^{NS}	-0.07 ^{NS}

마. 과실의 무기성분함량과 과실 특성과 관계

표 37은 과실의 무기성분함량과 과실 특성과의 상관관계이다. 과피의 질소함량은 당도 및 착색과 부의 상관이 있었고 경도와는 정의 상관이 있었다. 인함량은 산도와 경도와 정의 상관이 있었고 칼륨, 칼슘 및 마그네슘은 과실 특성과 상관관계를 보이지 않았다. 과피에 질소함량이 많을 때 과실 경도가 높은 것은 과실이 익지 않아서 높게 측정되는 것으로 판단되었다.

과육의 질소함량은 당도 및 착색과 부의 상관이 있으며 인함량은 과실 경도와 정의 상관이 있었다. 과육의 칼슘 함량은 산도와 정의 상관이 있었고 칼륨과 마그네슘은 과실 특성과 유의성이 없었다. 결과를 종합해 보면 과피 및 과육에 질소가 많으면 당도와 착색이 떨어지고 과피와 과육의 인함량이 증가하면 과실 경도가 높아져 품질이 향상되었으며 과피에 질소함량이 증가하면 경도가 증가하나 착색이 불량하여 품질이 떨어지는 알 수 있다.

바. 엽중 무기성분 함량과 과실의 무기성분함량과의 상관관계

표 38은 잎의 무기성분 함량과 과실의 무기성분함량과의 상관관계이다. 잎의 질소함량은 과피의 질소함량과는 5월에 정의 상관이 있었으며 과육의 질소함량은 5월과 8월에 정의 상관을 보였다. 잎의 인함량은 과피의 인함량과 상관관계가 없었으나 과육의 인함량과는 5, 6, 7 및 8월에 정의 상관관계를 나타내어 Atkinson(1986)의 보고와 일치하였다. 잎의 칼리함량은 과피의 칼리함량과 정의 상관관계가 있었으나 과육의 칼리함량과는 상관관계가 없었다. 잎의 칼슘 및 마그네슘함량은 과피와 과육의 칼슘 및 마그네슘함량과의 상관관계는 없었다.

표 37. '후지'/M.26 과실의 무기성분함량과 과실특성과의 상관관계

구분	과중	당도	산도	착색	경도	
과피	N	0.13 ^{NS}	-0.42 ^{**}	0.18 ^{NS}	-0.43 ^{**}	0.37 [*]
	P	0.17 ^{NS}	-0.27 ^{NS}	0.41 ^{**}	-0.15 ^{NS}	0.36 [*]
	K	0.04 ^{NS}	-0.16 ^{NS}	0.12 ^{NS}	-0.16 ^{NS}	0.12 ^{NS}
	Ca	-0.19 ^{NS}	-0.21 ^{NS}	0.08 ^{NS}	0.09 ^{NS}	0.10 ^{NS}
	Mg	0.04 ^{NS}	0.06 ^{NS}	0.04 ^{NS}	-0.16 ^{NS}	0.04 ^{NS}
과육	N	0.08 ^{NS}	-0.38 [*]	-0.04 ^{NS}	-0.34 [*]	-0.01 ^{NS}
	P	0.03 ^{NS}	-0.04 ^{NS}	0.17 ^{NS}	0.19 ^{NS}	0.41 ^{**}
	K	0.26 ^{NS}	-0.04 ^{NS}	-0.19 ^{NS}	0.10 ^{NS}	-0.05 ^{NS}
	Ca	0.01 ^{NS}	-0.25 ^{NS}	0.39 ^{**}	-0.13 ^{NS}	0.20 ^{NS}
	Mg	0.17 ^{NS}	-0.06 ^{NS}	0.15 ^{NS}	0.00 ^{NS}	0.03 ^{NS}

표 38. '후지'/M.26 엽중 무기성분함량과 과실의 무기성분함량과 상관

구 분	상관 계수 (r)			
	5월	6월	7월	8월
Leaf N vs peel N	0.36*	0.23 ^{NS}	-0.10 ^{NS}	0.24 ^{NS}
Leaf N vs flesh N	0.33*	0.18 ^{NS}	-0.06 ^{NS}	0.34*
Leaf P vs peel P	-0.03 ^{NS}	0.07 ^{NS}	0.16 ^{NS}	0.20 ^{NS}
Leaf P vs flesh P	0.36*	0.54**	0.63**	0.41**
Leaf K vs peel K	0.35*	0.34*	0.31*	0.44**
Leaf K vs flesh K	0.23 ^{NS}	0.30 ^{NS}	0.21 ^{NS}	0.08 ^{NS}
Leaf Ca vs peel Ca	-0.09 ^{NS}	0.14 ^{NS}	0.07 ^{NS}	0.28 ^{NS}
Leaf Ca vs flesh Ca	-0.04 ^{NS}	0.05 ^{NS}	-0.07 ^{NS}	0.14 ^{NS}
Leaf Mg vs peel Mg	0.24 ^{NS}	0.08 ^{NS}	0.13 ^{NS}	0.27 ^{NS}
Leaf Mg vs flesh Mg	0.09 ^{NS}	0.18 ^{NS}	0.27 ^{NS}	0.17 ^{NS}

3. 요약

사과 ‘후지’/M.26 잎과 과실의 무기성분함량과 과실 품질과의 상관관계를 구명하기 위하여 2000부터 2002년까지 조사한 결과는 다음과 같다.

조사 과원의 토양중 무기성분함량 중 유효인산함량은 $615 \pm 377 \text{mg/kg}$, 치환성 칼슘은 $6.5 \pm 2.4 \text{cmol/kg}$, 치환성 마그네슘은 $1.9 \pm 0.8 \text{cmol/kg}$, 치환성 칼륨은 $0.9 \pm 0.3 \text{cmol/kg}$, 유기물은 $21.9 \pm 7.2 \text{g/kg}$ 이다. 사과 ‘후지’/M.26 잎의 무기성분함량 중 질소, 인 및 칼륨은 5월 하순부터 시일이 지남에 따라 감소하였으며 칼슘 함량은 증가하였고 마그네슘은 변화가 없었다. 엽록소계(SPAD-502) 수치와 잎의 질소함량과의 관계는 5월 하순이 $y = 0.599x - 0.7566$ ($r=0.81^{***}$)이며, 6월 하순이 $y = 0.4488x + 4.2401$ ($r=0.65^{***}$), 7월 하순이 $y = 0.3818x + 6.452$ ($r=0.64^{***}$), 8월 하순이 $y = 0.3361x + 6.8796$ ($r=0.58^{***}$)이었다. 토양중 양분과 잎의 양분함량과의 관계는 pH가 높을 때 잎의 칼륨함량이 낮아지는 경향이고 유기물이 많을 때 잎의 인, 칼슘 및 마그네슘이 낮아지는 경향이었다. 유효인산함량이 증가하면 잎의 질소와 칼륨함량이 증가하였고 치환성 칼리함량이 증가하면 잎의 인과 마그네슘이 감소하는 경향을 보였다. 치환성 칼슘함량이 증가하면 잎의 인함량이 증가하였고 치환성 마그네슘함량이 증가하면 잎의 질소와 칼륨함량은 낮아지나 마그네슘함량은 증가하였다. 토양중의 화학성과 과실특성과의 상관관계는 없었다. 잎의 무기성분함량과 과실 특성과의 관계는 5월에 잎의 질소가 증가하면 과중은 증가하나 착색이 불량하였으며 과실 경도 및 당도와도 부의 관계를 보였다. 잎의 인함량은 착색과 정의 관계를 보였고 잎의 칼륨함량은 과실특성과 상관관계가 없었다. 잎의 칼슘함량은 과실특성들과 정의 관계이나 유의성이 없었고 잎의 마그네슘함량은 착색과 부의 상관을 보였으나 유의성은 없었다. 과피 및 과육의 무기성분함량 중 질소는 당도 및 착색과 부의 상관을 보였고 인은 산도 및 경도와 정의 상관을 보였다. 과육의 칼슘함량은 산도와 정의 상관을 보였다. ‘후지’/M.26 잎의 질소함량은 5월에 과피 및 과육의 질소함량과, 잎의 인함량은 과육의 인함량과, 잎의 칼륨함량은 과피의 칼륨함량과 정의 상관이었다. 잎의 칼슘 및 마그네슘함량은 과피 및 과육의 칼슘과 마그네슘함량과 상관관계가 없었다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

본 연구는 밀식사과원의 수세안정화를 위한 진단 기준을 설정하여, 금후 왜성대를 이용한 초밀식 재배과원에서 이상적인 수세로 안정된 과실수량과 고품질 과실을 생산하는데 목표를 실시하였다

세부 1 과제) M.9 이용한 초밀식과원의 결실 초기의 영양진단기준 설정

목표를 달성하기 위하여 결실 개시후 3년간 조사과원의 해에 따른 결실량, 과실품질, 생육상태, 엽중 무기성분함량 및 토양의 화학성조사 하여 년도별 변이를 분석한 후, 결실량에 따른 생육상태, 엽중 무기성분함량, 수량, 과실품질 비교하여 계획대로 초밀식과원의 결실초기 수세안정화를 위한 진단기준 설정하였음.

연구결과는 영농활용자료로 곧바로 이용할 수 있음.

세부 2 과제) M.26이용한 밀식과원 성과기의 수세 안정화를 위한 진단기준 설정

목표달성을 위하여 예비시험을 포함하여 4년간 해에 따른 과원간 결실량, 과실품질, 생육상태, 엽중 무기성분함량 및 토양의 화학성을 조사하여 년도별 변이를 분석한 후, 결실량에 따른 생육상태, 엽중 무기성분함량, 수량, 과실품질 비교하여 계획대로 '후지/M.26밀식과원의 성과기에 있어서 목표수량에 따른 수세안정화를 위한 진단기준 설정하였음. 특히, 엽중 질소의 정상함량범위를 종전의 $24.9\sim 29.2\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 에서 본 연구의 $22.4\sim 25.8\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 로 $2.5\sim 3.4\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 낮아 저서 질소 시비량을 감소시키는 좋은 정책자료가 될 것임. 연구결과는 영농활용자료로 곧바로 이용할 수 있음.

협동과제) 엽과 과실의 무기성분함량과 과실품질과의 관계 구명

3년간 수행된 결과는 과수원의 토양 양분함량 변이를 조사하였고, 잎과 과실의 무기성분함량과 과실 특성과의 관계를 구명하였다. 추가로 또한 사과 '후지'/M.26 잎의 질소 간이진단법을 확립하였으며 시기별 잎의 무기성분 함량 범위를 설정하여 현장에서 영양진단 및 시비지도를 할 수 있는 기틀을 마련하였다.

관련 분야의 기술 발전에 기여도는 잎색 측정기에 의한 질소함량 간이 진단법을 타 과종에서도 활용할 수 있는 근거를 마련했으며 토양중의 양분함량이 잎의 양분함량에 영향을 거의 미치지 않고 있음을 볼 때, 우리나라의 과수원에서는 필요 이상

으로 토양 양분이 과다하여 토양 및 수질을 오염시킬 수 있다는 가능성이 있어 앞으로 과수원에서 양분 수지 즉 흡수와 이동에 관한 연구가 필요하다는 것을 제시할 수 있었다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

M.26과 M.9대목을 이용한 ‘후지’품종의 고품질 다수확을 위한 안정된 수세와 무기성분의 정상함량범위의 재설정은 영농활용자료와 영농교육에 바로 활용될 수 있다. ‘후지’/M.9을 재배하는 초밀식과원에 대한 수세 안정화 기준 설정에 대한 연구는 재식시부터 4년간 실시하여 현재의 성적만으로도 결론을 내릴 수는 있지만, 향후 1~2년 시험을 계속하면 더 확실한 결론에 도달할 수 있지 않았을까 하는 아쉬움이 있다. 고품질 다수확을 위한 안정된 수세판단과 엽중 무기성분의 정상함량을 설정하기 위한 본 연구의 접근방법은 배, 복숭아, 포도 등 다른 과수에서도 적용하여 연구가 확대 지속되었으면 한다. 고품질 다수확을 위하여는 그 조건에 맞는 수세안정기준을 설정하는 것이 매우 중요하다. 그러나, 실제로 국내에서 이들 과종을 대상으로 안정된 수세판단 기준설정을 위한 연구는 원예연구소에서 일부 시도하였으나, 대부분은 일본에서 연구한 결과를 원용하고 있는 실정이다.

사과에서 착색과 당도가 중요한데 과실과 잎의 질소함량이 착색과 당도를 떨어지고 토양중의 유효인산함량이 많으면 잎의 질소함량이 증가하는 결과가 도출되었다. 토양중의 양분함량이 과다할 경우 과수의 생육에 미치는 부정적인 영향이 미치고 있으나 현재 우리 나라의 과수원 토양은 양분이 축적되어 있어 앞으로 시비량을 줄이는 대책으로 영농활용을 통하여 교육과 지도가 필요하다. 또한 잎의 시기별 양분함량 기준으로 생육단계별 영양진단을 하여 시비처방을 할 수 있도록 하고 잎색 측정기(SPAD-502)를 활용 현장에서 잎의 질소를 간이 진단하여 시비지도를 하여 과실의 상품성(착색과 당도)를 높일 수 있도록 영농교육에 활용할 예정이다.

제 6 장 참고문헌

Atkinson, D. 1986. Adv. plant nutrition 2:93-128.

AOAC. 1995. Official methods of analysis (II) 16th ed. Arlington.

Bramlage, W.J., S.A. Weis, and M. Drake. 1985. Predicting the occurrence of poststorage disorders of 'McIntosh' apples from preharvest mineral analyses. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110:493-498.

변재균. 1997. 사과나무 고밀식 재배시의 효율적인 질소관리. 원예산업과학지. 1(1):49-62.

Fallahi, E., D.G. Richardson, M.N. Westwood, and M.H. Chaplin. 1985. Relationships among mineral nutrition, ethylene and post-harvest physiology in apples on six rootstocks. Scientia Hort. 25:163-175.

Fallahi, E and T.L. Righetti. 1985. Prediction of quality by preharvest fruit and leaf mineral analysis in 'Starkspur Delicious' apple. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110:524-527.

Fallahi, E. and B.R. Simons. 1996. Interrelations among leaf and fruit mineral nutrients and fruit quality in 'Delicious' apples. J. Tree Fruit Production 1(1):15-25.

Faust, M. 1989. Physiology of temperature zone fruit trees. Wiley- interscience. New York.

장준연 · 임열재. 2002. 밀식사과원의 신초생장이 과실품질에 미치는 영향. 한국원예학회지 43(2):187-190.

정석문 · 공성재 · 이상직. 1970. 엽분석에 의한 우리나라 복숭아나무의 영양진단에 관한 연구. 농시연보(원예편) 13 : 11~18.

- 정석문 · 임열재 · 이광연. 1971. 엽분석에 의한 우리나라 포도원의 영양진단에 관한 연구, 농시연보(원예편) 14 : 57~67.
- 정재권 · 송양익. 1999. 사과나무('후지'/M.26)의 적정 엽내 무기성분함량. 대구 사과연구소 영농활용자료.
- 이한찬. 1999. 사과 '후지'품종의 착색과 착색증진에 관여하는 생리적 생태적 요인. 서울대학교 박사학위논문.
- 이한찬 · 김점국 · 윤익구. 2002. '후지'/M.9 사과나무의 시기별 엽중 영양진단 기준 설정. 원예연구소 영농활용자료.
- Kenworthy, A.L. 1950. Nutrient element composition of leaves from fruit trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 55 : 41~46.
- 김몽섭, 고광출, 신건철, 이한찬, 김점국, 정경호, 김월수. 1992. Specific color difference sensor를 이용한 신속 영양진단법 개발. 과학기술처 UR대응 특정연구 개발사업연구 보고서
- 김점국 · 홍재성 · 김성봉 · 윤천종 · 송기철. 1996. M26대목에 접목된 '후지' 사과나무의 생산성 차이에 따른 지상부와 지하부의 생육특성비교. 농업논문집 38(1) : 660~666.
- Marmo, C.A., W.J. Bramlage, and S.A. Weis. 1985. Effects of fruit maturity, size, and mineral concentrations on predicting the storage life of 'MaIntosh' apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110:499-502
- 문덕영 · 권혁모 · 이운직 · 홍순범. 1980. 엽분석에 의한 제주도감귤원의 영양진단에 관한 연구 농시연보(원예 · 잠업) 22 : 63~70.
- 농촌진흥청. 1999. 작물별 시비처방 기준. 상록사. 수원
- 오재섭 · 임정남. 1970. 과수원 토양의 물리성에 관한 연구. 사과 재배적지 토양의 물리성에 관한 연구. 농사시험연구보고 13:71-76.

- 오성도 · 장준택. 1987. 사과나무 2년생지 발육정도와 단과지착생 및 신초발육과의 관계. 전북대학교 논문집 자연과학편 29 : 225~232.
- 오성도 · 정동식 · 허장석. 1984. 전북지방 왜성 사과원의 주요 무기성분함량변화에 관한 연구. 전북대학교 농대논문집 15 : 27~31.
- Ozerol, N.H. and J.S. Titus. 1965. The determination of total chlorophyll in methanol extracts. Transactions of Illinois State Academy of Sci. 58, No. 2.
- Parent, L.E. and R.L. Granger. 1989. Derivation of DRIS norms from a high-density apple orchard established in the Quebec Appalachian mountains. Jour. Amer. Soc. Hort. Sci. 114 : 915~919.
- Shear, C. B. and M. Faust. 1980. Nutritional ranges in deciduous tree fruits and nuts. Hort. Rev. 2:142-164.
- 杉山直儀 · 宮川健一 · 八代人夫 · 大澤孝也. 1952. 長野縣의 사과 葉分析에 관한 研究. 日本園藝學會誌 20 : 191~198.
- 신건철, 최종승, 김몽섭, 김성봉, 김정호, 문종열, 이용재. 1988. 왜성 사과 영양진단에 관한 연구. 농시논문집(원예편) 30(3):38-48.
- Spark, D.L. 1996. Methods of soil analysis (III). p. 475-1201.
- 山崎利彦 · 新妻胤次 · 田口辰雄. 1970. 사과의 질소시용기준설정. 제 1보. 국광, 골든 데리셔스의 엽내 무기함량, 생육, 수량, 과실품질에 미치는 질소제한의 영향. 추진 과시연보 34:1-33.
- 윤근환. 1967. 사과, 배나무의 영양진단에 관한 연구. 농시연보 10(2) : 1~36.