

## 자주식 심토환경 개선기 개발(1) - 과수원의 토양 다짐 특성 및 심토 관리 실태 -

이동훈 박우풍 이규승

### Development of Self-propelled Explosive Subsoiler (1) - Present Status of Soil Compaction and Subsoil Management in Orchard -

D. H. Lee W. P. Park K. S. Lee

#### Abstract

This study was carried out to investigate the present status of subsoil compaction, and subsoil compaction management in orchard as a basic study for developing a self-propelled explosive subsoiler. Subsoil compaction was evaluated using the soil penetration resistance. Soil cone index was measured using the DIK 5520 type cone penetrometer in several fruit farms such as apple, pear, peach and grapes during growing seasons of these fruit in Jecheon, Gangok, Choongju, Cheonan and Hwasung areas.

Most of the subsoil managing machinery were either explosive type or digging type attached to the tractor or power tiller and turning radius of this machine was more than 3-5 m. Many of the farmers wanted to use the subsoiler which could put lime into soil and rupture soil at the same time.

For most of the orchard fields, soil penetration resistance in vehicle traffic area was increased quickly and reached about 1.0 MPa in 5 cm soil depth. As the soil depth increased to 15-20 cm, cone penetration resistance reached about 2.0-2.5 MPa which restricted root growth seriously. Thus it was concluded that one of the main reason for increasing the soil compaction in orchard fields was agricultural vehicle traffic. In the vicinity of fruit trees, compaction was not so serious compared to that of the vehicle traffic area, but as the soil depth increased to 20-25 cm, in most of the orchard fields soil penetration resistance reached about 2.0-2.5 MPa which was the root growth-limiting value. Considering the rooting depth of fruit trees which ranged 30-60 cm for apple, pear and peach, and 20-30 cm for grape, it was necessary to loosen the subsoil and improve the subsoil conditions using subsoiler.

**Keywords :** Soil compaction, Subsoiler. Soil penetration resistance, Rooting depth

#### 1. 서론

과수원에서의 토양 다짐은 트랙터 또는 스피드스프레이어 등 농업기계 및 농작업자의 빈번한 통행과 강우 등으로 발생한다. 최근에는 사용되고 있는 농업기계들이 점점 대형화 해짐에 따라 토양다짐의 정도도 심해지고 있으며 농민들의 토양다짐의 악영향에 대한 인식도 점차 확대 되고 있는 실정이다.

다. 토양다짐은 트랙터와 이에 부착된 작업기에 의한 경운작업, 관리작업, 그리고 수확작업 등에 의해 나타나며, 주원인은 타이어에 의해 일어난다. 농기계 타이어의 정적, 동적 하중은 토양을 누르게 되며, 대부분의 토양 다짐은 동적 하중에 의해 발생한다. 또한 차량의 통과횟수, 토양의 함수율, 타이어의 크기, 공기압, 슬립, 러그 등도 토양다짐에 영향을 미치는 요인들이다.

The article was submitted for publication on 2009-12-04, reviewed on 2009-12-11, and approved for publication by editorial board of KSAM on 2009-12-16. The authors are Donghoon Lee, Research Associate, KSAM member, Sungkyunkwan University, Suwon, Woopung Park, Professor, KSAM member, Hankyong University, Ansong, and Kyouseung Lee, Professor, KSAM member, Sungkyunkwan University, Suwon. Corresponding author: K. S. Lee, Professor, Dept. of Bio-Mechatronics Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, Gyeonggi, 440-746, Korea; Fax: +82-31-290-7828; E-mail:<seung@skku.edu>.

과도한 토양 다짐은 토양밀도의 증가를 가져오고, 이에 따라 토양의 공극율이 작아져 토양층의 산소공급 감소를 초래하게 되며, 또한 물의 투과 특성과 보수 특성을 변화시켜 물이 토양 속으로 스며드는 것을 저지하게 되어 물은 토양 위로 흘러 토양의 침식을 증가시킨다. 토양 다짐은 또한 토양저항력을 증가시켜 뿌리성장을 방해하고 이로 말미암아 작물 생산량을 감소시키는 효과를 가져온다. Gill과 Vanden Berg (1967)과 Raghavan 등(1979)은 농기계류의 사용에 따른 토양 다짐과 곡물의 생산량과의 관계에 관한 연구에서 토양 다짐은 수확량을 30~50%까지 감소시킨다고 보고하였다.

토양 다짐과 작물의 생육 간의 관계를 살펴보면 Cho 등 (2003)은 토양의 관입 저항이 14 MPa 이상이 되면 사과나무 뿌리의 생장이 저하됨을 밝혔고, Gorucu 등(2006)은 면화, 밀, 해바라기에 대하여 각각 20 MPa, 2.0-2.9 MPa, 2.0 MPa 이하를 유지해야 작물 뿌리의 생장이 지장을 받지 않는다고 보고하였다. Cho 등(1983)은 논에서 벼의 생장 기간 동안 수행한 조사를 바탕으로 벼의 생산량에 가장 큰 영향을 미치는 기준이 1.0 MPa 임을 밝혔다.

우리나라 과수원에서 토양관리를 위해 사용하는 작업기는 경운기 또는 트랙터 부착형 폭기식 또는 견인형 심토파쇄기가 대부분이다. 견인형 심토파쇄기는 자갈과 돌이 많은 산간 지 토양에 적응력이 떨어지고 과수의 뿌리에 의한 과부하 발생 등과 같은 진행 장애가 크기 때문에 잘 이용하지 않는 경향이다. 국외의 경우는 과수원의 재배관리를 위한 주요작업의 기계장치에 대한 기초 연구와 더불어 실용화 연구를 통해 이미 자주식 토양 개선기가 개발되었으나, 과수원의 재배양식과 경사지에 적용토록 고가의 장비가 대부분으로 우리나라에 적용은 불가능하다. 따라서 공동이용 또는 임대작업이 편리하고 우리나라의 과수원의 과수재배여건에 적합한 심토 환경 개량기의 개발이 필요한 실정이다.

따라서 본연구의 목적은 심토환경 개선기의 개발을 위한 기초연구로서 1) 과수원 심토층의 토양 다짐 정도와 2) 기존 농촌에서 사용되고 있는 심토개선 방법을 조사 분석하여 심토환경 개선기의 설계요인을 확보하는 것이다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 과수 및 수목의 심토관리기계 이용실태 조사

우리나라의 영농환경에 적합한 심토환경개선기를 개발하기 위하여 과수 및 수목 재배지의 심토관리에 사용되고 있는 작업기의 이용실태를 조사했다. 조사대상은 심토 파쇄기가 비교적 많이 이용되고 있는 청송, 울산, 옥천 등 3곳에서 사과, 배, 밤, 복숭아 그리고 포도 재배 농가를 중심으로 각 지역에서 약 20명 정도의 농민들을 직접 만나서 현장 조사 하였다. 이 중남부지역의 농민들은 과수원에서 폭기식 심토파

쇄기를 주로 이용하고 있었으며, 작업기의 종류 및 작업목적, 작업방법 등의 조사를 통해 현재 사용되는 심토관리방법의 현황과 문제점을 파악하고, 이후 개발되는 심토환경개선기의 설계에 반영하고자 했다.

### 나. 과수원 토양의 경도 특성 조사

우리나라 과수 재배의 대표적인 지역 중에서 작목 별로 2곳씩을 선택하여 5월부터 10월 사이에 측정하였다. 사과는 충북 제천 및 충주 지역, 배는 경기도 화성 및 충북제천 지역, 포도는 충남 천안지역 그리고 복숭아는 충북 감곡지역에서 각각 측정하였다. 측정은 심토환경 개선기의 성능에 직접적으로 영향을 미치는 토양경도를 중심으로 측정 분석하였으며, 이외에 토성, 겉보기 밀도, 토양전단저항계수 그리고 토양수분함량 등을 측정하였다.

Table 1 Specification of DIK-5520 Cone penetrometer

Measuring range	0.15~2.5 MPa (any depth of 30, 60 and 90 cm)
Spring	50 kg/50 mm
Cone	Top angle : 30°
	Cross sectional area : 2 cm <sup>2</sup>
Recording system	Automatic drum rotary recording
Outside dimensions	(W)250 × (D)110 × (H)1250 mm
Weight	Approximately 3 kg

#### 1) 토양 경도

토양 경도는 DIK-5520 모델(Daiki Rika Kogyo Co. LTD, Tokyo, Japan)의 원추관입 측정 장치(soil compaction meter)를 이용하여 측정하였다. 표 1 DIK-5520 모델의 사양을 보여주고 있다. 측정은 1개의 과수원에서 5곳을 임의로 선택하여 측정하였으며, 1곳에서 양쪽의 과수를 중심으로 과수 근접지 2지점으로서 과수로부터 50 cm 이내의 거리이며, 과수와 과수 사이의 중앙지점 그리고 작업차량이 통과하는 지역 2지점 등 모두 5지점에서 3반복으로 측정하였다.

#### 2) 겉보기 밀도

토양의 겉보기밀도는 용량 100 cc의 토양 채취관을 이용하여 측정하였다. 토양의 겉보기밀도는 표면의 토양을 걷어낸 후 약 8 cm 와 16 cm의 두 깊이에서 과수포장의 임의의 5곳을 선정하여 3반복으로 측정하였다.

#### 3) 토양전단저항계수

토양의 점착력과 내부마찰각은 SR-2 모델(Kiya Seisakusho LTD, Tokyo, Japan)의 토양 전단저항 측정 장치를 사용하여 과수포장의 임의의 5곳을 선정하여 3반복으로 측정하였다.

4) 토양수분함량

토양수분함량은 상기 측정변수의 측정지점에서 토양을 채취하여 오븐 건조법에 의해 측정되었다.

5) 토성

토성은 미농무성(USDA) 법(1993)에 의한 비중계법으로 분석하였다.

다. 과수원 심토부의 토양경도 분석

토양의 다짐 정도가 일반 작물 뿐 아니라 과수의 생육에도 큰 영향을 미친다는 보고는 상당히 많다(Park, 1997; Barley, 1963; Cho et al., 2005). 지금까지 일반 작물 및 과수 뿌리의 생육과 토양 관입저항 사이의 역학성을 규명한 연구에 의하면 대체로 1.0 MPa까지는 뿌리의 생육에 문제가 없으나 1.0-1.5 MPa부터는 토양의 저항으로 인해 뿌리의 생육에 문제가 발생하기 시작하며 2.0-2.5 MPa 이상에서는 뿌리의 생육이 거의 불가능한 것으로 보고되고 있다(Taylor and Gardner, 1963; Ehler et al., 1983; Sojka et al., 1990). 따라서 본 연구에서는 뿌리생육이 거의 불가능한 2.5 MPa 까지 토양 경도를 측정 분석하였다. 특히 과수원의 토양의 위치 중에서 과수 근접지의 심토의 토양 상태는 과수의 생육과 직접적으로 관련이 있으며 이를 주요한 분석의 기준으로 조사 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 국내 과수 및 수목 심토관리 기계 이용실태

현재 국내의 과수 재배 농가에서 수목의 심토 관리에 사용되는 작업기는 대부분 심토층의 토양 경도를 경감시킬 수 있는 폭기식이거나 구굴에 의해 퇴비구를 조성할 수 있는 기계들이었다. 그러나 동일한 폭기식 심토파쇄기를 사용하더라도 지형이나 영농환경에 따라 동력을 공급하는 원동기로는 경운기, 트랙터, 관리기, 포크레인 등 여러 종류가 사용되고 있었으며 이용방법 또한 영농환경에 따라 다양하였다.

토양개량의 생력화를 위해서는 대부분의 농가가 심토 파쇄기에 의한 폭기와 동시에 석회를 사용할 수 있는 기능을 원하고 있었다. 그러나 분체통로의 막힘과 호퍼상의 적체로 분체주입기능의 지속적 사용이 어려운 형편이며, 분체의 흡습 정도나 통로의 막힘 상태에 따라 분출되는 석회량도 매우 가변적이며, 분사량도 부족한 것으로 조사되었다. 작업기를 경운기나 트랙터의 후방에 장착했을 경우 선회반경이 3-5 m 이상으로 수목이 우거진 산림이나 과수원내에서 기동성 떨어지고 조작이 어려운 것으로 나타났다. 또한 트랙터 3점치에 작업기를 장착할 경우 리프트 유압실린더의 단동구동 특성 때문에 폭기노즐이 토양 중에 관입하는 동안 트랙터의 하중전이가 어려워 단단한 토양이나 관입부하가 크게 걸리는 토양에서는 별도의 고정 장치가 필요한 것으로 나타났다.

상기의 조사 결과로부터 수목의 심토환경을 개선하는데 필요한 심토환경개선기는 다음 사항이 고려되어 설계되어야 한다고 판단되었다.

- 1) 경사지주행 안전성, 작업편이성, 공동이용 제고를 위하여 자주식으로 설계 되어야 한다.
- 2) 과수 및 수목의 뿌리생육을 촉진하기 위하여 압축공기를 이용한 토양파쇄와 동시에 토양개량제를 투입 할 수 있어야 한다.
- 4) 기체의 길이는 가능한 짧게 하여 선회시 회전반경을 2.5 m 이내로 하여 수목 내에서 기동성을 높일 수 있도록 해야 한다.
- 5) 주행부는 웨도형으로 하여 경사지 적응성을 높일 수 있어야 한다.
- 6) 석회 등 토양개량제를 심토부에 주입하기 위하여 분체를 폭기장치 까지 원활히 공급할 수 있는 분체공급 호퍼 및 막힘 방지장치를 적용해야 한다.

나. 과수원 토양의 심토 환경

표 2는 각 지역의 과수원에서 측정된 토양의 물리적 특성

Table 2 Soil physical properties measured in orchard fields

Region	Moisture Content (%)	Bulk Density (kg/m <sup>3</sup> )	Cohesion (kPa)	Internal frictional angle (deg.)	Composition			Texture
					Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	
Jecheon-1	29.49	1492.5	10.30	24.33	54.6	31.3	14.1	SL
Jecheon-2	28.52	1430.2	9.52	25.67	56.4	29.2	14.4	SL
Gangok-1	32.65	1535.7	12.81	28.57	11.4	65.4	23.2	SiL
Gangok-2	30.04	1536.2	12.14	26.63	22.6	51.6	25.8	SiL
Cheonan-1	35.87	1498.8	11.65	26.38	14.7	56.7	28.6	SiCL
Cheonan-2	31.10	1587.6	9.39	28.24	57.7	27.3	15.0	SL
Hwasung-1	28.46	1536.3	10.20	26.65	53.2	30.9	15.9	SL
Hwasung-2	30.69	1497.4	11.03	29.47	16.4	65.5	18.1	SiL
Choongju-1	26.86	1518.2	7.17	32.66	8.7	76.7	14.6	SiL
Choongju-2	31.31	1566.1	8.76	27.68	7.3	72.6	20.1	SiL

을 보여 주고 있다. 측정시기의 과수원 토양의 수분함량은 25-35%(d.b.)로서 상당히 건조한 상태인 것으로 조사 되었다. 토양의 겉보기 밀도는 지역에 따라 1430-1560 kg/m<sup>3</sup>로 나타났다. 조사지역의 토성은 10곳 중 5곳은 미사질양토(SiL), 4곳은 사질양토(SiL) 그리고 1곳은 미사질 식양토(SiCL)이었다.

### 1) 사과 과수원

그림 1은 제천 사과밭에서 과수로부터의 거리에 따른 각 지점별 토양 깊이에 따른 토양경도의 변화를 보여 주고 있다. 이 그래프는 각 지점에서 3반복으로 측정된 값의 평균값을 이용하여 작성한 것이다. 이 그래프에 의하면 작업차량이 자주 운행되는 지점의 토양경도는 같은 과수원 지역 내에서의 다른 지점에 비해 상대적으로 높은 것을 알 수 있다. 이것으로부터 대형농기계의 사용이 토양다짐에 아주 큰 영향을 주고 있다는 것을 알 수 있다. 이 지점의 경우 표토로부터 깊이 6-8 cm에서 뿌리의 생육이 거의 불가능한 2.5 MPa를 넘고 있어 이 지점에서의 뿌리생육은 토양다짐에 의해 크게 제한 받을 수 있다는 것을 알 수 있다. 과수 근접지에서도 뿌리 생육의 한계 토양 경도인 2.5 MPa 깊이가 12 cm 정도로 과수 뿌리의 토양침투 깊이를 고려한다면 이 과수원의 심토는 아주 심하게 다져져 있다고 판단된다. 토양상태를 전체적으로 살펴보면 표토에서 토양 깊이가 조금씩 깊어짐에 따라 관입 저항이 급격히 증가하며 작물의 뿌리생육이 토양의 다짐 정도에 영향을 받기 시작하는 토양경도인 1.0 MPa의 깊이가 조사지점 전체에 걸쳐 10 cm 이내로 나타나 있다. 사과 뿌리는 수직으로는 0-50 cm에 가장 많이 분포하고 일반적으로는 100 cm 이상까지도 내려가며, 수평으로는 10-20 m까지 분포되는 것을 감안하면(Kim et al., 2004) 이 과수원의 경우 통행로를 포함한 전 지역에서 어떠한 형태로든 심토의 다짐 정도를 완화해서 심토의 환경개선이 필요한 것으로 나타났다.

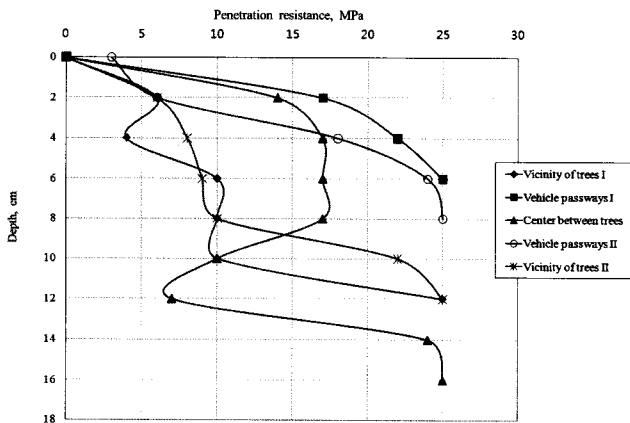


Fig. 1 Changes of soil penetration resistance corresponding to depth in apple orchard 1.

### 2) 배 과수원

그림 2는 제천의 배 과수원에서의 깊이에 따른 토양경도 특성을 보여주고 있다. 이 과수원은 조성 된지가 3년 정도로 농업기계에 의한 토양다짐 정도가 같은 제천 지역임에도 불구하고 앞의 사과 밭에 비해 비교적 심토의 환경이 양호한 상태임을 알 수 있다. 그러나 작업차량이 통과하는 지점의 토양 경도는 지표에서부터 급격히 증가하여 토양깊이 10 cm에서 과수 뿌리의 생육이 크게 영향을 받는 토양 경도인 1.5 MPa에 이르는 것으로 나타나 농업기계의 통행이 토양다짐의 주요원인임을 알 수 있다. 배의 뿌리가 주로 분포하는 40-50 cm 깊이의 토양 경도를 전체적으로 살펴보면 0.8-2.5 MPa로 배 밭에서도 토양경도를 완화시키는 작업이 필요함을 알 수 있다.

### 3) 복숭아 과수원

그림 3은 감곡 지역의 복숭아밭에서 깊이에 따른 토양 경도 특성을 보여주고 있다. 복숭아밭도 사과밭과 같이 심토의 토양 다짐 상태는 아주 심각한 것으로 나타났다. 이 경우에도 측정지점에 상관없이 토양의 깊이가 커짐에 따라 토양 경도가 급격히 증가하여 생육에 영향을 주기 시작하는 토양경도인 1.0 MPa의 깊이는 10 cm이내, 그리고 뿌리의 생육을 크

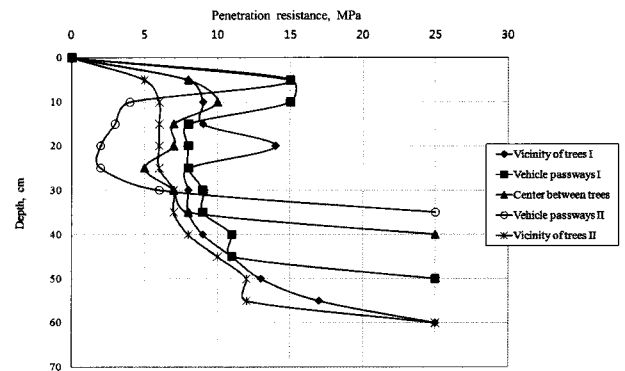


Fig. 2 Changes of soil penetration resistance corresponding to depth in pear orchard.

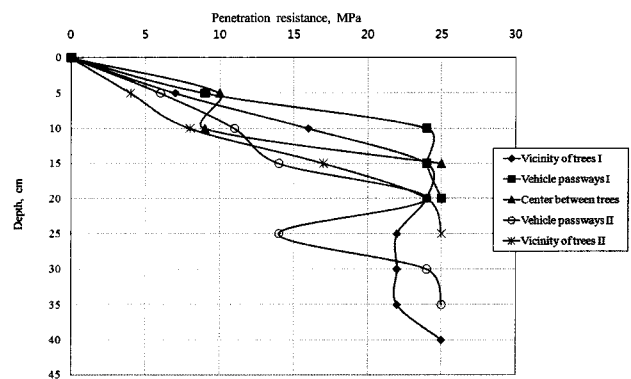


Fig. 3 Changes of soil penetration resistance corresponding to depth in peach orchard.

게 저해하는 토양경도인 2.0 MPa에 해당하는 토양깊이가 측정 전 지점에 걸쳐 20 cm 이내인 것으로 나타나 복숭아의 잔뿌리를 포함한 대부분의 뿌리가 깊이 25-50 cm 전후에 분포하고 있는 점을 감안할 때(Ko et al., 1999)는 측정 지점에 상관없이 전체적으로 복숭아밭도 심토 환경 개선이 아주 필요한 것으로 판단된다.

4) 포도 과수원 1

그림 4는 천안지역에서 논을 포도밭으로 변경하여 포도를 재배하는 과수원에서의 깊이에 따른 토양 경도 특성을 보여 주고 있다. 차량이 통과하는 지점에서의 토양경도는 토양깊이가 증가함에 따라 급격히 증가하여 토양깊이 15 cm에서 과수 뿌리의 생육이 거의 불가능한 2.5 MPa를 넘는 것으로 나타났다. 과수 근접지를 살펴보면 근접지 1에서는 토양경도가 급격히 증가하여 토양깊이 5 cm에서는 거의 20 kgf/cm<sup>2</sup>에 다다르고 있으나, 근접지 2에서는 서서히 증가하여 2.0 MPa 깊이에서는 2.5 MPa에 이르고 있는 것으로 나타나 약간의 차이는 있으나 토양깊이 20 cm 이내에서 두 경우 모두 2.5 MPa에 근접하고 있어 근권부의 토양경도 상태가 상당히 좋지 않음을 알 수 있다. 포도가 천근성 과수로서 대분의 뿌리가 20-30 cm 에 분포하고 있는 점을 감안하더라도 측정이 이루어진 천안 지역의 포도과수원에서의 심토환경도 개선이 시급한 것으로 판단되었다.

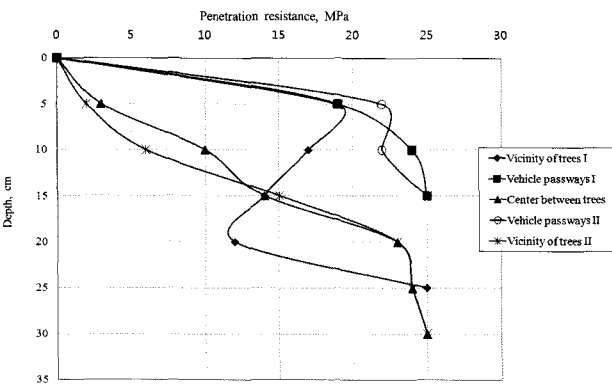


Fig. 4 Changes of soil penetration resistance corresponding to depth in grape orchard transformed from rice field.

5) 포도 과수원 2

그림 5는 일반 포도밭에서의 깊이에 따른 토양 경도 특성을 보여 주고 있다. 이 과수원의 경우 작업차량통행로와 포장 중앙은 토양의 깊이에 따라 토양경도가 급격히 증가하여 5 cm 전후에서 토양의 경도가 1.5 MPa에 근접하고가 있음을 알 수 있다. 이와 같이 과수와 과수의 중앙 지점에서의 토양 경도가 차량통행로와 비슷한 것은 이 지점도 차량의 통행으로부터 영향을 받은 것으로 판단된다. 과수 근접지 1의 경우

토양 깊이가 커짐에 따라 토양경도는 서서히 증가하여 15 cm까지는 뿌리 생육에 지장이 없는 0.8 MPa이었으나, 이후에는 급격히 증가하여 토양깊이 20 cm에서는 뿌리생육이 거의 불가능한 2.5 MPa에 거의 근접함을 알 수 있다. 과수 근접지 2의 경우에는 토양깊이 5 cm 까지 토양 경도가 급격히 증가하여 1.5 MPa가 되었으며 이후에는 천천히 증가하여 깊이 20 cm에서는 과수 근접지 1과 마찬가지로 뿌리생육이 거의 불가능한 2.5 MPa에 도달하였음을 알 수 있다. 위의 결과로 미루어 볼 때 과수 근접지에서의 토양 다짐 정도도 상당히 심각함을 알 수 있으며, 포도의 뿌리분포가 대부분 20 cm 전후에서 그 이상이라는 것을 감안하면 이 포도 과수원의 심토 환경도 개선이 필요한 것으로 판단된다.

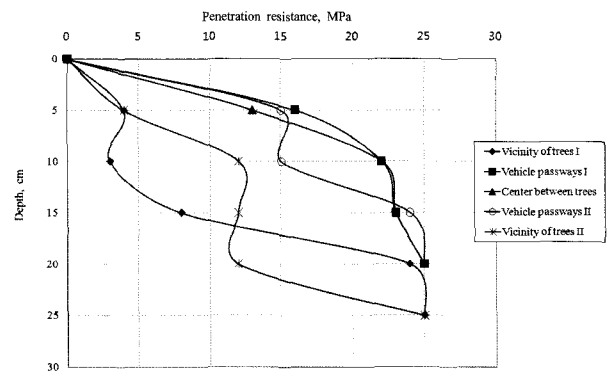


Fig. 5 Changes of soil penetration resistance corresponding to depth in grape orchard.

6) 기타 지역

표 3은 상기 지역 외에서의 토양 경도 자료를 표로 정리한 것이다. 표에 나타난 근접지 데이터는 각 지역 별로 과수 근접지에서 측정된 모든 데이터의 평균값이며, 또 다른 데이터는 각 측정 지역에서 차량통행로와 과수 사이의 중심지점에서 측정된 모든 데이터의 평균값을 나타낸다. 이 표에서 알 수 있듯이 거의 모든 지역에서 과수 근접지의 토양경도는 차량통행로를 포함하는 기타 지역에 비해 낮은 것으로 나타났다. 그러나 15 cm 부근에서 토양 경도가 급격히 증가하여 20 cm 부근에서 뿌리의 생육이 어려운 토양 경도인 2.0-2.5 MPa에 도달하고 있음을 알 수 있다. 차량통행로와 과수 중심지점의 토양경도 상황은 차량통행에 영향을 받아서 과수 근접지에 비해 깊이에 따라 토양 경도가 급하에 증가하여 15 cm 부근에서 대부분 뿌리의 생육이 어려운 토양 경도인 2.0-2.3 MPa에 도달하고 있음을 알 수 있다.

전 지역의 토양 경도 자료를 종합적으로 검토하면 제천의 배 재배 지역과 화성 2의 배재배 지역을 제외한 대부분의 지역에서 재배 과수에 상관없이 차량통행로의 토양경도는 깊이에 따라 급격히 증가하여 10 cm 부근에서 뿌리의 생육에 영향을 미치는 토양 경도인 1.0 MPa 경도를 넘고 있으며, 15 cm

**Table 3** Soil cone index measured in other orchard fields using DIK 5520 model cone penetrometer (unit : MPa)

Region		Depth						
		5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	35 cm
Hwasung-1 (Pear)	Vicinity of trees	7	10	18	23	25		
	Vehicle passways & Center between trees	12	15	22	25			
Hwasung-2 (Pear)	Vicinity of trees	4	8	6	12	14	20	25
	Vehicle passways & Center between trees	9	16	15	20	25		
Choongju-1 (Apple)	Vicinity of trees	10	17	15	19	25		
	Vehicle passways & Center between trees	17	18	20	25			
Choongju-2 (Apple)	Vicinity of trees	9	8	12	20	25		
	Vehicle passways & Center between trees	12	15	23	25			
Gamgok-2 (Peach)	Vicinity of trees	6	8	16	18	25		
	Vehicle passways & Center between trees	10	12	20	25			

부근에서는 뿌리의 생육이 어려운 토양 경도인 2.0 MPa를 넘고 있는 것으로 분석되어 과수원에서의 농업기계사용이 토양 다짐에 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 과수 근접지의 경우에는 차량통행로 또는 과수 사이의 중심지역에 비해 토양 다짐 상태가 조금은 양호한 편이나 이 지점에서의 토양 경도도 토양깊이 20 cm 정도에서는 뿌리의 생육이 어려운 토양 경도인 2.0 MPa에 도달하고 있는 것으로 분석되었다. 최근성인 포도를 제외한 대부분 과수 뿌리의 분포가 30-50 cm 깊이에 분포하고 있음을 감안하면 과수원에서 깊이 20 cm 이상의 심토는 심토파쇄기 등에 의해 파쇄하여 토양 경도를 경감시킴으로서 심토의 환경을 개선 필요가 있다고 판단된다.

#### 4. 요약 및 결론

본 연구는 심토환경 개선기의 개발을 위한 기초연구로서 기존 농촌에서 사용되고 있는 심토개선 방법과 과수원 심토층의 토양 다짐 정도를 조사 분석하여 심토환경 개선기의 설계요인을 확보하기 위해 수행되었으며 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 현재 국내의 과수 재배 농가에서 수목의 심토 관리에 사용되는 작업기는 대부분 심토층의 토양 경도를 경감시킬 수 있는 폭기식이거나 구굴에 의해 퇴비구를 조성할 수 있는 기계들이었다.
- (2) 동력을 공급하는 원동기로는 경운기, 트랙터, 관리기, 포크레인 등 여러 종류가 사용되고 있었으며 이용방법 또한 영농환경에 따라 다양하였다. 작업기를 경운기나

트랙터의 후방에 장착했을 경우 선회반경이 3~5 m 이상으로 수목이 우거진 산림이나 과수원내에서 기동성이 떨어지고 조작성이 어려운 것으로 나타났다.

- (3) 토양개량의 생력화를 위해서는 대부분의 농가가 심토파쇄기에 의한 폭기와 동시에 석회를 시용할 수 있는 기능을 원하고 있었다. 그러나 분체통로의 막힘과 호퍼상의 적체로 분체주입기능의 지속적 사용이 어려운 형편이며, 분체의 흡습정도나 통로의 막힘 상태에 따라 분출되는 석회량도 매우 가변적이며, 분사량도 부족한 것으로 조사되었다.
- (4) 대부분의 지역에서 재배 과수에 상관없이 차량통행로의 토양경도는 깊이에 따라 급격히 증가하여 10 cm 부근에서 토양 경도가 1.0 MPa를 넘고 있으며, 15~20 cm 부근에서는 뿌리의 생육이 어려운 토양 경도인 2.0~2.5 MPa를 넘고 있는 것으로 분석되어 과수원에서의 농업기계사용이 토양 다짐에 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.
- (5) 과수 근접지의 경우에는 차량통행로 또는 과수 사이의 중심지역에 비해 토양 다짐 상태가 조금은 양호한 편이나 이 지점에서의 토양 경도도 토양깊이 20 cm 정도에서는 뿌리의 생육이 어려운 토양 경도인 2.0 MPa에 도달하고 있는 것으로 분석되었다.
- (6) 최근성인 포도의 경우 잔 뿌리를 포함한 대부분의 뿌리가 토심 20~30 cm, 다른 과수의 경우 30~60 cm에 분포하고 있으며 깊이는 100 cm 가까이 까지 분포하는 점을 감안하면 조사 대상 과수원 대부분에서 토심 20 cm 이상의 토양은 심토파쇄기 등에 의해 파쇄하여 토양 경도를 완화시켜 심토의 환경을 개선 필요가 있다고 판단된다.

## 참고 문헌

1. Barley, K. P. 1963. Influences of soil strength on growth of roots. *Soil Science* 96:175-180.
2. Cho, H. J., L. Y. Kim, H. S. Lee and K. S. Lee. 2005. Effect of soil compactions to soil physical properties at the orchard field. The 7th ESAFS International Conference. Quezon City, Philippines.
3. Cho, I. S., J. N. Im, J. D. So, S. Y. Lee and D. U. Choi. 1983. The effects of soil physical improvement on rice yields at fine textured fluvio-marine paddy field. *Journal of Korean Society of Soil Science and Fertilizer* 16(2):92-97.
4. Cho, H. J., L. Y. Kim, H. S. Lee and K. S. Lee. 2003. Effects of soil compaction to soil physical properties at the orchard field. 2003 Resreach of Agricultural Environment. pp. 232-244. RDA, Suwon, Korea.
5. Ehlers, W., V. Popke, F. Hesse and W. Bohm. 1983. Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loam soil. *Soil and Tillage Research* 3:261-275.
6. Gill, W. R. and G. E. Vanden Berg. 1967. Soil Dynamics in Tillage and Traction. Handbook 316. Agricultural Reserch Service, U. S. Dept. Agriculture, Washington D. C., USA.
7. Gorucu, S., A. Khalilian, Y. J. Han, R. B. Dodd and B. R. Smith. 2006. An algorithm to determine the optimum tillage depth from soil penetrometer data in coastal plain soils. *American Society of Agricultural and Biological Engineers* 22(5):625-631.
8. Kim, J. C., K.C. Ko and K. R. Kim. 2004. An Outline of Pomology. pp. 182-183. Hyangmunsa publishing Co., Seoul, Korea.
9. Ko, G. C., S. G. Kim, Y. S. Yu. 1999. Temperate-zone Pomology : Physiology and Culture. pp. 126-128. Seowon publishing Co., Seoul, Korea.
10. Park, W. H. 1997. Break Even Plan of Applying SS Machines in Apple Orchard Farms. Report of Gyeonsanbuk-Do Agricultural Research & Extension Services.
11. Raghavan, G. S., V. E. Mckyes, F. Taylor, P. Richard and A. Watson. 1979. The relationship between machinery traffic and corn yield reductions in successive years. *Transaction of the ASAE* 22(4):1256-1259.
12. Soil Servey Division Staff. 1993. Soil Servey Manual. Soil Conservation Service. U. S. Department of Agriculture Hand-book 18.
13. Sojka, R. E., W. J. Busscher, D. T. Gooden and W. H. Morrison. 1990. Subsoiling for sunflower production in the southeast Coastal Plains. *Soil Science of America Journal* 54(4):1107-1112.
14. Taylor, H. M. and H. R. Gardner. 1963. Penetration of cotton seedling taproots as influenced by bulk density, moisture content and strength of soil. *Soil Science* 96(3):153-156.