

Effect of Exposed Length of Rootstocks on the Occurrence of Bitter Pit and Tree Vigor of ‘Gamhong’/M.26 Apple Cultivar

Seok-Beom Kang^{1*}, Young-Eel Moon¹, Hun-Joong Kweon², Moo-Yong Park²,
Woo-Jung Park³, and Dong-Hoon Sagong^{4,5}

¹Citrus Research Institute, National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA, Seogwipo, 63607, Korea

²Apple Research Institute, National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA, Gunwi 39000, Korea

³Gangneung-Wonju National University, Department of Marine Food Science and Technology, Gangneung 25457, Korea

⁴Department of Horticulture, Daegu University, Gyeongsan 38453, Korea

⁵Institute of Life and Environment, Daegu University, Gyeongsan 38453, Korea

(Received: August 8 2016, Revised: September 20 2016, Accepted: October 4 2016)

‘Gamhong’ apple cultivar which was bred by National Institute of Horticultural and Herbal Science, has high sugar contents, large types of fruit and mid-season types of cultivar. However, ‘Gamhong’ apple tree is very sensitive cultivar to bitter pit. Therefore, many farms have not solved the problems on bitter pit to cultivate ‘Gamhong’ apple tree. This study was carried out to find out the exposed length of rootstocks on the occurrence of bitter pit and fruit quality of ‘Gamhong’/M.26 apple tree and seek the ideal cultivation strategy to decrease bitter pit to cultivate it. For this research, ten-years-old ‘Gamhong’/M.26 apple trees were used. The difference among the treatments of the exposure of rootstock of RL (5 cm), RM (15 cm) and RH (20 cm) from the soil surface was observed with 4 repetition from 2010 to 2011. Decreased exposure of rootstocks resulted in more vigorous growth, taller height, and greater number of shoots. N and K/Ca of RH was tend to be lower than RM and RL, whereas as the exposure of rootstock decreased, fruit weight and bitter pit increased. Therefore, occurrence of bitter pit in RH was significantly lower than that of RM and RL treatment and fruit weight also decreased. There was no difference on nutrient contents of leaf and the fruit quality by the exposed of rootstock in ‘Gamhong’ M.26 apple tree. To reduce the occurrence of bitter pit, it may be helpful to keep the optimum exposure of rootstock within 20 cm from the soil surface.

Key words: Bitter pit, Yield, Fruit quality, Calcium

Effect of exposed levels of rootstock on the yield and outbreak of bitter pit of ‘Gamhong’/M.26.

Treatment [†]	Yield (kg tree ⁻¹)	No. of fruit (ea tree ⁻¹)	Yield of bitter pit (kg tree ⁻¹)	No. of bitter pit fruit (ea tree ⁻¹)	Total ratio of bitter pit fruit (% tree)
RH	11.0 a [‡]	40.7 a	4.71 b	17.3 b	42.7 b
RM	15.2 a	54.0 a	7.98 a	28.7 a	52.7 b
RL	11.8 a	41.0 a	8.72 a	29.7 a	75.6 a

[†]Treatment: RH, Rootstock High (Exposure of rootstocks from soil surface: 20 cm); RM, Rootstock Medium (15 cm); RL, Rootstock Low (5 cm), [‡]DMRT at p = 0.05, [§]Date: 2011. 10. 11.

*Corresponding author: Phone: +82647304173, Fax: +82647304110, E-mail: hortkang@korea.kr

[§]Acknowledgement: This study was supported by the Agenda Program (Project No. PJ008248), Rural Development Administration, Republic of Korea.

Introduction

사과의 고두병 (bitter pit)은 수확기나 저장 중에 과피 바로 아래 과육조직이 괴사되어 표면의 일부가 함몰되고, 이 부분의 과육조직이 스폰지 모양으로 갈변되면서 약간의 쓴 맛을 나타내는 생리장해로 (Kim and Ko, 2004a), '국광', '딜리셔스', '감홍', '양광', '조나골드', '육오' 품종에 많이 발생한다 (Torikada, 1977; Seo et al., 2007; Yim, 2010).

일반적으로 고두병의 주된 발생원인은 칼슘 결핍으로 (Seo et al., 2007), 과다 적과에 의해 착과량이 적거나 혹은 질소 과다 시비에 의해 과실이 커지면 잎과 과실 간의 칼슘 경쟁에 의해 과실 내 칼슘 농도가 감소되어 고두병이 많이 발생한다 (Kim, 1991; Kim et al., 2008). 또한, 고두병 발생은 수세가 강한 대목일수록 발생이 많아지는데 (Kim and Ko, 2004a), 수세가 왕성하다는 것은 그만큼 수체 내 질소함량이 많다는 것으로 질소함량이 많을수록 고두병 발생률은 높아진다 (Yim, 2010). Sharples (1971)는 왜성대목인 M.26에 접목한 사과나무의 고두병 발생률이 극왜성 대목인 M.9에 접목한 사과나무보다 높았다고 하였는데, 이는 M.26의 칼슘 흡수 정도가 M.9보다 낮기 때문으로 판단된다 (Webster and Wertheim, 2003).

사과나무의 착과수와 신초생장은 역의 상관관계로, 착과수가 적을수록 과중 및 가용성 고형물 함량이 증가되지만 신초 성장량이 동시에 증가되면서 수관 내 광환경이 나빠져 해거리 및 밀식장해가 발생할 위험이 있다 (Sagong and Yoon, 2015). 사과나무의 신초생장은 기본적으로 시비, 전정, 결실량 등을 통해 조절하는 것이 원칙이나 환상박피, 단근, 시비 조절, 생장억제제의 처리 및 대목의 지상부 노출 길이 조절 등으로 수세를 안정시킬 수 있다 (Sagong and Yoon, 2010; Miller and Tworowski, 2003). 일반적으로 사과나무 대목의 지상부 노출길이 길수록 지하부 뿌리의 발달이 감소되어 지상부의 신초 생장이 약해지는데 (Hrotko and Magyar, 2004; Fujine et al., 1984), 4.0×1.5 m로 재식한 '후지'/M.9의 적정 대목의 노출 길이는 20 cm 정도이고, '후지'보다 수세가 약한 '홍로'/M.9의 경우 10~20 cm 정도라고 한다 (Paek et al., 2007).

국내 육성 품종인 '감홍' 사과는 1981년 원예연구소에서 '스퍼얼리브레이크'에 '스퍼골드데리셔스'를 교배하여 1992년 최종 선발되어 '감홍' 사과로 명명되어 육성된 품종으로, 과실은 대과종이며, 숙기는 10월 상·중순으로 가용성 고형물 함량과 산 함량의 조화가 우수하여 소비자의 반응이 좋다 (Shin et al., 1995). 그럼에도 불구하고 '감홍'은 수세가 약할 경우 빈 가지가 생기기 쉽고, 반대로 수세가 강하거나 과실을 대과로 재배할 경우에는 동녹, 고두병 및 기형과가 심하게 발생되는 문제가 있다 (Kim et al., 2008). 이러한 '감홍'의 문제점은 칼슘 봉지재배, 착과조절, 염화칼슘 살포법 등 다양한

고두 방지 재배기술 개발로 개선되고 있지만 (Heo et al., 2010; Kim et al., 2008; Seo et al., 2007; Kim and Ko, 2004b), 아직까지 토양, 기상 및 재배체계 등의 생리적 특성에 맞는 재배법이 정착되지 않아 사과 재배자들은 '감홍' 재배를 외면하고 있는 실정이다. 현재 국내 육성 품종 중 고품질 과실을 안정적으로 생산할 수 있는 기술이 어느 정도 체계화 되어 있는 '홍로'의 경우 2013년 재배면적이 4,435 ha 정도인데 반해 '감홍'은 539 ha로 재배면적이 정체되어 있는 편이다 (KERI, 2014).

따라서, 본 연구는 국내 육성 품종인 '감홍'의 대목 노출 길이가 고두병 발생에 미치는 영향을 구명하고 이에 기초한 재배기술을 체계화하여 국내 육성품종인 '감홍'의 재배면적 확대와 고품질 과실 생산에 기여하고자 수행하였다.

Materials and Methods

시험재료 및 처리방법 본 시험은 경북 문경시 문경읍에 위치한 일반 사과원에 4.0×2.0 m로 재식된 10년생 '감홍'/M.26 사과나무를 대상으로 수행하였다.

처리는 대목 노출 길이가 지면으로부터 5, 15, 20 cm인 나무를 4주씩을 각각 RL (Rootstock Low), RM (Rootstock Medium), RH (Rootstock High)로 구분하여 총 12주를 선정하여 시험하였다.

시험포장 관리는 농촌진흥청 표준재배 방법에 준하여 관리되고 있는 포장으로, 토양은 미사질 양토였으며, 수분 관리는 -40 kPa 이내에서 점적관수로 필요 시 관수하였다. 사과 병해충 방제를 위해 살균제는 매년 10회 살포하였고, 살충제는 페르몬 트랩을 설치하고 해충 발생 예찰을 병행하면서 6회에 살균제와 혼합하여 살포하였다. 주당 착과수는 40~50 개를 목표로 하였다.

토양 및 엽 분석 토양시료는 6월초에 시험수의 원줄기에서 1.0 m 떨어진 위치에서 5~20 cm 깊이의 흙을 채취한 다음, 음건 후 2 mm 체로 쳐서 분석시료로 하였다. 토양 분석은 농촌진흥청의 분석방법 (RDA, 2010a)에 따라 토양 pH는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 하여 그 현탁액을 초자전극법 (720, ORION, USA)으로 측정하였고, 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법으로 추출 후 분광광도계 (CINTRA6, GBC, Australia)로 분석하였다. 토양 내 질산태 질소와 암모니아태 질소는 2M KCl로 추출 후 켈달분석법에 의해 질소분석기 (K-314, Büchi, Swizerland)로 분석하였다. 치환성 양이온 분석은 채취된 토양을 1 N-NH₄OAc (pH 7)로 추출한 후 유도결합플라즈마발광도계 (ICP-AES, GBC Intergra XM2, Australia)로 분석하였다.

잎 시료는 8월초에 시험수별로 지면에서 1.2~1.5 m 높이에서 과실이 달리지 않은 바깥쪽 신초 중간 부위 잎을 신초

당 1~2매 (주당 총 30매)씩 채취하였다. 채취한 잎은 세정 후 60°C에서 3일간 건조한 후 분쇄하였다 (RDA, 2010b). 분쇄한 시료는 0.5 g씩 정량한 후 10 mL의 HNO₃ - HClO₄ (85:15, v/v) 혼합액을 가하여 습식 분해하였다. 인산은 Ammonium vanadate법으로 발색 후 470 nm에서 분광광도계 (CINTRA6, GBC, Australia)로 분석하였고, 질소는 켈달분석법에 따라 질소분석기 (B-339, Büchi, Switzerland)로 측정하였다. 칼륨, 칼슘 및 마그네슘은 유도결합플라즈마발광광도계 (ICP-AES, GBC Intergra XM2, Australia)로 분석하였다.

수체생육 조사 수고는 지면에서부터 가장 높이 있는 신초의 끝까지 길이를 측정하였고, 수폭은 지면으로부터 1.5 m 높이에서 열간과 주간 방향으로 각각 조사한 후 평균하였다. 주간 직경은 접목부 상단 10 cm에서의 줄기 직경을 방향을 바꾸어 2회 측정 후 평균하였다. 신초 길이는 지면으로부터 1.3~1.5 m 높이의 주간 측지를 나무별로 3개씩 선정 후, 주간 측지에서 발생한 모든 신초들을 웃자람가지 (water sprout)와 신초 [과대지 (bourse shoot), 정단신초 (terminal shoot)]로 구분하여 조사하였다.

고두발생, 수량 및 과실품질 조사 과실은 10월 11일에 전량 수확하여 과실 개별 무게를 측정 후 주당 수량을 산출하였다. 고두병 발생률은 수확된 전체 과실수에 대한 고두 반점이 하나라도 발견된 과실수로 나타내었다. 고두병 발생 정도는 과실에 발생된 반점 수에 따라 5등급으로 구분하여 지수화 하여 나타냈는데 과실 표면에 고두 반점이 없을 경우 0, 1~5개 발생 시 1, 6~10개 발생 시 2, 11~15개 발생 시 3, 16~20개 발생 시 4, 20개 이상 발생 시 5로 하였다. 과중에 따른 고두 발생 정도는 처리별 과중의 고두 발생 정도로 나타내었다.

과실 품질은 주당 10과씩 지면 1.5 m 위에서 결과지 중간

부위에서 착과된 과실을 무작위로 채취하여 조사하였다. 과실의 붉은 색을 나타내는 Hunter a value은 색차계 (CM-2002, Minolta, Japan)로 과실의 적도부 3곳을 측정하였고, 경도는 착색 정도를 조사한 과피 부위를 제거한 후 8 mm 탐침 (probe)을 장착한 디지털경도계 (FHM-5, Atago, Japan)로 측정하였다. 가용성 고형물 함량은 경도를 조사한 과실을 전량 분쇄하여 착즙한 후 110 mm Filter paper (Advantec, Toyo Roshi Kaisha Ltd., Japan)로 걸러낸 과즙을 디지털 당도계 (PR-101, Atago, Japan)로 측정하였고, 산 함량은 과즙 5 mL를 증류수 20 mL로 희석한 후 0.1N NaOH로 pH 8.1이 될 때까지 적정하여 적정치를 Kang et al. (2013)과 동일하게 사과산으로 환산하였다.

통계처리 통계 분석은 SAS Enterprise Guide 3.0 통계 프로그램을 이용하여 던컨다중검정 ($P=0.05$)으로 처리간의 유의성을 분석하였다.

Results and Discussion

본 시험이 수행된 '감홍'/M.26 사과원의 토양 산도는 중성이었으며, 유기물 함량과 무기물 함량은 적절한 상태로 사과를 재배하기에 적합한 토양이었다 (Table 1).

10년생 M.26 대목에 접목된 감홍 사과의 대목노출에 따른 수체의 생육량은 Table 2에 나타내었다. 나무의 수고는 대목노출이 5 cm 가장 적었던 RL와 15 cm 인 RM에서 각각 4.0과 3.9 m로 두 처리간 차이가 없었으나 대목노출이 20 cm로 많았던 RH 처리구는 2.9 m로 다른 처리구에 비해서 유의하게 수고가 낮았다. 시험처리구 간의 수폭에 있어서는 대목노출이 적었던 RL 처리구에서 5.0 m로 RM과 RH 처리구의 3.9와 3.6 m에 비해 유의하게 수폭이 컸다.

나무는 세력이 강해지면 주간부가 굽어지는 특징을 나타

Table 1. Soil chemical properties used in this experiment.

pH (1:5)	OM (g kg ⁻¹)	T-N (%)	P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	K	Ca (cmol kg ⁻¹)	Mg
7.28	28.6	0.26	285.2	1.26	6.24	1.66

Date: 2011. 6. 1

Table 2. The growth of 'Gamhong'/M.26 affected by the exposed levels of rootstock.

Treatment [†]	Height (m)	Width (m)	Stem diameter (cm)	Shoot length (cm) ^x	Number of succulent shoot (ea secondary scaffold branch ⁻¹)	Number of total shoot (ea secondary scaffold branch ⁻¹)
RH	2.9b [‡]	3.6b	6.3c	21.1b	4.0b	13.3b
RM	3.9a	3.9b	8.4b	32.0a	18.3a	27.3a
RL	4.0a	5.0a	11.2a	41.9a	22.0a	33.5a

[†]Treatment: RH, Rootstock High(Exposure of rootstocks from soil surface: 20 cm); RM, Rootstock Medium (15 cm); RL, Rootstock Low (5 cm), [‡]DMRT at $p = 0.05$, [§]Data: 4 tree per repetition

내는데 본 연구에서도 대목노출이 가장 적었던 RL 처리구는 주간부 직경이 11.2 cm로 가장 컸으며 대목노출이 많아질수록 RM과 RH 처리구 순으로 주간부 직경이 8.4와 6.3 cm로 적었으며 처리 간에 유의한 차이를 나타냈다. 이러한 결과는 시험수의 수고와 수폭과도 같이 연계되어 대목노출이 낮을수록 나무의 세력이 강해지는 것을 확인하였다. 대목노출에 따른 수체의 신초길이는 RL과 RM 처리구는 41.9와 32.0 cm로 RH의 21.1 cm에 비해 유의하게 대목노출이 낮을수록 신초가 강하게 발생하였다.

대목노출이 '감홍'/M.26 사과나무의 도장지 발생에 미치는 영향을 보면 대목노출이 적을수록 도장지 발생이 강해지는 결과를 얻었는데 RL는 22개, RM는 18개로 대목노출이 가장 컸던 RH의 4개에 비해 대목노출이 안되어 깊게 심을수록 유의하게 도장지 발생이 많은 걸 확인할 수 있었다. 시험수의 부주지에 발생된 신초발생량 조사에서도 대목노출이 적었던 RL과 RM은 33.5와 27.3개로 처리간 차이를 나타내지는 않았지만 대목노출이 적을수록 더 많이 발생되는 결과를 나타냈다. 반면 대목노출이 가장 많았던 RH 처리구는 13.3개로 다른 처리구에 비해 유의하게 신초발생량이 적은 것을 확인할 수 있었다. Table 2에서 나타난 결과를 보면 대목노출이 적을수록 나무의 세력은 강해져 수고와 수폭이 커지고 주간부 직경은 굵어지며 신초발생량이 많아지는 반면, 대목노출이 많을수록 나무의 세력이 약해져 수고와 수폭은 작아지고 주간부 직경도 줄어들며 신초 및 도장지 발생도 적어지는 결과를 나타냈다. Paek et al. (2007)은 M.9에 접목된 '후지'와 '홍로' 사과나무의 대목노출에 따른 생육조사에서 대목이 노출될수록 주간 직경은 감소하여 주간단면적 (TCSA)이 줄어들었고 신초발생과 길이도 낮아지는 결과를 나타냈다. 본 연구에서도 대목이 지면 가까이에 있을수록 생육이 왕성해서 신초발생과 주간부 직경이 굵어지는 결과를 나타내어 나무의 세력이 강해짐을 확인할 수 있었다.

대목노출이 '감홍'/M.26 사과의 엽내 무기성분 함량에 미치는 영향은 Table 3에 나타내었다. 본 시험에서 대목노출이 많았던 RH는 N 함량이 2.51%로 대목노출이 적었던 RM과 RL의 2.69와 2.66%에 비해 N 함량이 낮았으나 유의성은 나타나지 않았다. P 함량에 있어서는 처리간 차이가 없었으며 K 함량에 있어서는 RH 처리구가 0.79로 RM과 RL 처리구의 0.83과 0.84%에 비해 K함량이 낮았으나 유의성은 나타나지 않았

다. Ca 함량에 있어서는 RH 처리구가 0.80%로 RM과 RL의 0.79%에 비해 Ca함량이 높은 결과를 나타냈으나 유의성은 없었다. 엽내 N/Ca와 K/Ca 에 대한 조사에서는 대목노출이 많았던 RH 처리구는 N/Ca이 3.14로 RM과 RL 처리구의 3.41과 3.37에 비해 0.27과 0.23이 적었으며 엽내 K/Ca 비율에 있어서는 RH는 0.99로 RM과 RL의 1.05와 1.06에 비해 각각 0.06과 0.07이 낮았다. Yim (2010)은 사과나무에서 질소함량이 많을수록 과실내 고두 발생이 많다고 하였는데 대목노출이 적었던 RM과 RL 처리구는 나무의 수세가 강해지는 특징과 더불어 수체내 N함량도 많아지는 결과를 나타내어 고두 발생에 민감해 질 수 있음을 알 수 있었다. Kim and Ko (2004a)는 후지 사과에서 대목 종류에 따른 고두발생을 조사한 시험에서 세력이 강했던 MM106이 M.26보다 고두 발생이 많았으며 고두가 발생된 과실은 Ca함량이 낮고 N와 K 함량이 정상 과실에 비해 높았다고 하였다. Casero et al. (2010)는 'Golden Smoothee' 사과에서 엽화칼슘 처리를 만개 후 60일부터 6~12회 처리하였을 때 수체 내 Ca 함량이 높아졌으며 그로 인해 N/Ca와 K/Ca 비율이 유의하게 낮아졌다고 하였다. 수체 내 칼슘제제 엽면살포는 N, P, K함량의 수체내 증가에는 영향을 미치지 않지만 (Le Grange et al., 1998), 고두병이 없는 과실에서는 Ca 함량이 높았고, N/Ca와 K/Ca 비율은 낮았다고 하였다 (Fallahi et al., 2006). 본 시험에서도 처리간 통계적 유의성은 나타나지 않았지만 대목노출이 많았던 RH 처리구는 RM과 RL 처리구에 비해 N/Ca와 K/Ca 비율이 다소 낮은 결과를 나타냈다. 이는 대목이 깊게 묻힐수록 나무의 세력이 강해졌던 앞의 Table 2의 결과와도 연결되는 것으로 다른 처리구에 비해 대목이 깊게 묻힌 RL 처리구의 질소 함량 증가와 그에 따른 나무의 강한 세력반응에 따른 신초 및 도장지 신장량 증가는 매우 밀접하게 관계있는 것으로 판단된다.

대목노출이 '감홍'/M.26 사과의 고두발생과 과중에 미치는 영향은 Table 4에 나타내었다. 시험결과 처리 간에 과중에는 차이가 없었으나 대목이 깊게 심겨질수록 과중은 커지는 경향을 나타냈다. 반면 고두발생에 대해 고두지수 (0~5)로 나타낸 결과 대목노출이 많았던 RH 처리구는 0.44로 고두발생이 가장 낮았으며 대목노출이 줄어들어 따라 RM 처리구는 0.67로 증가하였으며 대목노출이 5 cm 이내로 적었던 RL 처리구는 1.12로 유의하게 다른 처리구에 비해 고두발생이 증가하는 결과를 나타냈다. 본 시험에서 대목노출이 적어질

Table 3. Leaf mineral contents of 'Gamhong'/M.26 affected by the exposed levels of rootstock.

Treatment [†]	N	P	K	Ca	Mg	N/Ca	K/Ca	(K+Mg)/Ca
	(%)							
RH	2.51 a [‡]	0.30 a	0.79 a	0.80 a	0.27 a	3.14a	0.99a	1.32a
RM	2.69 a	0.30 a	0.83 a	0.79 a	0.27 a	3.43a	1.07a	1.41a
RL	2.66 a	0.30 a	0.84 a	0.79 a	0.24 b	3.43a	1.06a	1.36a

[†]Treatment: RH (20 cm); RM (15 cm); RL (5 cm), [‡]DMRT at p = 0.05, [§]Date: 2011. 7. 13

Table 4. Effect of the exposed levels of rootstock on the outbreak of bitter pit and fruit weight of ‘Gamhong’/M.26.

Treatment [†]	Fruit weight (g)	Index of bitter pit [§] (0~5)
RH	270.5a [‡]	0.44b
RM	284.0a	0.67ab
RL	291.7a	1.12a

[†]Treatment: RH (20 cm); RM (15 cm); RL (5 cm), [‡]DMRT at p = 0.05, ^xDate: 2011. 10. 11, [§]Index of bitter pit: 1(Spot of bitter pit 1~5), 2(6~10), 3(11~15), 4(16~20), 5(20 over)

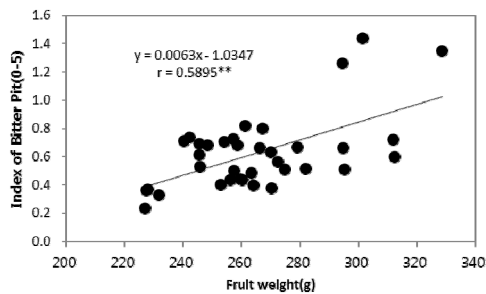


Fig. 1. Relationship between occurrence of bitter pit and fruit weight of ‘Gamhong’ apple fruit.

수확 과실의 크기와 고두발생이 증가되는 결과를 나타냈는데 이는 나무의 세력과 연결되는 것으로 나무의 세력이 강해졌을 때 감홍 사과는 고두가 잘 발생된다는 것을 확연히 알 수 있었다. 즉, 감홍 사과의 크기와 나무의 세력을 생각하고 나무를 강하게 재배하는 곳에서는 그 만큼 고두발생의 위험성이 매우 높다 할 수 있다. Paek et al. (2007)은 ‘후지’ 사과에서 대목노출이 많아질수록 과실의 과중이 유의하게 감소하는 결과를 나타냈는데 대목노출이 0 cm와 40 cm 간에는 29 g의 과중차가 발생되었다. 감홍사과도 대과가 잘 되는 과

종이라 과일이 크게 자랄 수 있는데 이러한 결과를 통해 보면 감홍사과 나무를 재배할 때는 적절한 나무의 수세관리가 고두과 발생을 줄이기 위해 중요할 것으로 판단되었다.

Table 5는 대목노출이 ‘감홍’/M.26 사과의 고두발생과 수량에 미치는 영향을 조사한 결과이다. 본 시험에 이용된 과원이 대목 노출정도에 따른 수량과 고두과 발생율을 조사한 결과 처리간 수량차이는 통계적으로 없었으나 대목노출이 5 cm로 깊게 심겨진 RL 처리구는 주당 고두과 발생이 8.7 kg로 전체 과실 중 76%에서 고두가 발생되었다. 반면 대목노출이 15 cm 노출된 RM 처리구는 고두과 수량이 8.0 kg에 전체 과실 중 53%를 차지하였다. 반면 본 시험에서 대목노출이 20 cm로 가장 많았던 RH 처리구는 고두과 수량이 4.7 kg으로 전체 과실중 42.7%에서 고두가 발생되어 처리 간에서는 유의하게 적게 발생되었다. 이 결과를 Table 4와 연계하여 봤을 때 대목이 깊게 심겨질수록 고두발생 지수가 유의하게 늘어났으며 과중이 커졌는데 Table 5의 결과에서도 그 영향이 그대로 반영되어 고두가 발생된 과실의 수는 수확일에 유의하게 증가하여 통계적으로도 유의한 차이를 나타내고 있다. 본 결과를 통해 살펴보면 ‘감홍’/M.26 사과의 재배관리 중 대목식재시 대목만 너무 깊게 묻히지 않도록 식재 초기에 잘 관리하더라도 고두과 발생율을 현저히 낮출 수 있다는 사실을 알 수 있었다.

감홍사과 과실의 과중이 고두과 발생에 미치는 관계는 Fig. 1에 나타내었다. 본 결과 보면 과중이 증가함에 따라 고두과 발생이 유의하게 높아지는 것을 확인할 수 있었다. 즉 대목노출이 높게 되지 않고 깊게 심겨지게 되면 나무는 세력이 강해지고 과실은 커지는 경향을 나타내는데 이렇게 과실이 커지는 것은 오히려 고두발생을 높이기 위해 적절한 대목노출이 무엇보다 중요하다는 것을 잘 나타내 주고 있다.

Table 5. Effect of the exposed levels of rootstock on the yield and outbreak of bitter pit of ‘Gamhong’/M.26.

Treatment [†]	Yield (kg tree ⁻¹)	No. of fruit (ea tree ⁻¹)	Yield of bitter pit (kg tree ⁻¹)	No. of bitter pit fruit (ea tree ⁻¹)	Total ratio of bitter pit fruit (% tree)
RH	11.0 a [‡]	40.7 a	4.71 b	17.3 b	42.7 b
RM	15.2 a	54.0 a	7.98 a	28.7 a	52.7 b
RL	11.8 a	41.0 a	8.72 a	29.7 a	75.6 a

[†]Treatment: RH (20 cm); RM (15 cm); RL (5 cm), [‡]DMRT at p = 0.05, [§]Date: 2011. 10. 11

Table 6. Effect of the exposed of rootstock on the fruit quality of ‘Gamhong’/M.26 apple tree.

Treatment [†]	Fruit weight (g)	Longitudinal diameter (mm)	Horizontal diameter (mm)	Firmness (kg 8 mm ^φ ⁻¹)	SSC (°Bx)	Acid contents (%)	Hunter values		
							L	a	b
RH	285a [‡]	80.6a	83.6a	3.4a	15.8a	0.40a	35.1ab	21.1a	9.5b
RM	289a	83.2a	85.4a	3.4a	16.0a	0.38a	34.2b	20.0a	9.4b
RL	293a	83.7a	84.3a	3.5a	16.2a	0.41a	36.9a	20.2a	11.6a

[†]Treatment: RH (20 cm); RM (15 cm); RL (5 cm), [‡]DMRT at p = 0.05, [§]Date: 2011. 10. 11

대목노출이 '감홍'/M.26 사과의 과실품질에 미치는 영향은 Table 6에 나타내었다. 시험 결과 대목노출이 적을수록 고두 발생이 많았는데 과실의 품질에 있어서는 처리 간 차이가 없었으나 과실의 과중은 대목이 깊게 심겨질수록 커지고 과경은 길어지는 경향을 나타냈다. 과실의 경도와 당, 산 함량 및 과실의 착색을 나타내는 적색도 (a)에는 처리 간 차이가 없었다. Paek et al. (2007)도 후지 사과에서 대목노출이 많아질수록 과실의 과중은 점차 작아졌다고 하여 본 연구와 같은 경향을 냈는데 이는 나무의 세력과 과실이 크기가 어느 정도 관계가 있다고 볼 수 있다. 본 연구를 통해 살펴보면 대목노출이 적을수록 나무의 수세는 강해지는 것을 확인하였다. Hroto and Magyar (2004)는 사과나무의 대목이 흙에 묻힐수록 왜성대목의 특성이 사라지는 문제가 발생되고 그로 인해 나무의 수세는 강해졌다고 하였는데 대목이 깊게 묻힌다는 것은 수체내 생리가 영양생리로 기울어지는 특성을 나타내게 되며 그로 인해 뿌리로부터 N 흡수는 강해져 엽내 질소함량이 높아지고 나무는 강하게 자라게 되는 생리로 뒤바뀌어 N 흡수가 강해짐에 따라 수체내 Ca의 흡수는 N와 Ca 간의 길항관계로 Ca 흡수가 불량해져 Ca흡수 감소에 따른 고두과 발생이 증가되는 문제가 일어날 수 있다.

본 연구에서 깊게 심겨진 '감홍'/M.26 사과나무는 주간부의 직경이 대목노출이 많았던 처리구보다 빠르게 굵어졌으며 나무의 수고도 높아지고 도장지 발생량도 유의하게 많은 결과를 나타냈다. 이때 수체내 N 함량은 세력이 강했던 대목노출이 적은 처리구에서 유의하게 높았고 대목노출이 많아질수록 세력은 떨어졌으며 N 함량도 낮아졌다. 이 결과는 Kim and Ko (2004a)의 사과 고두병 발생과 대목노출과의 관계 보고와도 일치하는 것으로 후지 사과에서 세력이 강한 대목에서 수상에 고두발생이 증가하였으며 고두가 발생된 과실들은 N와 K함량도 많아졌고 정상과실에서는 적었다고 하였는데 본 연구에서도 세력이 강했던 RL 처리구는 다른 처리구에 비해 수체내 N 함량도 많았다. Jackson (1962)은 수세가 강한 대목에 접목된 사과나무에서 생산된 과실에서 고두병 발생이 많았다고 하였으며 MM106과 MM111이 M26과 M7보다 고두병 발생이 많다고 하였다 (Granger and Looney, 1983). Paek et al. (2007)도 후지와 홍로 사과에 대한 대목노출 시험에서 지면 0~40 cm까지 대목노출을 달리하였을 때 대목이 깊게 심겨질수록 나무의 세력은 강해졌으며 대목이 많이 노출될수록 세력은 떨어졌다고 보고하였는데 이러한 생리의 기본은 결국 수체내 N가 어떻게 흡수되었는가가 중요한 점이라 하겠다.

본 시험에서도 지면에서 5 cm 대목 노출을 나타내며 깊게 심겨져 세력이 강해졌던 RL 처리구는 다른 처리구에 비해 유의하게 고두병 발생도 많았으며 도장지 발생량도 증가하는 결과를 나타냈다. 반면 대목노출이 많았던 RH 처리구는 고두병 발생량도 유의하게 감소하고 도장지 발생량도 뚜렷하

게 감소하였다. 이는 나무를 식재할 때 대목노출이 무엇보다 중요하다는 것을 나타내는 것으로 근래에 사과원을 조성하는 과원에서는 기계를 이용하여 구덩이를 파는 일들이 많아졌다. 그러다 보니 삽으로 구덩이를 팔 때는 조금 파서 묻히지 않던 대목들이 포크레인이나 트랙터 등을 이용해 구덩이를 깊게 파다 보니 식재 후 관수를 하면 어린 묘목들의 접목 부위가 노출되어 있다가 땅속으로 들어가거나 지면 가까이 묻히게 되는 대목노출이 적은 나무들이 심어지는 문제들이 발생되고 있다. 그러나 재배 현장에 서는 이러한 부분에 대해 크게 고민을 하지 않고 품종만 우수하다고 하여 평소대로 재배관리를 하다 보니 감홍 사과에서 새롭게 식재를 하거나 재배를 하는 농가들이 어려움을 겪는 것이다.

'감홍' 사과는 국내에서 육성된 중생종 고당도 품종으로 최근 국내 경상북도 문경지역을 중심으로 재배면적이 늘어나고 있다. 그러나 품종 특성상 고두병에 민감한 특성을 갖고 있어 초기에 재배를 하다가 동늉과 고두병 발생과 같은 생리장애로 재배를 포기하거나 주저하는 농가들이 많아지고 있다. 최근 외국 농산물의 수입 등으로 국내사과 산업이 외국산 사과와 무한경쟁을 해야 하는 어려운 시기를 맞고 있는데 감홍과 같은 맛있는 사과로 고두발생 방지에 대한 재배 기술이 뒷받침이 된다면, 외국 사과와의 경쟁에서 우위를 점할 수 있을 것이라 생각된다. 따라서 본 연구를 통한 감홍 사과의 적정 대목 노출을 통한 고두병 방지를 위해서는 재식 후 과원 지면이 안정화 됐을 때 대목 노출을 15~20 cm로 유지하여 나무의 수세를 안정화 시킨다면 고두병 발생을 더욱 경감시킬 수 있을 것으로 기대된다.

References

- Casero, T., A.L. Benavides, and I. Recasens. 2010. Interrelation between fruit mineral content and pre-harvest calcium treatments on 'Golden Smoothie' apple quality. *J. Plant Nutr.* 33:27-37.
- Fallahi, E., B. Fallahi, C. Valdes, J.B. Retamales, and S.J. Tabatabaei. 2006. Prediction of apple fruit quality using preharvest mineral nutrients. *Acta Hort.* 721:259-264.
- Fujine, S.I., J. Sasaki, M.J. Itto, and S.M. Shin. 1984. Effect of the length of M.26 rootstock on growth of 'Fuji' and 'Starking' Delicious apples. *Bulletin of the Iwate Hort. Exp. Sta.* 5:19-24.
- Granger, R.L. and R.E. Looney. 1983. Radio-calcium uptake by Spartan and Delicious apple as influenced by rootstock and BA + GA3 to activate growth of lateral buds. *HortScience* 18:314-316.
- Jackson, D.I. 1962. The effect of calcium and other material on incidence of bitter pit in Cox's Orange Pippin apples. *New Zealand Agr. Res.* 5:302-309.
- Heo, J.Y., S.T. Lee, M.G. Kim, K.P. Hong, W.D. Song, C.W. Rho, J.S. Cho, and Y.H. Lee. 2010. Relationship between the incidence of bitter pit and the application level of crushed oyster shell in apple orchard. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43(5):515-521.

- Hrotko, K. and L. Magyar. 2004. Effect of depth of planting/budding height and solar radiation exposure of M.26, MM.106 rootstocks and B.9/MM.111 inter stems on the growth and yield of 'Idared' apple trees. *Acta Hort.* 658:69-73.
- Kang, S.B., Y.Y. Song, M.Y. Park, and H.J. Kweon. 2013. Effect of red and far-red LEDs on the fruit quality of 'Hongro'/M.26 Apple. *Korean J. Environ. Agric.* 32(1):42-47.
- KERI. 2014. Agriculture prospect on fruit. May. p.3
- Kim, D.H., J.K. Byun, C. Choi, D.G. Choi, and I.K. Kang. 2008. The effect of calcium chloride, prohexadione-Ca, and Ca-coated paper bagging on reduction of bitter pit in 'Gamhong' apple. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 26(4):367-371.
- Kim, M.S. 1991. Relation of bitter pit development with mineral nutrients, cultivars and rootstocks in Apple (*Malus domestica* Borkh.). Seoul National University.
- Kim, M.S. and K.C. Ko. 2004a. Relation of bitter pit development with mineral nutrients, cultivars, and rootstocks in apples (*Malus domestica* Borkh.). *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 22(1):43-49.
- Kim, M.S. and Ko, K.C. 2004b. Effect of forms and levels of nitrogen and levels of calcium on bitter pit incidence in 'Fuji' Apples (*Malus domestica* Borkh.). *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 22(2):200-205.
- Le Grange, S.A., K.I. Theron, and G. Jacobs. 1998. Influence of the number of calcium sprays on fruit mineral concentration in an apple orchard. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 73(4):569-573.
- Miller, S.S. and T. Tworkoski. 2003. Regulating vegetative growth in deciduous fruit trees. *PGRSA Quarterly*, 31(1):8-46.
- Jackson, D.I. 1962. The effects of calcium and other material on incidence of bitter pit in Cox's Orange Pinnin apples. *New Zealand Agr. Res.* 5:302-309.
- Paek, P.N., M.J. Kim, S.I. Kwon, J.C. Nam, and S.M. Kang. 2007. Effect of the Exposed Length of M.9 Rootstock on Growth and Productivity of 'Fuji' and 'Hongro' apples. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 25(4):1-7.
- Rural Development Administration. 2010a. Soil Chemical Analysis, RDA.
- Rural Development Administration. 2010b. Soil and Plant Analysis, RDA.
- Sagong, D.H. and T.M. Yoon. 2010. Effects of ringing time on vegetative growth, fruit quality, and return bloom of 'Fuji'/M.9 apple trees. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 28(1):31-35.
- Sagong, D.H. and T.M. Yoon. 2015. Optimum crop load in different planting densities of adult 'Fuji'/M.9 apple tree for preventing biennial and stabilizing tree vigor. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 33(1):1-10.
- Seo, J. H., J.H. Heo, J.S. Choi, and Y. J. Ahn. 2007. Crop load affects incidence of bitter pit and calcium contents in 'Gamhong' apple fruit. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 25(2):110-113.
- Sharples, R.O. 1971. Bitter pit of apples. *Ann. Report East Malling Res. Sta.* 1970 pp. 163-167.
- Shin, Y.U., J.H. Hwang, B.W. Yae, W.C. Kim, J.Y. Moon, and J.H. Kim. 1995. RDA. *J. Agri. Sci.* 37(2) :466-470.
- Torikada, H. 1977. Pysiological disorder and its control. p. 122-141. Seibuudo.
- Webster, A.D. and S.J. Wertheim. 2003. Apple rootstocks. In: Ferree, D.C., Warrington, I.J. (Eds.), *Apples: Botany, production and Uses.* CAB International, Cambridge, MA, USA pp. 91-124.
- Yim, Y.J. 2010. Physiological disorder. p. 307-309. In: Y.J. Yim (Ed.) *Luxury strategy of apple.* Semyung Press, Suwon, Korea.