Journal of the Korea Organic Resources Recycling Association, 28(1), pp.5-14 (2020)
ISSN 1225-6498 eISSN 2508-3015 https://doi.org/10.17137/korrae.2020.28.1.5

Original Paper

# 유박시용량에 따른 유기 블랙초크베리의 수체 내 무기성분 분배에 미치는 영향

최현석[a], 정석규[b†]

# Effect of Amount of Oil Cake Applications on Mineral Nutrient Partitioning of Black Chokeberry

Hyun-Sug Choi[a], Seok-Kyu Jung[b†]

(Received: Nov. 12, 2019 / Revised: Dec. 4, 2019 / Accepted: Dec. 5, 2019)

**ABSTRACT:** The study was initiated to reduce production cost and environmental pollution with the evaluation of nutrient requirement of 'Nero' black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) and optimum amount of oil cake application. 100% of a recommended amount (RA) of oil cake was designated as a 100-RA, with 0-RA, 25-RA, 50-RA, and 75-RA for 0%, 25%, 50%, and 75% RA, respectively. The oil cake was scattered around the black chokeberry at every year for two years from 2018 to 2019, with investigation conducted for the second year. Soil mineral nutrient concentrations were not significantly different among the treatments. Dry weight (DW) of root and leaves was low for 0-RA-treated black chokeberry, with no significant difference observed for the all treatments for the DW of stems. 75-RA increased the fruit DW of 615 g and yield efficiency of 45.3%. Top:root ratio was the highest of 4.7 for 75-RA. Increased amount of oil cake application expanded the tree volume. Tree volume had a strong positive relationship with the root DW ($r^2$=0.977). Mineral nutrient uptake in the root was the highest on the 25-RA-treated black chokeberry, except for Fe uptake. Mineral nutrient uptake in the leaves were similar to all the black chokeberries, except for T-N and Fe uptake. 75-RA increased mineral nutrient uptake in the fruit, except for Cu, in particular, 7.45 g in fruit N, which was the highest level compared to those of the other organs. T-N and P uptake were evenly distributed in the leaves, stems, and fruit, with high K uptake for leaves and fruit. 75-RA maximized to 17.2 g of the total nutrient uptake in a black chokeberry, with 4.9 g for the 0-RA. All mineral nutrient uptake were overall higher on the black chokeberry treated with 50-RA, 75-RA, and 100-RA compared to those of 0-RA and 25-RA.

**Keywords:** aronia, black chokeberry, nutrient requirement, oil cake, organic

**초 록**: 본 실험은 유박 시용량에 따른 '네로' 블랙초크베리(*Aronia melanocarpa*)의 양분 요구도를 파악하여 적절한 양분시용량을 구명함으로서 생산비 절감 및 환경오염을 줄이고자 수행되었다. 100% 유박시용을 기준으로 0%(무처리), 25%, 50%, 75%로 분류하여 2년간(2018~2019년) 수체 주위에 매년 전량 산포처리 하였고 실험 조사는 2년차에 수행하였다. 토양 무기성분 농도는 처리구에 상관없이 차이가 없었다. 뿌리와 잎의 건물중은 0% 유박 처리에서 낮게 나타났고 줄기 건물중은 처리 간에 차이가 없었다. 75% 유박 처리에서 과실 건물중이 615 g으로 가장 크게 증가하였고 수량이용효율도 45.3%로 가장 높았다. 지상부:지하부 비율은 75% 처리에서 4.7로 가장 높았다. 유박

[a] 대구가톨릭대학교 교수(Professor, Daegu Catholic University)
[b] 대구가톨릭대학교 연구원(Researcher, Daegu Catholic University)

† Corresponding author(e-mail: gentleman71@msn.com)

시용량이 증가할수록 수관용적은 확대되었다. 수관용적은 뿌리 건물중과 유의성 있는 정의 상관관계가 관찰되었다 ($r^2$=0.977). 뿌리의 무기성분 흡수량은 철을 제외하고는 25% 유박처리구에서 가장 높았다. 잎은 무처리구에서 전질소와 철의 흡수량이 낮았고 기타 무기성분 흡수량은 유박처리구와 비슷한 수준이었다. 줄기 내 무기성분 흡수량은 50% 처리구에서 철을 제외하고 가장 높았다. 과실 내 무기성분 흡수량은 75% 처리구에서 구리를 제외하고 가장 높았고 특히 전질소 흡수량이 7.45 g으로 다른 기관 대비 가장 높았다. 전질소와 인산흡수량은 잎과 줄기 및 과실에 균일하였고 칼륨은 잎과 과실에 많이 분포하였다. 뿌리, 잎, 줄기, 과실을 합한 작물의 무기성분 총량에서 전질소는 75% 처리구에서 17.2 g으로 가장 높았고 무처리구에서 4.9 g으로 가장 낮았다. 작물체 내 기타 무기성분 흡수량은 50%, 75%, 100% 유박 처리구에서 대체적으로 높은 수준이 관찰되었다.

**주제어:** 아로니아, 블랙초크베리, 양분요구도, 유박, 유기

## 1. 서 언

블랙초크베리(*Aronia melanocarpa*)는 아로니아로도 알려져 있는 1.8~2.4 m의 관목형 다년생 소과수로서 미국 중북부 및 북동부 그리고 캐나다 접경지역에서 자생하고 있다.[1,2] 블랙초크베리는 내한성이 강하여 20세기 초부터 북유럽과 동유럽을 중심으로 상업적으로 재배하고 있으며 떫은맛으로 인하여 생과 보다는 가공용으로 생산되어 해외로 수출되고 있다.[1,2] 블랙초크베리는 건강에 유익한 비타민과 무기성분이 풍부하고 항산화물질인 안토시아닌이나 폴리페놀 성분이 과실 중에서 가장 높게 함유되어 있어서 의약계 연구자들의 관심이 집중되고 있다.[2,3,4] 국내에서도 이러한 과실의 수요 상승으로 수년 전부터 '바이킹'과 '네로'를 중심으로 신소득 작물로 재배하고 있다. 하지만 재배면적과 생산량이 급속도로 증가하고 생과용으로 판매되기에는 소비자 기호를 충족시키지 못하였으며 또한 과실의 풍미 등의 문제가 발생하여 출하 가격의 하락에 주요한 원인이 되고 있다. 블랙초크베리는 병해충에 저항성이 강하고 토양 적응성이 높기 때문에 유기 재배하여 환경을 보전하면서 가격 경쟁력을 향상시키는 친환경 고품질 생산기술 개발이 필요할 것으로 판단된다.[1,5]

유기농 생산규칙은 종자의 기름을 추출하고 남은 찌꺼기를 자원화 한 유박이나 부산물 등의 완효성 비료 시용만 허용된다. 유기농 블랙초크베리의 생산성을 높이기 위해서는 균형 있는 비료의 공급을 통한 토양 및 영양관리가 중요하지만 국내 블랙초크베리의 시용량 기준은 비슷한 생장 특성을 보이는 블루베리 재배법에 준하여 활용하고 있다.[6] 이에 블랙초크베리의 생장에 필요한 주당 약 14 g의 질소실제량을 기준[6] 으로 일괄적으로 투입하고 있지만 수체의 연령별・품종별 그리고 지역별 및 재배환경 등에 따라 양분요구도가 달라진다. 특히 블루베리는 산성 토양에 적응성이 뛰어난 작물로 중성에서 비교적 생장이 잘되는 블랙초크베리를 적용하기에는 양분의 흡수양상이 다르므로 작물에 맞는 맞춤형 비료 시용에 관한 기준 설정이 요구되고 있다. 또한 비료의 시용량이 증가하면 수체생장과 수확량이 증가하지만 과다하면 수세가 강하여 수확량이 오히려 감소하는 현상이 발생하므로 수세의 안정화로 일정한 수확량을 확보할 수 있는 적정 시용량을 구명하는 것이 중요하다.[5,7,8]

작물은 대사 작용을 위하여 총 16개의 필수무기성분을 필요로 하는데 수체의 각 기관으로 분배되는 무기성분량을 산정하면 기관 별 양분 이행상태를 정확하게 파악하여 양분 결핍이나 과다에 대한 처방을 내릴 수 있을 것으로 판단된다.[9] 영년생인 과수는 지하부인 뿌리와 지상부인 잎과 줄기 및 과실로 구성되어 있기 때문에 필요한 무기성분의 양을 구하기는 쉽지 않다.[10,11] '골든딜리셔스' 사과의 양분분배와 관련한 실험에서 질소와 인산 흡수량은 각 기관에 고르게 분포하였지만 칼륨은 과실에 많았고 칼슘은 과실에 가장 적었다. 하지만 '슈냉블랑' 포도나무의 인산 흡수량은 뿌리에 특징적으로 높게 분포하였다고 하여서[12] 작물별 양분 요구도를 달리하여야 할 것으로 판단된다.

본 실험은 소과수인 '네로' 블랙초크베리 유기 과원에 유박시용량에 따른 기관별 양분 흡수량을 파악하고 적절한 양분 시용량을 구명함으로써 생산비 절감 및 환경오염을 줄여서 경쟁력 있는 친환경 블랙초크베리 과실을 생산하고자 수행되었다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 실험구 및 실험처리

실험은 경상북도 경산시에 소재한 대학교의 수년 동안 친환경적으로 엽채류를 재배하고 있는 부속농장에서 2018년 3월에 경운과 구획정리 후에 수행하였다. 시험구 면적은 약 200 $m^2$로 재식면적은 2 m(주간) × 4 m(열간)로 8 $m^2$이 되도록 설정하여 1년생 '네로' 블랙초크베리를 30 cm 깊이에 재식하였다.

실험처리는 혼합유박비료(아주까리 80%+채종유박 10%+미강 10%, 질소 4.6%; 인산 1.4%; 칼륨 1.0%; 유기물 70%, 참조아유박, 팜한농, 서울, 한국)를 비료 권장량(RDA, 2015) 대비 0%(무처리; 0-RA), 25%(25-RA), 50%(50-RA), 75%(75-RA), 100%(100-RA)로 분류하여 2년간 수체 주위에 전량 산포처리 하였다. 비료 권장량은 매년 질소실제 권장량을 기준으로 주당 14 g을 시용하는 것을 100% 처리구로 설정하였으며 실험 조사는 2년차에 수행하였다.

잡초관리는 생분해성 수지인 멀칭자재를 재식 후 수체 주위에 2년간 피복하여 방제하였고 2년차에 거의 분해되었다. 6~8월의 지온상승에 따른 수분관리를 위하여 점적관수 시설을 설치하여 지면이 충분히 젖도록 주 2회 관수하였다. 토성은 사양토로 모래 57.2%, 실트 34.0%, 점토 8.9%로 혼합된 배수가 비교적 양호한 토양이었다. 실험이 진행된 곳의 작물 재배기간인 4~8월까지의 평균온도는 22.0℃ 이었고 누적강수량은 821 mm로 지난 30년간 평균온도인 21.7℃와 누적강수량 745 mm 보다 더 높아서 고온다습한 기후로 나타났다.[13)]

### 2.2. 토양 무기성분 분석

실험 처리구에 함유된 무기성분을 비교하기 위하여 2019년 7월 중순에 수체 원줄기로부터 약 20 cm 근처에서 0~20 cm 깊이의 토양을 토양오거를 이용하여 주 당 3군데에서 채취하였다. 농촌진흥청에서 제시한 토양과 식물체 분석법[14)]에 의거하여 토양 샘플을 충분히 음건시킨 후에 분쇄하여 2 mm 체로 통과시켜 토양 샘플로 이용하였다. 토양 pH와 EC(electrical conductivity, 전기전도도)를 1(토양):5(증류수)법으로 하여 조사하였다. 유기물 함량은 중크롬산으로 유기물을 산화시켜 유기탄소 함량을 구하여 Tyurin법으로 유기물 함량을 예측하였다. 이후 토양샘플 5 g을 이용하여 토양 전질소는 Kjeldahl법으로 분석하였고, 유효인산은 Lancaster법, 치환성 양이온인 칼륨과 칼슘 그리고 마그네슘은 1 M $CH_3COONH_4$(pH 7.0) 침출법으로 분석하였다.

### 2.3. 작물 생장 및 무기성분 분석

블랙초크베리의 신초 생장이 정지한 8월 하순에 수고를 측정하였고 주간을 중심으로 수관의 최대폭의 가로와 세로의 수폭을 측정한 후, 수고와 수폭을 곱하여 수관용적을 계산하였다.

9월 상순에 블랙초크베리의 뿌리를 포함한 수체 전체를 삽을 이용하여 수확하였다. 뿌리와 잎 그리고 줄기와 과실로 분류하여 60~70℃ 건조기에 일주일간 건조시킨 후에 전자저울로 각 기관의 건물중을 측정하였다. 수량이용효율은 과실 건물중을 전체 건물중으로 나눈 비율로 구하였고, 지상부 건물중을 지하부 건물중으로 나눈 값을 지상부:지하부로 제시하였다. 이후 각 기관별로 식물체 분쇄기로 분쇄하여 무기성분 분석 샘플로 이용하였다.

수체의 무기성분 분석도 토양분석과 마찬가지로 농촌진흥청의 토양과 식물체 분석법[14)]에 의거하여 시료를 70℃ 전후에서 건조 후 습식 분해하여 질소는 Kjeldahl법으로 분석하였다. 인산은 Vandate법으로 분석하였고, 양이온 분석을 위하여 분해액을 적당히 희석하여 원자흡광분광분석법으로 ICP-AES (Simultaneous ICP Spectrometer, SPECTRO Analytical Instruments GmbH Co., Baden-Württemberg, Germany)를 이용하였다.

각 기관의 건물중을 무기성분 농도와 곱한 값을 무기성분 흡수량으로 제시하였다.

### 2.4. 자료분석

자료 분석을 위하여 시험구당 3반복으로 무작위로 샘플링 하여 평균과 표준편차를 구하여 통계분석에 이용하였다. 통계처리는 SPSS 통계프로그램(SPSS Inc., Release 7.5)을 이용하여 분산분석 후 Duncan's New Multiple Range Test로 95% 수준에서 평균 간의 차이의 유의성을 분석하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 유박처리 별 토양 무기성분

토양 중 pH는 50%, 75%, 100% 유박 처리구에서 다소 낮은 수준을 보였는데(Table 1) 이는 유박이 분해되어 유기태 질소가 무기화되는 과정에서 질산태 질소가 생성되어 강산이 형성되면서 저하된 것으로 판단되지만 블랙초크베리 생장을 위한 적정 산도의 범주 안에 속하였다. 토양 EC는 처리 간에 차이가 없었고 적정수준의 염류농도가 관찰되었다. 유기물 함량은 모든 처리구에서 20.0~24.0 g/kg 사이로 처리 간에 통계적으로 유의성 있는 차이가 관찰되지 않았고 시용 전인 12.7 g/kg 보다 증가하였다. 무기성분 농도인 전질소, 인산, 칼륨, 그리고 칼슘 또한 통계적으로 유의성 있는 차이가 관찰되지 않았고 마그네슘은 75% 유박처리구에서 높은 수준을 보였다. 7월에 분석한 토양 내 무기성분은 작물에 흡수되었거나 용탈 등이 진행된 이후이었기 때문에 처리 간에 차이가 감소하였을 것으로 판단된다. 모든 처리구에서 토양 내 무기성분 농도는 블랙초크베리 생장을 위한 적정 수준 보다 다소 낮게 나타나서[6] 유기물을 증가시키기 위한 부산물 비료 등의 투입이 필요하였다.

### 3.2. 유박처리 별 수체 내 건물중 분배

뿌리의 건물중은 0% 유박 처리에서 가장 낮았고 50%와 100% 유박 처리구에서 가장 높게 나타났다 (Table 2). 잎의 건물중은 0% 처리에서 93 g으로 가장 낮았고, 유박 처리 간에는 169~199 g으로 비슷한 수준이 관찰되었다. 줄기의 건물중은 50% 처리에서 가장 높았지만 통계적으로 유의성 있는 차이는 없었다. 과실은 75% 처리에서 615 g으로 가장 높았고 50% 처리 > 100% 처리 > 25% 처리 > 0% 처리 순으로 나타났다. 50% 처리에서는 영양생장이 촉진되어 과실수량이 75% 유박처리 보다 다소 감소한 것으로 판단되며, 이전의 퇴비 시용량에 따른 '바이킹' 블랙초크베리와 크랜베리 연구에서도 비슷한 결과가 관찰되었다.[5,7] 이는 수량이용효율 수준으로 확인이

Table 1. Soil Mineral Nutrition in a 'Nero' Black Chokeberry Field as Affected by Five Rates of Application (RA) of Oil Cake

| Treatment | pH (1:5) | EC (dS/m) | OM (g/kg) | T-N (%) | $P_2O_5$ (mg/kg) | Ex. cations ($cmol_c(^+)$/kg) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | $K^+$ | $Ca^{2+}$ | $Mg^{2+}$ |
| Pre application | | | | | | | | |
| All plots | 7.4 | 0.26 | 12.7 | 0.10 | 279 | 0.16 | 9.4 | 1.3 |
| After application | | | | | | | | |
| 0-RA | 7.7 a | 0.23 a | 20.0 a | 0.09 a | 256 a | 0.41 a | 4.1 a | 1.2 bc |
| 25-RA | 7.4 b | 0.21 a | 22.0 a | 0.10 a | 293 a | 0.40 a | 4.1 a | 1.3 ab |
| 50-RA | 7.1 c | 0.21 a | 24.0 a | 0.08 a | 324 a | 0.27 a | 4.1 a | 1.1 bc |
| 75-RA | 7.0 c | 0.24 a | 22.0 a | 0.09 a | 301 a | 0.31 a | 4.0 a | 1.4 a |
| 100-RA | 7.0 c | 0.22 a | 20.0 a | 0.09 a | 316 a | 0.39 a | 4.1 a | 1.1 c |
| Optimum level | 6.0－7.0 | 0.00－2.00 | 25.0－35.0 | － | 400－500 | 0.70－0.80 | 5.0－6.0 | 1.5－2.0 |

Means comparisons among treatments within a column by Duncan's new multiple range test; means followed by different letters are significantly different, 5% level.
0-, 25-, 50-, 75-, and 100-RA indicate oil cake application at 0, 25, 50, 75, or 100% of a recommended annual rate, equivalent to approx. 14 g N $tree^{-1}$.

되었는데, 75% 유박 처리에서 45.3%로 가장 높아서 총 건물 생산 대비 과실 생산이 가장 효율적이었던 것으로 나타났다. 심근성인 사과나무의 지상부:지하부 비율은 1.2 전후를 보인다고 하였는데[15], 유박 시용량 증가에 따라 블랙초크베리의 지상부:지하부 비율도 4.7까지 증가하다가 100% 처리에서 2.9로 감소하였다. 근권 내에 질소비료가 많이 투입되면 페놀화합물과 같은 뿌리 삼출물(root exudation)의 분비가 촉진되어 질소의 탈질과 휘산 작용 등을 매개시키는 세균이 크게 증가하여 비료이용효율이 오히려 감소하였다고 보고하였다.[16] 또한 블랙초크베리는 블루베리와 같이 천근성이기 때문에 100% 유박처리구 토양에서 유기질 비료의 분해과정에서 생성되는 가스의 영향을 받았을 것으로 추정된다.[17,18]

수관용적은 가지의 발생과 이에 따른 수관 확대를 나타내는 간접지표로 활용되며,[17] 수관용적은 질소 시용량이 증가할수록 높은 수준이 관찰되었다(Fig. 1). 질소시용이 증가할수록 수관용적이 확대되었고 이는 영양 생장을 증가시키는데 주요한 원인으로 판단된다($r^2$ = 0.981; Fig. 2A). 수관용적은 뿌리

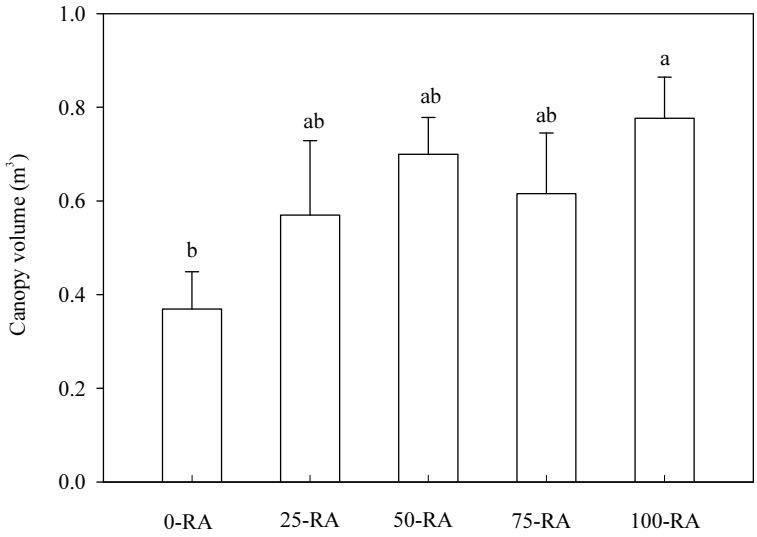


Fig. 1. Canopy volume in a 'Nero' black chokeberry as affected by five rates of application (RA) of oil cake. 0-, 25-, 50-, 75-, and 100-RA indicate oil cake application at 0, 25, 50, 75, or 100% of a recommended annual rate, equivalent to approx. 14 g N tree$^{-1}$. Different lower-case letters on each datum point indicate significant differences in each year as determined by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

Table 2. Dry Matter Partitioning and Yield Efficiency in a 'Nero' Black Chokeberry as Affected by Five Rates of Application (RA) of Oil Cake

| Treatment | Dry weight (g) | | | | Yield efficiency | Top:root |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Root | Leaf | Stem | Fruit | | |
| 0-RA | 135 b | 94 b | 237 a | 46 b | 3.1 ab | 8.7 c |
| 25-RA | 229 ab | 199 a | 285 a | 307 ab | 3.6 ab | 26.4 b |
| 50-RA | 278 ab | 185 ab | 336 a | 512 a | 3.8 ab | 38.8 ab |
| 75-RA | 230 ab | 169 ab | 292 a | 615 a | 4.7 a | 45.3 a |
| 100-RA | 298 a | 194 a | 260 a | 388 ab | 2.9 b | 34.2 ab |

Means comparisons among treatments within a column by Duncan's new multiple range test; means followed by different letters are significantly different, 5% level.
0-, 25-, 50-, 75-, and 100-RA indicate oil cake application at 0, 25, 50, 75, or 100% of a recommended annual rate, equivalent to approx. 14 g N tree$^{-1}$.

건물중과 통계적으로 유의성 있게 높은 상관관계가 관찰되었으며($r^2$ = 0.977; Fig. 2B), 올리브 유목에서도 정의 상관관계($r^2$ = 0.876)가 확인되었다.[19] 따라서 농가나 종묘시장 등에서 수관용적의 측정을 통해서 지상부나 지하부의 생장을 추정하는 간접지표로서 이용가능 할 것으로 판단된다.

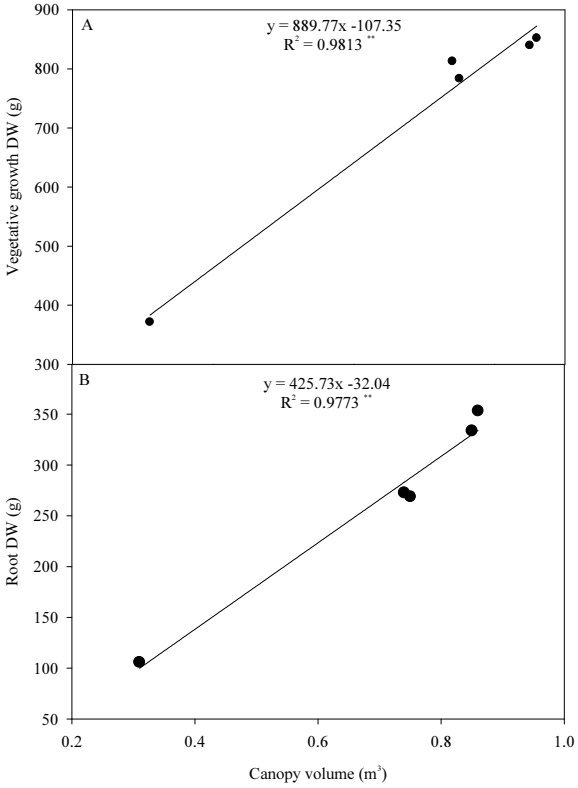


Fig. 2. Linear regression analysis of these relationship between canopy volume and vegetative dry weight (DW; panel A) and root dry weight (DW; panel B) in 'Nero' black chokeberry. **Significantly different at $P \leq 0.01$.

### 3.3. 유박처리 별 수체 내 무기성분 분배

뿌리의 무기성분 흡수량은 철을 제외하고 25% 유박 처리구에서 가장 높았다(Table 3). 일반적으로 비료의 시용량이 적으면 지하부로의 무기성분이 더 축적되어 지상부 보다 생장이 상대적으로 증가한 것으로 판단된다.[5,7] 뿌리 내 철 흡수량은 75% 유박 처리구에서 상대적으로 높았고 인산은 낮은 수준을 보였다. 이는 알카리토양에서 칼슘과 마그네슘이 과다하여 음이온인 인산과 결합하여 인산의 불용화로 인산 흡수 저하에 일부 원인이 되었을 것[15]으로 추정되지만 이와 관련한 면밀한 토양 분석이 필요할 것으로 판단된다.

잎은 무처리구에서 전질소와 철의 흡수량이 낮았지만 기타 무기성분 흡수량은 유박을 시용한 처리구와 비슷한 수준을 보였다(Table 4). 미량원소 중 특이하게도 망간 흡수량이 처리구에 상관없이 높게 나타났는데 망간과잉에 따른 적진병과 같은 생리장해의 주의가 요하였다. 망간은 일반적으로 산성화된 토양에서 과잉 축적되는 것으로 알려졌는데 본 실험구의 pH는 모두 중성으로 토양산도 보다는 기타 양이온 간의 경쟁 작용에 의하여 과다 흡수된 결과로 풀이되지만 이에 대한 면밀한 분석이 필요하였다.[15] 줄기 내 무기성분 흡수량은 50% 처리구에서 철을 제외하고 가장 높았고 75%와 100% 처리구에

Table 3. Essential Mineral Nutrient Uptake in Root of a 'Nero' Black Chokeberry as Affected by Five Rates of Application (RA) of Oil Cake

| Treatment | T-N | P | K | Ca | Mg | Fe | Mn | Zn | Cu | B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (g/root) | | | | | | | | | |
| 0-RA | 1.86 b | 0.03 b | 0.39 b | 1.61 b | 0.21 b | 0.013 b | 0.04 a | 0.007 a | 0.001 b | 0.003 a |
| 25-RA | 3.12 a | 0.13 a | 0.68 a | 2.23 a | 0.33 a | 0.012 b | 0.08 a | 0.011 a | 0.003 a | 0.007 a |
| 50-RA | 1.52 b | 0.08 ab | 0.39 b | 1.48 ab | 0.20 b | 0.015 b | 0.04 a | 0.010 a | 0.000 b | 0.007 a |
| 75-RA | 1.56 b | 0.02 b | 0.44 b | 1.52 b | 0.21 b | 0.031 a | 0.06 a | 0.009 a | 0.000 b | 0.007 a |
| 100-RA | 1.95 b | 0.12 a | 0.50 b | 1.76 ab | 0.25 ab | 0.013 b | 0.06 a | 0.012 a | 0.001 b | 0.008 a |

Means comparisons among treatments within a column by Duncan's new multiple range test; means followed by different letters are significantly different, 5% level.
0-, 25-, 50-, 75-, and 100-RA indicate oil cake application at 0, 25, 50, 75, or 100% of a recommended annual rate, equivalent to approx. 14 g N $tree^{-1}$.

서도 높은 수준을 보였다(Table 4). 과실 내 무기성분 흡수량은 0% 처리구에서 가장 낮았으며 구리를 제외하고는 75% 처리구에서 가장 높았다(Table 4). 특히 75% 처리구에서 과실 내 전질소 흡수량이 7.45 g으로 다른 기관 대비 높은 수준이었다. 하지만 전질소와 인산은 처리구에 상관없이 잎과 줄기 및 과실에 균일하게 분포하였다. 포도나무의 지상부에 분포하는 인산은 수확기에 약 82.1%가 뿌리에 집중적으로 존재[12]한다고 하였지만 본 실험에서는 그러한 경향이 관찰되지 않았다. 칼륨은 잎과 과실에 많이 분포되었는데 이는 잎의 기공의 개폐 메커니즘과 과실 내 당의 합성에 주로 작용하기 때문으로 판단된다.[12,15] 과실 내 칼슘은 다른 기관 보다 모든 처리구에서 크게 감소하여서 뿌리에서 흡수된 칼슘의 이동성이 느린 결과가 확인되었다.[15] 마그네슘 흡수량은 잎에서 다른 기관보다 약 10배 전후로 높았는데 잎의 엽록소 구조의 중심부를 형성하는 주요 원소로 작용하기 때문으로 풀이된다.[15]

뿌리, 잎, 줄기, 과실을 합한 작물의 무기성분 총량에서 전질소는 75% 처리구에서 17.2 g으로 가장 높게 축적되었다(Fig. 3A). 무처리구에서 전질소 흡수량은 4.9 g으로 가장 낮았고 25% 처리구에서도 11.6 g으로 낮은 수준이었는데, 이 두 처리구에서 인산 흡수량도 저조하였다(Fig. 3B). 질소요구량은 수체에 함유된 질소량에서 자연적으로 공급된 천연질소공급량(수체 함유된 질소량의 1/3)을 제하여 추정할 수 있는데,[20] 75% 처리구에서는 11.5 g의 질소가 년간 필요한 것으로 계산되었다. 칼륨과 칼슘 및 마그네슘 흡수량은 유박 처리구에서 비슷한 수준이었고 무처리 보다는 높게 나타났다(Fig. 3C - E). 작물의 미량 무기성분에서 철이 75% 처리구에서 가장 높았지만 망간과 아연 그리고 구리와 붕소 흡수량은 유박 처리구간에 차이가 관찰되지 않았다(Fig. 3F - J).

Table 4. Essential Mineral Nutrient Uptake in Leaf, Stem, and Fruit of a 'Nero' Black Chokeberry as Affected by Five Rates of Application (RA) of Oil Cake

| Treatment | T-N | P | K | Ca | Mg | Fe | Mn | Zn | Cu | B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | (g/leaf) | | | | | |
| 0-RA | 2.05 b | 0.04 a | 5.81 a | 2.04 a | 3.02 a | 0.009 b | 0.621 a | 0.005 a | 0.002 a | 0.013 a |
| 25-RA | 3.97 ab | 0.08 a | 9.52 a | 4.24 a | 6.25 a | 0.033 a | 1.231 a | 0.010 a | 0.003 a | 0.018 a |
| 50-RA | 4.21 a | 0.07 a | 5.64 a | 3.39 a | 5.30 a | 0.033 a | 1.108 a | 0.007 a | 0.003 a | 0.012 a |
| 75-RA | 3.95 ab | 0.07 a | 7.52 a | 3.48 a | 5.41 a | 0.035 a | 0.994 a | 0.008 a | 0.002 a | 0.013 a |
| 100-RA | 5.05 a | 0.09 a | 8.93 a | 3.70 a | 5.64 a | 0.044 a | 0.970 a | 0.010 a | 0.003 a | 0.016 a |
| | | | | | (g/stem) | | | | | |
| 0-RA | 1.30 b | 0.04 c | 0.35 c | 1.41 b | 0.20 b | 0.017 b | 0.044 b | 0.011 a | 0.001 b | 0.005 a |
| 25-RA | 2.28 b | 0.05 c | 0.43 bc | 2.07 ab | 0.26 b | 0.020 b | 0.054 b | 0.014 a | 0.001 ab | 0.007 a |
| 50-RA | 5.31 a | 0.20 a | 0.69 a | 2.77 a | 0.39 a | 0.037 b | 0.076 a | 0.014 a | 0.002 a | 0.009 a |
| 75-RA | 4.88 a | 0.07 c | 0.57 ab | 2.14 b | 0.31 ab | 0.119 a | 0.068 ab | 0.011 a | 0.002 a | 0.006 a |
| 100-RA | 4.09 a | 0.15 b | 0.75 a | 2.73 a | 0.39 a | 0.035 b | 0.090 a | 0.011 a | 0.002 a | 0.008 a |
| | | | | | (g/fruit) | | | | | |
| 0-RA | 0.36 c | 0.01 c | 0.41 b | 0.13 b | 0.06 b | 0.000 b | 0.000 b | 0.001 b | 0.000 c | 0.003 b |
| 25-RA | 2.54 bc | 0.08 b | 2.35 ab | 0.76 ab | 0.35 ab | 0.031 ab | 0.078 ab | 0.004 ab | 0.001 c | 0.018 ab |
| 50-RA | 4.92 ab | 0.16 ab | 3.62 ab | 1.13 a | 0.56 ab | 0.041 a | 0.123 a | 0.006 ab | 0.005 b | 0.030 a |
| 75-RA | 7.45 a | 0.22 a | 5.51 a | 1.42 a | 0.74 a | 0.045 a | 0.167 a | 0.008 a | 0.001 c | 0.041 a |
| 100-RA | 3.87 b | 0.12 ab | 3.04 ab | 0.94 ab | 0.44 ab | 0.041 a | 0.083 ab | 0.005 ab | 0.008 a | 0.024 ab |

Means comparisons among treatments within a column by Duncan's new multiple range test; means followed by different letters are significantly different, 5% level.
0-, 25-, 50-, 75-, and 100-RA indicate oil cake application at 0, 25, 50, 75, or 100% of a recommended annual rate, equivalent to approx. 14 g N $tree^{-1}$.

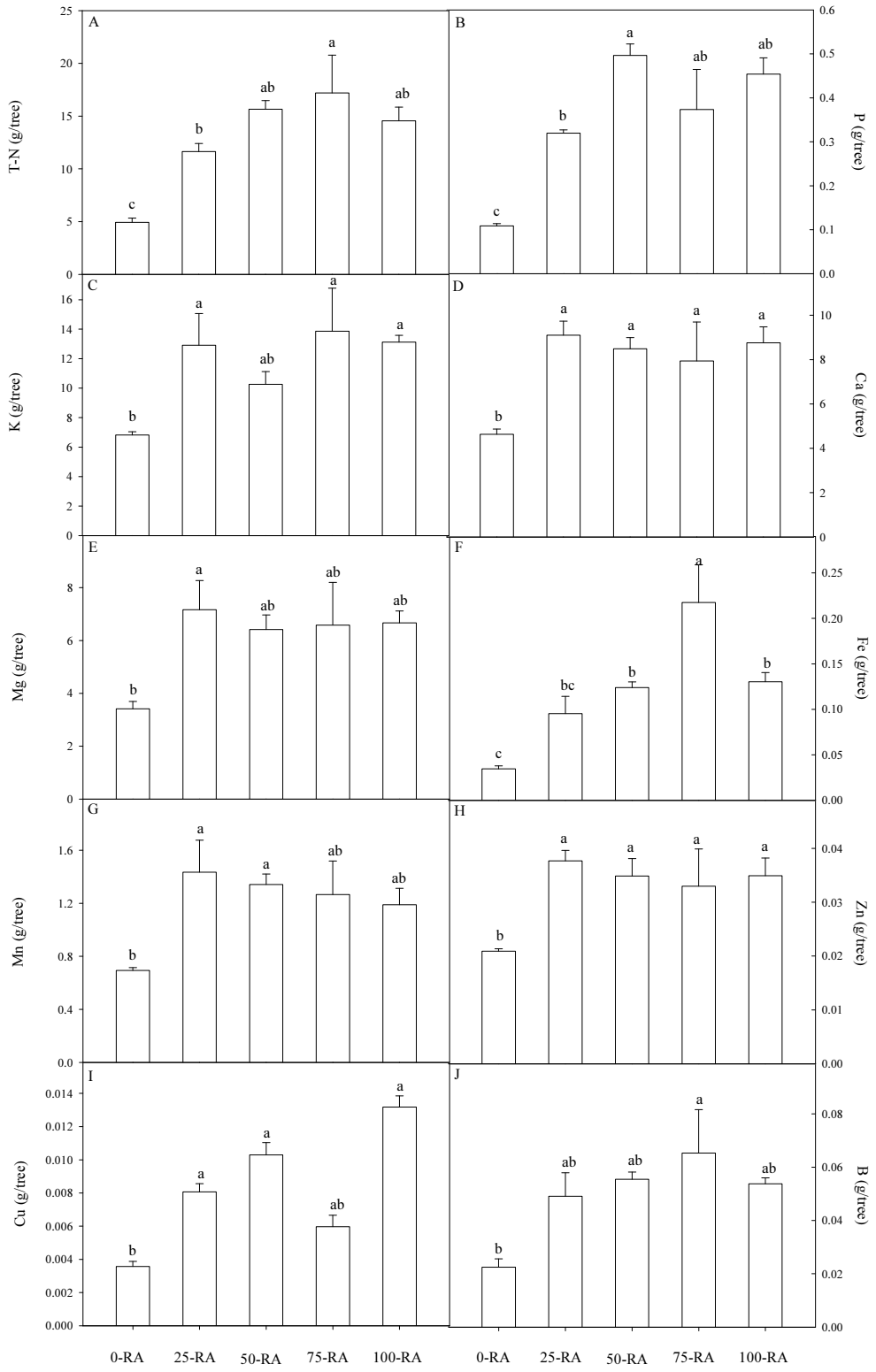


Fig. 3. Essential mineral nutrient uptake in a 'Nero' black chokeberry as affected by five rates of application (RA) of oil cake. 0-, 25-, 50-, 75-, and 100-RA indicate oil cake application at 0, 25, 50, 75, or 100% of a recommended annual rate, equivalent to approx. 14 g N tree$^{-1}$. Different lower-case letters on each datum point indicate significant differences in each year as determined by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

## 4. 결 론

재식 후 필요한 실제 질소량은 주당 7 g 정도이고 2년차 이후에 매년 시용되는 질소량은 14 g으로 일괄적으로 권장되지만 최근 고온다습한 기후가 진행되고 있는 바 블랙초크베리를 위한 비료시용량 재설정이 요구되고 있다. 본 실험은 2년생 블랙초크베리 과원의 유기물이 20~25 g/kg인 사양토에서 이루어졌으며 권장 시용량인 100% 유박 시용보다 적은 75% 시용구에서 과실의 생산성이 가장 향상되었고 질소요구량을 추정한 결과 년간 11.5 g이 필요한 것으로 나타났다. 특히 수체의 총 전질소 흡수량 중 과실로 분배되는 전질소 비율이 75% 처리구에서 약 40%로 가장 높았고 25% 처리구와 0% 처리구에서 가장 낮은 수준을 보였다. 최근까지 블랙초크베리와 관련한 과학적 문헌은 과실의 항산화 특성을 구명하는 주제가 주로 다루어져 왔고 건물중 및 무기성분 분배와 관련한 연구는 전무한 상황이어서 본 연구를 통하여 기관별 양분이행을 구명함으로서 영양 및 토양관리에 있어서 유용한 정보가 될 것으로 사료된다. 하지만 pH가 7.0 이상인 시험 토양에서는 미량원소 결핍 등의 염기성 장해가 발생하기 시작하기 때문에 유기질 비료 시용량 실험구로는 크게 충족시키지는 못하였다. 추가적으로 질소를 포함한 양분 요구량은 과원의 양분 분포와 관계없이 수체의 양분 흡수량을 바탕으로 산정하였기 때문에 매년 기상조건과 토양 재배상태에 따라 양분공급 양상이 달라지므로[20] 토양 산도를 중성으로 교정하면서 년간 반복 실험을 통하여 연령별 적합한 유기질 비료설정이 필요할 것으로 판단된다.

## 사 사

본 연구는 대구가톨릭대학교 지원에 의하여 수행되었음.

## References

1. Brand, M., “Aronia: native shrubs with untapped potential”, Arnoldia, 67, pp. 14~25. (2010).
2. Kokotkiewicz, A., Jaremicz, Z. and Luczkiewicz, M., “Aronia plants: a review of traditional use, biological activities, and perspectives for modern medicine”, J. Med. Food, 13, pp. 255~269. (2010).
3. Denev, P. N., Kratchanov, C. G., Ciz, M., Lojek, A. and Kratchanova, M. G., “Bioavailability and antioxidant activity of black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) polyphenols: in *vitro* and in *vivo* evidences and possible mechanisms of action: a review”, Compr. Rev. Food Sci., 11, pp. 471~489. (2012).
4. Kulling, S. E. and Rawel, H. M., “Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) - a review on the characteristic components and potential health effects”, Plant Med., 74, pp. 1625~1634. (2008).
5. Jeppsson, N., “The effects of fertilizer rate on vegetative growth, yield and fruit quality, with special respect to pigments, in black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) cv. ‘Viking’”, Scientia Hortic., 83, pp. 127~137. (2000).
6. RDA, “Aronia”, RDA Press, Suwon. Korea, pp. 1~50. (2015).
7. Eck, P., “Relationship of nitrogen nutrition of ‘Early black’ cranberry to vegetative growth, fruit yield and quality”, J. Amer. Soc. Hort. Sci., 101, pp. 375~377. (1976).
8. Kim, B. S., Pagay, V., Cho, K. C., Na, Y. G., Yun, B. K., Choi, K. J., Jung, S. K. and Choi, H. S., “Effect of oil cake application on soil and leaf nutrition and on fruit yields in non-astringent persimmon (*Diospyros* × *kaki* Thunb.) trees”, J. Hort. Sci. Biotechnol., 90, pp. 203~209. (2015).
9. Tagliavini, M., Scudellari, D., Marangoni, B. and Toselli, M., “Mineral nutrient partitioning to fruits of deciduous trees”, Acta Hortic., 512, pp. 131~140. (2000).

10. Cannell, M. G. R., “Dry matter partitioning in tree crops In: Cannell, M. G. R. and J. E. Jackson. (eds.). Attributes of trees as crop plants”, Institute of terrestrial ecology, Abbots Ripton, England, pp. 160~193. (1985).
11. Ferree, D. C. and Warrington, I. J., “Apples. Botany, production and uses”, CABI Publishing, London, UK, pp. 1~660. (2003).
12. Conradie, W. J., “Seasonal uptake of nutrients of Chenin Blanc in sand culture II. Phosphorous, potassium, calcium and magnesium”, S. Afr. J. Environ. Vitic. 40, pp. 7~13. (1981).
13. KMA, “Statistical analysis of climate”, Korea Meteorological Administration, KMA. (2019).
14. RDA, “Standard analysis method of soil and plant”, RDA Press, Suwon. Korea, pp. 1~838. (2003).
15. Faust, M., “Physiology of temperate zone fruit trees”, A Wiley & Son, Inc., New York, USA. 338 p. (1989).
16. Zhu, S., Vivanco, J. M. and Manter, D. K., “Nitrogen fertilizer rate affects root exudation, the rhizosphere microbiome and nitrogen-use-efficiency of maize”, Appl. Soil Ecol., 107, pp. 324~333. (2016).
17. Kwack, Y. B., Cahe, W. B., Lee, M. H., Jeong, H. W., Rhee, H. C., Kim, J. G. and Kim, H. L., “Effect of nitrogen fertigation on the growth and nutrition uptake of ‘Brightwell’ rabbiteye blueberry”, Kor. J. Environ. Agric., 36, pp. 161~168. (2017).
18. Vargas, O. L. and Bryla, D. R., “Growth and fruit production of highbush blueberry fertilized with ammonium sulfate and urea applied by fertigation or as grannular fertilizer”, HortScience, 50, pp. 479~495. (2015).
19. Chiraz, M. C., “Growth of young olive trees: water requirements in relation to canopy and root development”, Am. J. Plant Sci., 4, pp. 1316~1344. (2013).
20. Jung, S. M., Chang, E. H., Kim, J. G., Park, S. J., Nam J. C., Roh, J. H., Hur, Y. Y. and Park, K. S., “Nutrient distribution and requirements of Jinok, Hongisul grapevine bred in Korea”, J. Bio-Environ. Control, 21, pp. 327~335. (2012).