

경상남도 산청군 밤나무 재배지의 조성 기간에 따른 토양 및 잎 양분 특성

김춘식* · 안현철 · 조현서 · 임종택¹ · 변재경²

경남과학기술대학교 산림자원학과, ¹경상남도 산림환경연구원, ²국립산림과학원

Soil and Leaf Nutrient Properties by Establishment Periods of Chestnut (*Castanea crenata* Sieb. et. Zucc.) Orchards in Sancheong-gun

Choonsig Kim*, Hyun-Chul An, Hyun-Seo Cho, Jong-Taek Lim¹, and Jae-Kyeong Byun²

Department of Forest Resources, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 660-758, Korea

¹Gyeongsangnam-do Forest Environment Research Institute, Jinju 660-860, Korea

²Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

Optimum soil management of chestnut orchards is important to ensure high quality and yields of chestnut. This study was conducted to evaluate soil and green leaf characteristics by establishment periods of chestnut (*Castanea crenata* Sieb. et. Zucc.) orchards in Sancheong-gun, Gyeongsangnam-do. Total 30 plots with the criteria of similar cultivation practices were chosen and classified into two establishment periods by over 20-year-old orchards (17 plots) and below 19-year-old orchards (13 plots). Soil bulk density was significantly higher ($p < 0.05$) in over 20-year-old (1.16 g cm^{-3}) than in below 19-year-old (1.03 g cm^{-3}) plots. Soils in over 20-year-old plots were severely acidified with pH 4.56 compared to pH 4.73 in below 19-year-old plots. However, soil organic matter, total nitrogen, available phosphorus, and potassium were not significantly different ($p > 0.05$) between both establishment periods. Leaf area, leaf mass, and nutrient (N, P, K, Ca, Mg) concentration of green leaves were also not significantly different ($p > 0.05$) between both establishment periods. The results indicate that soil bulk density in chestnut orchards is dependent on the establishment periods, while soil chemical property and leaf nutrient concentration may be little influenced by the establishment periods.

Key words: *Castanea crenata*, Chestnut, Leaf nutrient, Soil nutrient, Soil properties

서 언

밤나무는 토양 pH 4.8~5.8 범위의 산성토양에 적응성이 높은 호산성 수종으로 알려져 있으며 (Chung and Park, 1978; Kim et al., 2007b) 화강암이나 화강편마암 같은 산성암을 모재로 생성된 우리나라 산림토양은 밤나무 재배 가능성이 넓어 21,465호의 농가가 평균 2.4 ha의 면적을 소유하고 있는 것으로 알려져 있다 (Kim, 2010). 그러나 국내 밤나무 재배지는 70~80년대 집중적으로 조성되어 밤나무의 노령화, 토양의 산성화에 따른 지력 약화, 재배자의 노령화 등으로 인하여 재배환경은 현재 매우 열악한 실정이며, 특히 토양 내 필수 양분결핍, 제초제 과다 사용으로 인한 토양의 견밀화 등으로 재배 면적의 약 53%가 쇠퇴 단계에 진입한 것으로 보고되고 있다 (Korea Forest Service, 2004).

국내에서는 1970년대 중반에서 1980년대 초반까지 밤나무 재배 및 수확과 관련한 비교적 많은 연구가 수행되었으며 밤나무의 적정 시비 및 토양 비배 관리는 밤 수확의 성패를 좌우할 만큼 중요한 것으로 알려져 있다 (Chung, 1980; Chung and Park, 1978; Chung et al., 1982). 특히 밤 재배지의 낙과 방지 및 밤 수량 증대를 위한 붕소비료의 처방은 밤 생산성 향상 및 수익 증대에 크게 기여하였으며 밤나무 재배지의 토양 관리와 관련한 가장 우수한 사례가 되고 있다. 또한, 일조량이 부족할시 마그네슘비료의 시비 효과가 탁월하였으며 무시비구에 비해 약 7배 증수 효과가 있는 것으로 조사된 바 있다 (Chung et al., 1982).

최근 밤나무 재배지는 퇴비 같은 유기질 비료보다는 화학비료 및 제초제의 과다사용으로 인한 토양성질 악화 (MAF, 2005)로 밤 품질 및 생산성 저하와 함께 농가 소득의 감소가 초래될 것으로 예측된다. 또한, 밤나무 재배지의 경우 밤 수확을 위해 매년 시비, 제초 등 다양한 재배지 관리로 인하여 다양한 토양특성을 보이는 것으로 알려져 있다 (Kim et

접수 : 2011. 11. 20 수리 : 2011. 12. 16

*연락처 : Phone: +82557513247

E-mail: ckim@gntech.ac.kr

al., 2007a; Lee et al., 2006). 이러한 토양특성 중 토양 pH의 경우 1970년대는 pH 5.4 정도였으나 2000년에는 pH 4.7로서 재배경과 시간에 따른 정시적 변화가 뚜렷하였다 (Kim et al., 2007b). 타 과수에서 재배과정동안 발생하는 토양특성 변화로 복분자 재배지 토양의 경우 6년 정도의 단기간 동안 유기물, 유효인산, 칼륨 함량 등의 화학적 특성변화가 뚜렷하였으며 (Lee et al., 2010), 단감의 경우 과원조성 년수와 토양 pH, 유기물 함량, 유효인산, 칼륨은 양의 상관성이 있는 것으로 보고된 바 있다 (Ha et al., 1982).

잎 내 양분분석은 양분결핍 판정이나 시비효과 분석을 위해 토양특성 분석과 함께 가장 일반적으로 실시하는 방법으로 이는 잎이 식물 대사 작용의 중요한 부분을 차지하며 토양 내 양분공급의 정도에 따라 성분함량이 민감하게 반응하기 때문이다 (Kowalenko, 1996; Westerman, 1990). 특히 복숭아, 개암나무, 단감 같이 산지에 주로 식재되는 과수의 잎 내 양분함량은 토양특성과 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다 (Ha et al., 1982; Kowalenko, 1996; Seo et al., 2002).

밤나무 재배지 조성이후 토양특성 변화의 이해가 재배지의 효과적인 토양관리를 위한 필수적인 정보를 제공하지만 아직까지 이 분야에 대한 자료는 미흡한 편이다. 본 연구는 경상남도 밤나무 재배지 중 토양산성도가 가장 심하고 토양특성이 열악한 것으로 알려진 (Kim et al., 2007a) 산청군 지역을 대상으로 밤나무 재배지의 조성 기간이 토양특성 및 잎 내 양분함량에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

조사지의 일반현황 밤나무 재배지의 토양특성은 토양생성 모재나 재배관리방법에 따라 차이 (Kim et al., 2007a)가 있어 지역 간 공간적 변이를 최소화하기 위해 경상남도 산청지역 신안면과 단성면의 두 개 면을 대상으로 하였다. 조사구는 밤나무 재배면적이 넓고 집약적 재배가 실시되는 밤나무 재배지를 면사무소로부터 추천을 받아 30개소를 선정하였다. 밤은 식재 후 8년에서 18년 사이에 가장 많은 생산량을 보이는 반면, 그 이후에는 생산량이 급속히 감소하기 때문에 (Chung and Park, 1978) 본 연구에서는 조성 기간 차이를 19년 이하와 20년 이상 재배지로 구분하였으며 일부 20년 이상 재배하였으나 식재년도가 불확실한 경우 > 20년으로 표기하였다 (Table 1).

밤나무 재배는 년 평균기온 9~14°C와 강수량 1,100 mm 이상인 지역이 기상요인에 의한 재배 적지로서 (Chung and Park, 1978) 본 조사지의 경우 최근 30년 동안 년 평균 기온 12.7°C, 강수량은 1,479 mm 로 밤나무 재배 적지에 속하고 있다. 지질은 각섬석 흑운모 편암, 화강편마암, 세립질 화강

편마암 등 대부분 지역이 편암이나 편마암이 분포한다. 재배지내 하층식생은 미국자리공, 청미래덩굴, 닭의장풀, 산딸기, 개망초, 쑥, 땅비싸리, 고사리, 쯤, 산딸기, 야까시나무 등이 분포하며, 개망초, 닭의장풀, 미국자리공 등은 조사구 전역에 공통적으로 출현하였다. 조사지의 밤나무는 조성된 지 12~40년 정도이나 30년 이상의 노령림이 많이 분포하고 밤나무 줄기마름병, 고사목, 고사지, 신초 및 신엽의 고사, 밤나무 흑별 같은 병해충이 심하게 발생하여 밤나무 쇠퇴증상이 전 지역에서 뚜렷하게 나타나고 있으며, 일부 밤나무 재배지의 경우 어린 밤나무를 보식하여 후계림을 조성하고 있으나 고사율이 높아 밤나무 갱신에 어려움이 있다.

토양특성 토양특성 조사를 위한 조사구 선정은 2007년 7월 말에서 8월 초 조사지를 대표할 수 있는 지점을 대상으로 10 × 10 m 크기의 조사구를 1개 선정하고 식재된 밤나무 임목에 대하여 흉고직경은 직경테이프, 수고는 12 m까지 측정이 가능한 수고봉을 이용하여 조사하였다. 토양특성은 조사구를 대표할 수 있는 지점을 선정한 후 표토로부터 5~10 cm 깊이를 대상으로 100 cm³ 스테인레스 캔을 이용하여 토양시료를 채취, 비닐 테입으로 밀봉한 후 실험실로 운반하고 105°C 건조기에서 항량에 도달한 후 무게를 측정, 토양용적 밀도, 공극률 및 삼상을 계산하였다. 토양 화학적 특성 분석을 위한 시료는 밤나무 재배지의 경우 대부분 매년 유기질 퇴비를 표면 시용하기 때문에 퇴비의 직접적인 영향을 최소화하기 위해 0~5 cm 이내 표토층을 제거하고 토양채취기 (Oakfield) 를 이용하여 임의로 선정한 5~10개소 지점으로부터 토양깊이 20 cm까지의 토양 시료를 채취하였다. 채취된 토양은 비닐주머니에 밀봉한 후 실험실로 운반하여 음건한 후 2 mm 체를 이용하여 토양분석용 시료를 조제하고 토양 pH, 유기물 함량, 전질소, 유효인산, 치환성 양이온 함량, 양이온치환용량 등을 분석하였다 (NIAST, 2000).

잎내 양분 특성 식물체 영양진단을 위한 잎 분석 시료 채취는 일반적으로 북반구 온대 낙엽활엽수의 잎 내 양분이 가장 안정된 시기로 알려진 (Westerman, 1990) 2007년 8월 1일과 2일 사이에 밤나무 건전목을 대상으로 3본을 선정하고 상층수관으로부터 건전한 밤나무 잎을 고지전정가위를 이용하여 약 100 g씩 채취하였다. 채취한 신선한 잎은 실험실로 운반하고 병충해 피해가 없는 건전 잎 20개씩을 임의로 선별한 후 스캐너가 부착된 Potable leaf area meter (Model CI-202, USA) 를 사용하여 잎 면적을 측정하였다. 잎 면적을 측정할 때는 65°C 건조기에서 항량에 도달할 때까지 건조한 후 건조량을 측정하였고, 건조한 잎 시료는 Willey mill 을 이용하여 분쇄한 후 잎 내 질소, 인, 칼륨, 칼슘, 마그네슘함량을 분석하였다 (NIAST, 2000).

Table 1. Location and characteristics of the study sites in Sancheong-gun, Gyeongsangnam-do.

Plot number	Location	Area	Age	Mean DBH [†]	Mean height	Tree density
		ha	yrs	cm	m	trees 100 m ⁻²
1	Danseongmyon Bangmokri San 78	3	18	24.2	5.7	5
2	Danseongmyon Changchonri San 135	3	17	19.8	9.2	3
3	Danseongmyon Dangsanri San 56	3	18	20.2	7.4	3
4	Danseongmyon Gangnuri San 20-1	1	17	28.4	8.8	3
5	Danseongmyon Gilri San 184-1	5	18	9.5	6.0	4
6	Danseongmyon Ikseokri San 75-1	2	18	6.8	3.4	6
7	Danseongmyon Ikseokri San 116	2.7	17	14.1	7.8	3
8	Danseongmyon Sawolri San 214-1	3	18	21.5	7.4	3
9	Danseongmyon Seongnaeri San 21-1	3	18	10.5	5.9	3
10	Shinanmyon Anbongri San 118	3	15	13.8	7.0	4
11	Shinanmyon Jungchonri San 125	2	17	20.7	6.0	3
12	Shinanmyon Shinanri San 42-1	4	12	13.3	6.6	5
13	Shinanmyon Ueigori San 198-1	2.5	15	12.1	6.1	3
14	Danseongmyon Bakunri San 68	3	>20	20.7	7.6	3
15	Danseongmyon Bakunri San 90	3	>20	12.8	7.3	6
16	Danseongmyon Bangmokri San 37-36	2.5	>20	18.2	7.8	4
17	Danseongmyon Changchonri San 130	2.5	>20	10.3	6.4	5
18	Danseongmyon Chunggeiri San 55-1	3	>20	11.7	5.1	4
19	Danseongmyon Gilri San 139	4	>20	18.5	6.5	2
20	Danseongmyon Sawolri San 37-1	3	>20	8.7	4.1	4
21	Danseongmyon Seongnaeri San 20	4.8	>20	12.9	6.9	6
22	Shinanmyon Anbongri San 123	2	>20	13.5	6.1	4
23	Shinanmyon Anbongri San 154	2	>20	18.1	9.2	4
24	Shinanmyon Anbongri San 211-4	1.5	32	22.8	10.7	3
25	Shinanmyon Hajeongri San 35-530	5	25	17.3	4.8	3
26	Shinanmyon Hajeongri San 108-5	3	>20	10.0	8.5	3
27	Shinanmyon Mundaeri San 30	2	35	16.9	9.4	3
28	Shinanmyon Shinanri San 133-15	3	>20	16.0	6.0	3
29	Shinanmyon Shinanri San 137-2	3	>20	15.2	6.8	6
30	Shinanmyon Ueisonagri San 114	3	>20	12.2	6.1	2

[†]DBH, Diameter at breast height.

자료분석 수집된 자료는 20년 이상과 19년 이하의 밤나무 재배지 조성 기간에 따른 토양특성 및 잎 내 양분특성의 차이를 t-test (SAS Institute, 1989) 이용하여 유의수준 $p=0.05$ 에서 검정하였다.

결과 및 고찰

재배지 현황 밤나무 재배지의 조사구당 임목본수는 2분에서 6분정도 분포하였고 19년 이하 재배지가 평균 3.7본 100 m⁻², 20년 이상 재배지가 평균 3.8본 100 m⁻²로 조성 기간에 따른 뚜렷한 차이는 없었으며 경남지역 밤나무 재배지의 평균 본수 3.4본 100 m⁻² (Kim, 2010)과 유사하였

다. 평균 흉고직경은 19년 이하 재배지가 크게 나타난 반면 평균 수고는 20년 이상 재배지가 7.0 m로 19년 이하 재배지 6.7 m 에 비해 약간 크게 나타났다 (Table 2). 이와 같이 조성 기간의 차이에도 불구하고 임목 특성에 차이가 뚜렷하지 않는 것은 밤 수확을 위해 매년 시비, 제초 등 다양한 재배지 관리가 시도되어 관리방법에 따른 인위적인 교란이 생육 특성에 영향을 미치고 있기 때문으로 사료 된다.

토양의 물리적 특성 밤나무 재배지의 조성 기간에 따른 토양특성 중 토양용적밀도는 20년 이상 재배지가 1.16 g cm⁻³으로 19년 이하 재배지 1.03 g cm⁻³ 보다 유의적으로 높아 ($p < 0.05$) 재배 기간이 길어질수록 토양용적밀도가 증

Table 2. General characteristics between over 20-year-old and below 19-year-old chestnut orchards.

Age	No. of plots	Tree density	Mean DBH	Mean height
yrs		trees 100 cm ⁻²	cm	m
≤ 19	13	3.7 (0.29) [†]	16.5 (1.77)	6.7 (0.41)
Range		3-6	6.8-28.4	3.5-9.2
≥ 20	17	3.8 (0.31)	15.0 (0.96)	7.0 (0.42)
Range		2-6	8.7-22.8	4.1-10.7

[†]The values in parenthesis are standard error.

Table 3. Soil bulk density and three phases between over 20-year-old and below 19-year-old chestnut orchards.

Age	Soil bulk density	Liquid phase	Solid phase	Air phase	Pore space
yrs	g cm ⁻³	----- % -----			
≤ 19	1.03 (0.03) [†]	22.5 (2.4)	38.9 (1.3)	38.6 (2.6)	61.1 (1.3)
Range	0.85-1.27	10-40	32-48	10-55	52-68
≥ 20	1.16 (0.04)	21.0 (1.7)	43.8 (1.7)	35.2 (2.3)	56.2 (1.7)
Range	0.81-1.38	12-36	31-52	21-53	48-69
p-value	0.03	0.64	0.02	0.33	0.04

[†]The values in parenthesis are standard error.

가하였다 (Table 3). 또한 토양용적밀도와 밀접한 관련이 있는 공극률은 20년 이상 재배지가 56.2%, 19년 이하 재배지가 61.1%로 조성 기간에 따라 유의적인 차이가 발생하였다. 20년 이상 재배지의 높은 토양용적밀도와 낮은 공극률은 매년 시비, 제초, 밤 수확 및 운반 등과 같은 재배 과정 동안 발생하는 인위적인 토양 교란에 의한 답압 발생이 원인으로 사료된다. 타 연구에서 조사된 밤나무 재배지 표토의 토양용적밀도는 1.1~1.2 g cm⁻³ 정도 (Kim et al., 2007a)로, 본 연구에서 얻어진 20년 이상 재배지의 토양용적밀도 값과 유사한 결과를 보이고 있다. 그러나 1980년에 조사된 경남지역 산림토양의 표토층 토양용적밀도 0.95 g cm⁻³와 비교할 때 (Jeong et al., 2002), 20년 이상 재배지의 경우 0.21 g cm⁻³, 19년 이하 재배지는 0.08 g cm⁻³ 정도 높게 나타나 산림토양에 비해 토양 답압이 상당히 진행되어 있는 것으로 나타났다. 밤나무 재배과정동안 발생하는 토양 특성악화 중 토양답압의 증가는 배수불량에 의한 밤나무 뿌리썩음병이나 동고병 발생 가능성의 원인으로 제시된 바 있다 (Rhoades et al., 2003).

토양 삼상 중 고상은 토양용적밀도와 밀접한 관계가 있기 때문에 20년 이상 재배지가 높게 나타났으나 액상이나 기상은 조성 기간에 따른 차이가 나타나지 않았다. 액상의 경우 20년 이상 재배지가 21.0%, 19년 이하 재배지가 22.5%로 조성 기간에 따라 큰 차이가 없었으며 이는 토양 내 수분 함량과 밀접한 관련이 있는 토양 유기물 함량이 20년 이상 재배지 3.20%, 19년 이하 재배지 3.58%로 두 재배지 사이에 차이가 없기 때문으로 (Table 4) 사료된다. 그러나 기상의 경우 조성 기간에 따른 유의적인 차이는 없었지만 19년 이

하 재배지 38.6%, 20년 이상 재배지 35.2%로서 장기간 밤 재배에 따른 공극률 감소는 고상증가와 기상감소가 원인임을 시사한다. 1980년대에 조사된 경남지역 산림토양의 고상 37.1%, 액상 26.7%, 기상 37.2% (Jeong et al., 2002)와 비교할 때 20년 이상 밤나무 재배지는 고상은 높은 반면 기상과 액상은 낮은 것으로 나타났다.

토양의 화학적 특성 밤나무 재배지의 토양 화학적 특성 중 토양 pH는 20년 이상 재배지가 평균 토양 pH 4.56으로 19년 이하 재배지 평균 토양 pH 4.73에 비해 유의적인 차이 없었지만 ($p > 0.05$) 0.17 pH 단위 정도 낮은 값을 보였다. 20년 이상 재배지에 토양 산성화가 심한 것은 높은 토양용적밀도 (Table 3)로 인한 토양답압의 증가로 지표면의 양분 유실에 따른 양이온의 지속적인 세탈 및 용탈, 질소질 비료의 지속적인 사용, 밤나무 생육과정에서 발생하는 양이온 흡수 등이 원인으로 사료된다. 밤나무 생육을 위한 적정 토양 pH는 5.0에서 5.5 (Kim et al., 2007b)로 알려져 있으며 강산성토양에서는 밤 수확이 상당히 감소하였다 (Chung and Park, 1978). 본 연구에서 조사된 토양 pH는 1998년부터 1999년 사이에 조사된 경상남도 밤나무 재배지의 토양 pH 4.67의 범위에 속하고 있으며 경기도 밤나무 재배지 토양 pH 5.12, 충남 pH 5.07, 전남 pH 4.84 등에 비해 (Lee et al., 2006) 낮게 나타나 이 지역은 토양산성화가 타 지역에 비해 심한 것으로 나타났다. 특히 밤나무 줄기마름병 발생은 낮은 토양 pH와 상관관계가 높게 나타나는 것으로 알려져 있다 (Lee et al., 2006).

토양유기물 및 전질소 함량의 경우 19년 이하 재배지가

Table 4. Soil chemical properties between over 20-year-old and below 19-year-old chestnut orchards.

Age	Soil pH	OM	T-N	Avail. P ₂ O ₅	Exch. Cation			CEC
					K	Ca	Mg	
yrs	(1.5)	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹			
≤ 19	4.73 (0.07) [†]	35.8 (3.4)	1.6 (0.2)	144 (45)	0.40 (0.06)	0.60 (0.11)	0.60 (0.06)	10.0 (0.51)
Range	4.29-5.16	16.6-62.9	0.9-4.1	14-607	0.20-0.77	0.19-1.30	0.40-1.0	7.91-14.3
≥ 20	4.56 (0.07)	32.0 (3.0)	1.2 (0.1)	149 (40)	0.44 (0.04)	1.10 (0.23)	0.76 (0.08)	10.4 (0.48)
Range	4.21-5.41	14.6-56.5	0.5-2.0	13-541	0.20-0.79	0.21-4.03	0.40-1.89	6.60-13.42
p-value	0.09	0.40	0.12	0.94	0.53	0.06	0.18	0.60

[†]The values in parenthesis are standard error.

35.8 g kg⁻¹, 1.6 g kg⁻¹, 20년 이상 재배지가 32.0 g kg⁻¹, 1.2 g kg⁻¹로 20년 이상 재배지가 낮은 값을 보였다. 밤나무 재배지 토양 유기물 및 전질소 함량은 낙엽낙지 등에 의한 유기물의 토양 내 환원, 재배 기간이 늘어남에 따른 하층식생 및 뿌리 등에 의한 토양 내 유기물 유입동태 변화, 유기질 퇴비 시용 같은 토양개량제 처리 등의 영향을 받았을 것으로 사료되나 조성 기간 사이에 유의적인 차이는 없었다. 본 조사지의 토양유기물 함량은 타 연구에 조사된 경상남도 밤나무 재배지의 토양유기물 함량 36.5 g kg⁻¹ (Lee et al., 2006)와 유사하였으며, 1980년에 조사된 경남지역 산림토양의 유기물 함량 34.4 g kg⁻¹나 전질소 함량 1.4 g kg⁻¹ (Jeong et al., 2002)와도 큰 차이가 없었다.

인의 경우 19년 이하 재배지 144 mg kg⁻¹, 20년 이상 재배지 149 mg kg⁻¹으로 조성 기간에 따른 유의적인 차이는 발생하지 않았다. 인의 경우 토양층에서 용탈이 미약하게 발생하고, 토양 내 흡착 또는 고정되는 양이 많으며 시비 방법에 따라 함량 차이가 발생하기 때문에 (Kim et al., 2007a) 장기간 밤나무 재배지의 경우 인산질 비료의 누적에 따른 높은 인 함량이 기대되었으나 본 연구결과는 조성 기간에 관계없이 유사한 함량을 보이고 있다. 이는 20년 이상 재배지의 경우 낮은 토양 pH로 인한 인의 가용도 (Phosphorus availability)가 낮게 나타났을 가능성과 인의 경우 비료의 살포위치나 시비량에 따른 공간적 변이와 함께 토양 잔류 특성이 큰 성분으로 토양 시료 내 변이 폭이 크게 발생하였기 때문으로 사료 된다. 본 연구결과와는 대조적으로 단감 나무의 경우 단감나무조성이 오래된 과원일수록 유효인 함량이 높은 경향을 보였다 (Ha et al., 1982).

치환성 양이온중 칼슘의 경우 20년 이상 재배지 1.10 cmol_c kg⁻¹, 19년 이하 재배지 0.60 cmol_c kg⁻¹으로 조성 기간에 따라 유의적인 차에 근접하였지만 (p=0.06), 칼륨이나 마그네슘의 경우 유의적인 차이는 없었다. 20년 이상 재배지가 19년 이하 재배지에 비해 높은 칼슘 함량을 보인 것은 석회 성분을 포함하는 밤나무 토양 개량제가 주로 노령목이

분포하는 재배지를 대상 (MAF, 2005)으로 실시되기 때문이며 19년 이하 재배지의 낮은 칼슘함량은 최근 조성된 밤나무 재배지의 경우 석회 같은 토양개량제 사용이 미흡하기 때문으로 사료된다. 일반적으로 칼슘의 경우 토양 내 0.5 cmol_c kg⁻¹ 이하 일 때 결실이 불량한 것으로 알려져 있으나, 석회비료 처방은 적정 시비 수준의 결정이 어렵고 칼슘 과잉의 경우 칼륨, 마그네슘과의 길항작용 등과 같은 상당한 문제점을 유발할 수 있어 (Chung and Park, 1978), 석회를 대체할 목탄 (GFERI, 2008)이나 목초탄 (MAF, 2005) 등의 시용에 대한 연구가 실시된 바 있다.

칼륨과 마그네슘의 경우 20년 이상 재배지 0.44 cmol_c kg⁻¹, 0.76 cmol_c kg⁻¹, 19년 이하 재배지 0.40 cmol_c kg⁻¹, 0.60 cmol_c kg⁻¹로 20년 이상 재배지가 일반적으로 높은 함량을 보였으나 조성 기간에 따른 유의적인 차이는 없었다. 토양 내 칼륨과 마그네슘함량은 식재된 밤나무가 어느 정도 수준으로 양분을 흡수하였는지나 토양산성화가 심한 이 지역 재배지의 경우 강우의 토층 내 유입을 통한 용탈 손실 등이 영향을 미칠 수 있다. 이 지역의 칼륨과 마그네슘 함량은 1980년에 조사된 경남지역 산림토양의 표토층 내 칼륨 0.17 cmol_c kg⁻¹, 마그네슘 0.85 cmol_c kg⁻¹와 비교할 때 (Jeong et al., 2002) 칼륨은 높고 마그네슘은 낮은 수준으로 이는 이 지역에서 밤나무 재배지에 주로 사용하는 밤비료[®] (N:P:K:Mg:B=25:7:8:2:0.2)에 포함된 칼륨과 마그네슘 비료 성분의 영향으로 사료된다. 그러나 칼륨에 비해 마그네슘 함량이 산림 토양에 비해 낮은 것은 밤은 마그네슘비료에 대한 시비반응이 뚜렷하기 때문에 (Chung et al., 1982) 흡수에 따른 감소나 토양의 물리적 특성의 악화에 따른 지속적인 세탈 및 용탈 손실에 영향이 원인일 수 있다.

양이온치환용량의 경우도 20년 이상 재배지와 19년 이하 재배지 사이에 유의적인 차이가 없었으며 (p>0.05), 이는 토양 내 양이온으로 흡착 능력과 밀접한 관계를 가지는 토양 유기물 함량이 두 재배지 사이에 유사하기 때문이다.

Table 5. Leaf area, dry mass, and nutrient concentration of chestnut green leaves between over 20-year-old and below 19-year-old chestnut orchards.

Age	Leaf area	Leaf dry mass	Specific leaf area	Nutrient concentration				
				N	P	K	Ca	Mg
yrs	cm ² leaf ⁻¹	g leaf ⁻¹	cm ² g ⁻¹	%				
≤ 19	53 (3.6) [†]	0.43 (0.03)	123 (4)	1.73 (0.02)	0.10 (0.02)	0.54 (0.04)	0.31 (0.02)	0.23 (0.02)
Range	33-86	0.28-0.62	104-147	1.09-2.35	0.04-0.22	0.32-0.84	0.17-0.43	0.16-0.43
≥ 20	56 (3.0)	0.46 (0.03)	124 (8)	1.59 (0.06)	0.10 (0.01)	0.55 (0.03)	0.31 (0.02)	0.21 (0.01)
Range	39-80	0.33-0.76	85-231	1.09-1.92	0.04-0.21	0.22-0.75	0.18-0.60	0.14-0.32
p-value	0.53	0.43	0.92	0.19	0.84	0.82	0.97	0.26

[†]The values in parenthesis are standard error.

잎 형질 및 양분특성 밤나무의 잎 면적 (Leaf area) 이나 잎 무게 (Leaf dry mass), 잎 면적비 (Specific leaf area) 등과 같은 형태적 특성의 경우 밤나무 재배지의 조성 기간에 따른 차이가 없었다 (Table 5). 또한, 잎 내 양분함량의 경우도 조사된 질소, 인, 칼륨, 칼슘, 마그네슘 모두 조성 기간에 따른 차이가 없었으나 질소의 경우 19년 이하 재배지가 1.73%, 20년 이상 재배지가 1.59%로 19년 이하 재배지가 약간 높은 경향을 보였다. 본 연구와 유사한 결과로 단감 나무의 잎 내 무기양분 함량은 수령과 뚜렷한 관계가 없었으나 어린나무 잎의 질소함량이 성숙나무 잎의 질소함량에 비해 높은 경향을 보였다 (Ha et al., 1982). 잎 내 양분함량은 나무의 영양상태, 시비량, 수분 공급의 정도와 여러 가지 환경요인에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있으며 (Kowalenko, 1996), 본 연구에서 잎의 형질 및 잎 내 양분함량이 조성 기간에 차이가 나타나지 않는 것은 토양 내 함유된 질소, 인, 칼륨, 칼슘, 마그네슘 함량에 차이가 (Table 4) 없었기 때문으로 사료된다. 그러나 두 재배지 모두 잎 내 질소, 인, 칼륨 함량은 밤나무의 잎 내 적정 질소 2%, 인 0.3%, 칼륨 1% (Chung and Park, 1978)에 비해 낮게 나타나 이들 지역의 토양 내 양분공급이 밤나무의 정상생육에 충분하지 않을 가능성을 시사한다.

요 약

경상남도 산청군 단성면과 신안면의 20년 이상 밤나무재배지 17개소, 19년 이하 재배지 13개소 등 총 30개소를 대상으로 조성 기간에 따른 토양의 물리화학적 특성 및 잎의 형태적 특성과 양분함량을 조사하였다. 토양 물리적 특성 중 토양용적밀도는 20년 이상 재배지가 1.16 g cm⁻³으로 19년 이하 재배지 1.03 g cm⁻³에 비해 유의적으로 높았다 (p<0.05). 토양 화학적 특성 중 토양 pH는 20년 이상 재배지의 토양 pH가 4.56으로 19년 이하 재배지 토양 pH 4.73에 비해 토

양 산성화가 심하였으나 유기물, 전질소, 유효인산, 칼륨 함량은 조성 기간에 따른 차이가 나타나지 않았다 (p>0.05). 또한, 잎 면적, 잎 건조량, 잎 내 질소, 인, 칼륨, 칼슘, 마그네슘 함량도 조성 기간 사이에 차이가 없었다. 본 연구 결과에 따르면 밤나무재배지의 토양특성 중 조성 기간은 토양용적밀도 같은 물리적 특성에 변화를 초래하지만 토양 화학적 특성과 잎 양분함량에 미치는 영향은 크지 않는 것으로 나타났다.

인 용 문 헌

Chung, I.K. and S.G. Park. 1978 Fertilization management to sustain and enhance chestnut production in chestnut orchards. Potassium Research Institute. pp. 295.

Chung, I.K. 1980. Response to specific fertilizer on chestnut tree (I) -Study on the effect of different fertilizer on growth and nut-production of chestnut plantation- Jour. Korean For. Soc. 50:35-44.

Chung, I.K., S.W. Kang, and M.S. Lee. 1982. Response to specific fertilizer on chestnut tree (II) -Deficiency of insolation and effect of the compound fertilizer with MgO component- Jour. Korean For. Soc. 58:17-22.

GFERI (Gyeongsangnamdo Forest Environmental Research Institute). 2008. Effects of soil conditioner treatments in chestnut orchards. pp. 41.

Ha, H.S., D.B. Park, and J.S. Heo. 1982. Studies on the nutritional diagnosis of the soil and the plant leaves in sweet persimmon cultivation area of Jinyoung. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 15:258-269.

Jeong, J.H., K.S. Koo, C.H. Lee, and C. Kim. 2002. Physico-chemical properties of Korean forest soils by regions. Jour. Korean For. Soc. 91:694-700.

Kim, C., J.T. Lim, H.S. Cho, and G.H. Goo. 2007a. Soil properties of chestnut (*Castanea crenata*) stands by regions in Gyeongnam province. Jour. Korean For. Soc. 96:89-95.

- Kim, M.J., S.C. Kim, and M.S. Hwang. 2007b. New techniques for cultivation of chestnut orchards to strength competition. *Bull. Kor. For. Res. Inst.* 23:1-256.
- Kim, J.S. 2010. Survey of chestnut yield costs in 2009. *For. Sci. Infor.* 229:20-21.
- Korea Forest Service. 2005. Integrated strategy of chestnut industry. p. 1-41.
- Kowalenko, C.G. 1996. Interpretation of autumn soil tests for hazelnut. *Can. J. Soil. Sci.* 76:195-202.
- Lee, J.H., C.H. Lee, B.S. Kang, and B.K. Ahn. 2010. Investigations of soil chemical properties in the cultivation fields of *Rubus coreanus* with different growth ages. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43:923-929.
- Lee, S.H., K.H. Kim, J.K. Byun, J.K. Lee, and B.J. Moon. 2006. Effects of biological and environmental factors on the occurrence of chestnut blight in chesnut tree plantations. *Jour. Korean For. Soc.* 95:139-144.
- MAF (Ministry of Agriculture and Forestry). 2005. Development of cultivation technology for renovation of aged chestnut orchards and productivity improvement. pp. 321.
- NIAS (National Institute of Agricultural Science and Technology). 2000. Analytical method of soil and plant. Suwon, RDA. Korea. pp. 202.
- Rhoades, C.C., S.L. Brosi, A.J. Dattilo, and P. Vincelli. 2003. Effect of soil compaction and moisture on incidence of phytophthora root rot on American chestnut (*Castanea dentata*) seedlings. *For. Ecol. Manage.* 184:47-54.
- SAS Institute. 1989. SAS/STAT User's Guide, Version 6, 4th edition. Volume 2, Cary, NC U.S.A. pp. 1686.
- Seo, Y.J., J.S. Kim, J.K. Kim, J.U. Cho, T.Y. Kwon, and J.S. Lee. 2002. Soil chemical properties of peach orchard and nutrient content of peach leaves in Gyeongbuk Area. *Korean J. Soil Sci. Fer.* 35:175-184.
- Westerman, R.L. 1990. Soil testing and plant analysis. 3rd edition. Soil Science Society of America. pp. 784.