

은행나무 苗木에 對한 施肥가 生長 및 葉內 養分과
有用 抽出物 濃度에 미치는 影響^{1*}

孫堯丸² · 金眞水² · 黃在弘² · 朴正洙³

Fertilization Effects on Growth, Foliar Nutrients and
Extract Concentrations in *Ginkgo* Seedlings^{1*}

Yowhan Son², Zin-Suh Kim², Jae Hong Hwang² and Jung Soo Park³

요 약

은행나무 3년생 묘목에 각기 다른 수준의 질소, 인, 질소와 인 복합비료를 시비하고, 묘목의 성장 및 엽내 양분과 유용 추출물의 농도를 측정하였다. 시비 후 묘목의 잎, 줄기, 뿌리의 생체량은 고농도 질소와 인 복합비료 처리구 이외에서는 변화가 없었으며, 엽내 질소와 인 농도의 변화 정도는 시비량에 따라 차이가 있었다. 일반적으로 엽내 질소와 인의 농도는 시비량 증가에 따라 증가하나, 질소 시비량이 400kg/ha인 경우와 인 시비량이 100kg/ha에서는 오히려 감소하였다. 묘목 성장량과 엽내 양분 농도를 고려할 때 묘목은 질소와 인이 결핍된 상태에 있었던 것으로 볼 수 있었다. 시비 후 엽내 이차 대사 물질인 Ginkgo flavon glycosides와 terpene lactones의 농도는 감소하였으며, 은행나무 묘목에서 생체량과 이차 대사 물질량 사이에는 부의 상관관계 ($r=-0.739$, $p=0.036$)가 있는 것으로 나타났다.

ABSTRACT

We measured seedling growth, foliar nutrient and extract concentrations of 3-year-old *Ginkgo biloba* seedlings growing in a nursery following a single fertilization with nitrogen (N), phosphorus (P) and nitrogen plus phosphorus (N+P) fertilizers. Fertilization did not change foliage, stem and root biomass of the seedlings except for the high N+P treatment. Foliar N and P concentrations following fertilization varied according to the amount of fertilizers. In general, foliar N and P concentrations increased with fertilization, but fertilization with 400kg N/ha and 100kg P/ha decreased foliar N and P concentrations, respectively. Seedling growth and foliar nutrient concentrations showed that N and P were the growth-limiting nutrients in our study site. It was found that fertilization reduced the concentrations of secondary metabolites (Ginkgo flavon glycosides and terpene lactones) in foliages. It seemed there was a relationship between foliage biomass production and secondary chemicals in *G. biloba* seedlings.

Key words : Ginkgo biloba seedlings, nitrogen, phosphorus, fertilization, Ginkgo flavon glycosides, terpene lactones, biomass

¹ 接受 1998年 1月 16日 Received on January 16, 1998.

² 고려대학교 산림자원학과 Department of Forest Resources, Korea University, Seoul 136-701

³ 신경인더스트리 중앙연구소 생명과학연구개발실 Life Science Division, Corporate R&D Center, Sunkyong Industries, Suwon 440-745.

* 본 논문은 1995년도 농림부 현장애로기술과제 연구비 지원에 의해 수행된 연구 결과의 일부임.

서 론

은행나무 (*Ginkgo biloba* L.)는 지구상에 가장 오랫동안 존재하고 있는 수목 중의 하나로 살아 있는 화석이라고 불리운다. 은행나무는 관상수로 식재되고 있을 뿐 아니라 종자는 식용과 약용으로 그리고 목재는 고급가구재로 가치가 있는 것으로 알려지고 있다(Del Tredici, 1993; Major, 1967; Son과 Kim, 1997). 특히 은행나무 잎은 동양에서 오랫동안 약재로서 사용되어 왔고, 최근에는 추출된 flavonoids와 terpenes 등의 2가지 물질이 학습 및 기억능력 향상 등에 약리효과가 있음이 밝혀져 유럽과 북미에서는 이들이 의약품 또는 보조제로서 상품화되어 널리 사용되고 있다 (Rong 등, 1996; Sticher, 1993). 이런 이유 때문에 은행나무 잎 추출물의 종류나 약효에 관한 연구는 많으나 추출물의 종류나 농도에 영향을 미치는 유전적, 환경적 요인에 관한 생리생태적 측면의 기초연구는 매우 미흡한 실정이다 (Del Tredici 등, 1992; Ling, 1992).

질소와 인은 식물체 구성원소이며 생리적 현상을 나타내는데 필수적인 영양원으로서 임목의 생장을 제한하는 인자로 알려져 있으며, 많은 수종이 질소와 인의 시비 후 생장이 증가됨을 보고되었다. 특히 은행나무에서도 질소의 시비에 따라 생장이나 임목 부위별 양분 농도의 변화가 나타난 결과가 보고된 바 있다 (유종훈, 1985; Brinkman과 Boerner, 1994). 그러나 이 수종을 대상으로 질소와 인을 함께 시비하였을 때, 생장 및 양분의 농도, 엽내 유용 추출물의 변화에 어떠한 영향을 미치는지는 잘 알려져 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 은행나무 3년생 묘목을 대상으로 각기 다른 농도의 질소, 인, 그리고 질소와 인의 복합비료를 시용한 후에, 묘목의 생장, 엽내 질소와 인 그리고 유용 추출물 (*Ginkgo flavon glycosides*와 *terpene lactones*) 농도의 변화를 파악하는 것을 목적으로 하였다.

재료 및 방법

1. 시비 실험

1996년 4월 초 고려대학교 자연자원대학 구내 묘포에 식재된 3년생 실생묘에 한차례 시비하였다. 질소는 유안 ((NH₄)₂SO₄), 인은 과린산석회

(Ca(H₂PO₄)₂ · H₂O)의 형태로 묘상에 골고루 표면살포하였으며, 시비처리는 질소 3수준, 인 2수준, 질소와 인의 혼합 2수준으로 처리하였다. 그 처리 내용은 성분량이 1ha를 기준으로 질소의 경우 100kg (N100), 200kg (N200), 400kg (N400), 인의 경우 50kg (P50), 100kg (P100), 그리고 질소와 인의 혼합으로 200kg+100kg (N200+P100)과 100kg+50kg (N100+P50)의 7가지 및 대조구 (control) 등 총 8가지로 하였다. 처리구 당 묘목의 본수는 50본으로 하였으며, 처리구 간에는 최소한 1m 이상의 간격을 두어 시비 처리가 상호 영향을 받지 않도록 하였다.

2. 생장 측정

1996년 9월 말 처리구별로 6-10본씩의 묘목을 수확하였다. 묘목은 뿌리 부위가 손상되지 않도록 조심스럽게 굴취하여 지상부와 지하부로 분리하고 지하부를 흐르는 물에 씻어 뿌리의 흙을 제거하였다. 시료가 건조되기 이전에 지상부와 지하부의 길이를 0.1cm 단위까지 측정하였고 지상부는 다시 줄기와 잎으로 분리하였다. 분리된 잎, 줄기, 뿌리 등을 75℃의 건조기에서 48시간 이상 향량이 될 때까지 건조시켜 0.01g 단위까지 건량을 측정하였다.

3. 잎과 토양 시료 분석

1996년 9월과 10월 말, 처리구별로 20본의 묘목에서 잎을 채취하였다. 채취한 시료를 대상으로 Regent Instruments®의 Folia 3.3을 사용하여 엽면적을 측정하였고, 75℃의 건조기에서 48시간 이상 향량이 될 때까지 건조시켜 건량을 측정하고 다음 specific leaf area (SLA)를 산출하였다. 엽면적을 측정하고 잎 시료를 분쇄하여 H₂SO₄에 K₂SO₄, CuSO₄ 촉매제를 첨가하고 Lachat BD46로 Kjeldahl 분해하여 Bran-Lubbe Traccs 800 자동분석기로 전질소와 인의 농도를 측정하였다.

10월 말 묘목을 수확한 다음 직경 5cm, 길이 30cm의 토양 채취기를 이용하여 처리구별로 임의의 4개소에서 지표로부터 20cm까지의 토양 시료를 채취한 후 시료는 고루 섞어 처리구 당 1개씩의 토양분석용 시료를 만들었다. 입경분석은 Pipette법으로 실시하였으며 미국 농무성법에 따라 토성을 구분하였다. 토양 pH는 물과 1:1의 비율로 섞어 pH meter로 측정하였고, K, Ca,

Na, Mg은 풍건 세트 5g을 1N Ammonium acetate로 용탈시킨 다음 ICP-AES로 농도를 측정하였다. 전질소와 인은 토양 시료 0.3g을 Lachat BD46로 Kjeldahl 분해하고 Bran-Lubbe Traccs 800 자동분석기로 농도를 측정하였다. 토양 중의 유효태인산 (Lancaster법)과 유기탄소 (Tyurin법)의 농도, 그리고 CEC 등도 측정하였다 (농업기술연구소, 1988).

4. 추출물 분석

1996년 9월 각 처리구에서 개체의 구분없이 잎을 채취한 다음 고루 섞어 처리구 당 2개씩의 시료를 만들어 기건, 분쇄하여 성분 추출 및 정제에 사용하였다. 은행나무 잎으로부터의 추출물은 HPLC를 이용하여 Ginkgo flavon glycosides (GFG)와 terpen lactones (TL)을 분석하였으며, 추출, 정제 과정 및 분석 조건은 다음과 같다. 즉 기건하여 50 mesh 이하로 분쇄한 잎 50g을 10배 부피의 50% (v/v) 메탄올 수용액으로 3시간씩 3회 추출하여 여액을 모은 후 감압 농축하여 용매를 제거시키고 증류수를 가하여 500ml로 정확히 표시하여 용해하였다. Sticher (1993)의 방법을 변형하여 상기 여액중 GFG 분석을 위하여 50 ml를 정확히 취하여 동결건조한 후, 고형분을 1.5N HCl 20ml 및 메탄올을 가하여 용해시키고 50ml로 표시하였다. 이를 100℃ 수욕상에서 25분간 가수분해하여 HPLC를 이용하여 quercetin, kaempferol 및 isorhamnetin의 양을 정량함으로써 각각의 화합물의 glycosides 형태 양을 산정하였다. 이때 HPLC 분석은 물 : 메탄올 : 초산 (60 : 40 : 3)의 혼합용매를 이동상으로 하여 NovaPak C₁₈ (3.9×150mm) Column으로 UV 365nm에서 검출하였다. 한편 TL의 분석은 van Beek 등 (1991)의 방법을 변형하여 상기한 추출물 여액 450ml를 동량의 Ethyl acetate로 3회 층분리하여 Ethyl acetate 층을 도아 감압 농축시킨 후 5ml 메탄올에 녹여 Sep-pak으로 전처리한 후, 여과하여 물 : 메탄올 (8 : 2)의 혼합용매를 이동상으로 NovaPak C₁₈ (3.9×150mm) Column을 이용하여 Refractive Index (RI) 검출기로 bilobalide 및 ginkgolides (A, B, C and J)를 정량하였다.

은행나무 묘목의 생장, 잎에서의 양분 및 유용 추출물 농도, 그리고 토양의 성질 등에 관한 모든 자료는 SAS를 사용하여 처리 간 차이의 유의

성 여부를 검정하였다. 통계적으로 유의성이 인정된 평균치 간의 검정은 Duncan test를 이용하였다. 또한 묘목의 생체량과 유용 추출물 농도간의 상관 관계를 분석하였다 (SAS, 1988).

결과 및 고찰

1. 토양 성질 및 묘목 생장

묘포지의 토양 pH는 시비처리구에 따라 5.14-7.13으로 나타나고 있으며, 특히 인을 사용한 처리구가 다른 처리구보다 높은 값을 보였다. 토양 내 전질소의 농도는 0.054-0.144%, 총인의 농도는 0.021-0.026%, 그리고 유효태 인산의 농도는 1.75-6.47ppm으로 나타났으며, 토양 내 유기탄소의 농도는 0.6-1.8%, CEC는 2.2-4.2me/100g으로 낮은 값을 보였다. 토양 구성 무기광물 입자는 점토 22.2%, 미사 22.2%, 모래 55.6% 등으로 토성은 사질식양토에 해당하였다. 묘목이 식재된 묘포는 최근에 조성된 토양 형성 작용이 미진한 토양으로 일반 묘포나 산림토양에 비해 양분 조건이 매우 척박한 상태에 있는 것으로 판단되었다.

시비 후 묘목의 생장을 측정한 결과 지상부 길이는 시비 처리간 차이가 통계적으로 인정되었으나, 지하부의 길이와 묘목 전체의 길이는 시비 처리간 차이가 없는 것으로 나타났다 (자료 미제시). 이와 같은 결과는 은행나무 1년생 묘목을 대상으로 액상의 질소비료를 사용한 다른 연구 (유종훈, 1985)에서도 유사하게 나타난 바 있다. 시비 처리가 묘목의 생체량에 미치는 영향은 N200+P100 처리구를 제외하고는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 (Table 1). 은행나무 묘목의 잎, 줄기, 뿌리, 전체의 생체량은 N200+P100 처리에서 가장 높은 값을 보이고, 질소와 인의 단일 시비에서는 시비량 증가가 생체량 변화에 영향을 미치지 않는 것으로 보인다. 줄기의 생체량에서는 질소의 경우 N100에서 N200으로 시비량을 증가시키면 생체량이 증가하나, 인의 경우 시비량 증가가 오히려 생체량을 감소시키는 것으로 나타나고 있다. 뿌리의 경우는 질소와 인의 복합비료의 시비량 증가가 생체량을 감소시키는 것으로 나타나고 있다. 시비가 묘목의 생장에 미치는 영향은 시비 후 경과되는 시일에 따라 다르게 나타날 수 있으나, 현재까지의 측정 결과를 토대로 보면 본 연구 결과는 묘목의 생체량 증가

Table 1. Seedling biomass following fertilization treatments in 3-year-old *Ginkgo biloba* seedlings. Values in the parenthesis represent one standard error of the mean.

Treatment	Folige (g)	Stem (g)	Root (g)	Total weight (g)	T/R ratio
Control	19.6(2.9)b	37.0(5.2)b	57.8(7.8)ab	114.4(14.8)b	0.99(0.08)bc
N100	13.9(2.1)b	26.5(4.2)b	66.6(18.3)ab	107.0(23.7)b	0.70(0.10)d
N200	22.6(6.4)ab	51.0(11.9)ab	93.0(16.1)ab	166.6(29.0)ab	0.83(0.17)cd
N400	22.7(4.1)ab	42.9(6.5)ab	66.5(12.4)ab	132.1(22.6)ab	1.02(0.07)abc
P50	16.3(1.8)b	47.3(4.6)ab	54.4(4.5)ab	118.0(10.1)b	1.17(0.04)ab
P100	16.8(3.5)b	29.2(5.9)b	51.6(9.9)b	97.6(18.9)b	0.89(0.04)bcd
N100 + P50	24.4(8.7)ab	49.7(10.2)ab	54.8(11.0)ab	128.9(29.7)ab	1.30(0.10)a
N200 + P100	38.2(9.7)a	69.3(16.6)a	96.0(18.9)a	203.5(44.4)a	1.12(0.09)abc

Values with the same letter in the same column did not differ at $p=0.05$.

를 위한 질소와 인의 단일 및 복합 시비량 결정 기준을 제시할 수 있는 가능성을 보이고 있다.

2. 묘목 내 양분 변화

9월과 10월에 채취한 잎에서의 SLA는 시비처리구간에 통계적으로 유의한 차이를 보이고 있다 (Table 2). 묘목에서의 잎의 단위 건량당 엽면적은 대조구에서 가장 높고, 질소와 인을 함께 시비한 처리구에서 가장 낮아 은행나무 묘목에서 시비가 잎의 단위 면적 당 생체량 증가 효과를 가져온 것으로 볼 수 있다 (Table 2). 그리고 질소와 인의 복합비료 시비 (N200 + P100, N100 + P50)에서 SLA의 값이 가장 낮은 것은 실험이 행해진 토양에서 질소와 인 모두가 성장 제한요소로 작용하기 때문에 보충된 이들 두 원소의 영향으로 생장이 증가한 것으로 볼 수 있다. 대조구에서 질소와 인의 농도가 가장 낮은 것도 이러한 사실을 뒷받침한다고 할 수 있다. 대조구에서 조사된 9월과 10월의 SLA 값이 각각 119, 148 cm²/g 등으로 다른 연구에서 7월에 측정된 170 cm²/g에 비해 (Son과 Kim, 1997) 매우 낮게 나타나고 있다. 한편 9월의 SLA는 모든 처리구에서 10월의 SLA에 비하여 낮게 나타나고 있는데, 이는 건중량의 감소에 기인한 것으로 은행나무 잎은 8-9월까지 건중량이 증가하여 최고치를 보이다가 그 후 점차 감소하여 낙엽 직전 최저치를 보인다는 Flesch 등 (1992)이나 Shim과 Ahn (1982)의 연구 결과와 일치된다.

대조구에서 잎의 질소와 인 농도는 9월 시료의 경우 각각 0.95%와 0.07%, 10월 시료의 경우 0.32와 0.04%로 나타나고 있다. 이와 같은 수치

는 임목의 성장 기간 (보통 6-8월) 동안 은행나무 성목을 대상으로 측정된 질소 농도 2.2-2.4%와 인 농도 0.2-0.5%에 비해 매우 낮은 것이다 (유중훈, 1985; Brinkman과 Boerner, 1994; Shim and Ahn, 1982; Son과 Kim, 1997). 이것은 임목에서 일반적으로 일어나는 낙엽 전 양분의 수체 내 다른 부위로의 이동에 의한 결과로 볼 수 있으며 (Brinkman과 Boerner, 1994), 낙엽이 지기 바로 전인 10월 말에 채취한 잎에서 질소와 인의 농도가 더욱 감소한 결과에서도 확인되고 있다.

모든 종류의 시비 처리가 엽내 질소 농도의 증가를 가져 왔는데, 시비 종류별 엽내 질소 농도의 변화 경향은 9월과 10월에 채취한 잎에서 큰 차이는 없는 것으로 나타나고 있다. 엽내 질소 농도는 질소 시비량 N200까지는 증가하나 N400에서는 오히려 감소하고, 엽내 인의 농도도 P50에서는 증가하나 P100에서는 감소하고 있다. 그러나 복합비료의 경우 엽내 질소의 농도는 N100이 포함될 때, 그리고 인의 농도는 P100이 포함될 때 가장 높은 값을 보이고 있다. 한편 유중훈 (1985)도 은행나무 묘목에서 질소의 시비량 증가가 엽내 질소 농도 증가로 나타난 결과를 보고한 바 있다.

9월과 10월의 양분 농도 차이를 기준으로 엽내 양분 재순환율을 구한 결과 대조구에서 질소는 67%, 인은 43%가 다른 부위로 이동되어 다른 시비 처리구에서 보다 높은 재순환율을 보이고 있다. 이는 토양 내 양분 조건이 열악할수록 잎으로부터 가능한 한 많은 양분을 다른 부위로 이동시켜 양분의 이용 효율을 높인다는 기존의 연

Table 2. Foliage specific leaf area (SLA) and N and P concentrations in foliage following fertilization treatments in 3-year-old *Ginkgo biloba* seedlings.

Treatment	September			October		
	SLA (cm ² /g)	Total N (%)	Total P (%)	SLA (cm ² /g)	Total N (%)	Total P (%)
Control	119.1(3.8)a	0.95(0.04)e	0.07(<0.01)e	148.4(7.8)a	0.32(0.03)e	0.04(0.01)d
N100	115.0(3.2)ab	1.22(0.06)d	0.06(0.01)e	131.5(4.9)ab	0.49(0.08)de	0.03(0.01)d
N200	106.1(3.3)bcd	2.26(0.15)a	0.16(0.03)de	121.7(4.4)bcd	1.68(0.15)a	0.54(0.13)bc
N400	103.4(3.2)dc	1.17(0.06)d	0.35(0.05)c	114.7(5.8)dc	0.64(0.06)d	0.50(0.07)bc
P50	117.5(3.3)a	2.09(0.09)ab	0.70(0.05)a	135.8(4.3)a	1.64(0.08)ab	0.79(0.04)a
P100	108.9(0.8)abc	2.00(0.10)b	0.42(0.06)bc	134.8(3.9)abc	1.88(0.13)a	0.49(0.08)bc
N100+P50	84.0(5.7)e	2.20(0.08)ab	0.22(0.02)d	108.0(3.5)e	1.36(0.08)b	0.38(0.05)c
N200+P100	98.5(2.2)d	1.48(0.05)c	0.50(0.03)b	118.7(4.3)d	0.94(0.08)c	0.68(0.05)ab

Values with the same letter in the same column did not differ at $p=0.05$.

구 결과 (Stachurski와 Zimka, 1975)와 일치하는 경향을 보이고 있다. 그러나 본 연구에서는 임목 생장 후기에 2차례만 시료를 채취하여 잎에서의 양분 이동 현상을 확인한 것이므로, 은행나무에서 시비가 양분 재순환율에 미치는 영향을 보다 명확히 구명하기 위해서는 잎의 양분 농도 변화를 연중 지속적으로 측정하는 연구가 필요하다.

3. 엽내 추출물

시비 처리 후의 엽내 추출물 농도 변화는 Table 3와 4에 나타나 있다. 대조구에서 조사된 GFG 16.7mg/g과 TL 6.2mg/g의 수치는 Hasler와 Meier (1993)이 보고한 GFG 0.95-1.35%와 TL 0.44-0.51에 비해 매우 높게 나타났다. 그러나 이러한 차이가 분석 방법이 상이함에 따라 생기는 것인지 (Sticher, 1993) 또는 유전, 생육 환

경의 차이에서 기인한 것인지는 (Flesch 등, 1992) 분명하지 않다. 또한 일반적으로 추출물의 농도는 잎의 채취 시기에 따라 큰 변화를 보이므로 (Flesch 등, 1992; Hasler와 Meier, 1993; Lobstein 등, 1991; van Beek와 Lelyveld, 1992), 본 연구에서 사용된 잎이 추출물의 농도가 최고치에 도달한 시점의 것이었는지 여부는 연중 지속적인 시료 채취와 분석을 통하여 판단이 가능할 것으로 보인다. GFG 농도는 대조구에서 가장 높은 수치를 보이고 있고, quercetin glycoside와 kaempferol glycoside도 각각 8.16과 7.32mg/g으로 다른 시비 처리구보다 높은 수치를 보이고 있다 (Table 3). 질소의 공급량 증가에 따른 GFG 농도 변화는 뚜렷한 경향이 나타나지 않았으나, 인의 경우에는 GFG의 세가지 성분 모두 증가하는 경향을 보이고 있다. 한편

Table 3. Ginkgo flavon glycosides (GFG) concentrations from foliage of 3-year-old *Ginkgo biloba* seedlings following fertilization treatments.

Treatment	Quercetin	Kaempferol	Isorhamnetin	GFG (mg/g)
	Glycosides (mg/g)	Glycosides (mg/g)	Glycosides (mg/g)	
Control	8.16(0.18)a	7.32(0.51)a	1.32(0.08)ab	16.79(0.76)a
N100	7.95(0.96)ab	6.43(0.39)ab	1.22(0.12)ab	15.60(1.47)ab
N200	6.45(0.91)abc	6.21(0.44)ab	1.54(0.13)a	14.20(1.48)ab
N400	6.73(0.42)abc	7.47(0.19)a	1.25(0.12)ab	15.45(0.73)ab
P50	6.67(0.38)abc	6.23(0.27)ab	1.16(0.06)ab	14.08(0.70)ab
P100	7.96(0.46)ab	6.67(0.27)ab	1.44(0.14)a	16.06(0.86)ab
N100 + P50	4.90(0.26)bc	5.18(0.28)b	0.85(0.03)b	10.93(0.57)b
N200 + P100	4.76(0.28)c	5.24(0.28)b	0.81(0.05)b	10.80(0.60)b

Values with the same letter in the same column did not differ at $p=0.05$.

Table 4. Terpene lactones (TL) concentrations (mg/g) from foliage of 3-year-old *Ginkgo biloba* seedlings following fertilization treatments.

Treatment	Bilobalide (mg/g)	Ginkgolides (mg/g)	TL (mg/g)
Control	2.70(0.21)a	3.48(0.32)abc	6.18(0.53)ab
N100	2.30(0.12)abc	3.17(0.24)abc	5.47(0.36)abc
N200	2.50(0.15)ab	2.97(0.32)abc	5.46(0.46)abc
N400	2.55(0.08)a	3.89(0.19)a	6.44(0.27)a
P50	1.83(0.03)bc	2.62(0.02)bc	4.44(0.04)bc
P100	1.75(0.11)bc	2.37(0.25)c	4.13(0.36)c
N100 + P50	2.80(0.14)a	3.14(0.11)abc	5.94(0.25)abc
N200 + P100	2.61(0.06)a	3.62(0.06)ab	6.23(0.12)ab

Values with the same letter in the same column did not differ at $p=0.05$.

질소와 인의 복합 시비 처리구에서의 GFG 농도는 질소나 인의 단일 시비에 비해 현저히 낮게 나타나고 있다. TL 농도는 대조구에서 6.2mg/g으로 N200+P100과 N400에서의 각각 6.2, 6.4 mg/g 등보다는 약간 낮으나 여전히 높은 수치를 보이고 있다. 특히 인의 단일 시비는 bilobalide와 ginkgolides의 감소를 가져와 이들의 합인 TL의 농도가 P50과 P100에서 각각 4.44와 4.13mg/g으로 다른 처리구나 대조구에 비해 낮아 인의 공급이 TL 농도를 감소시키는 것으로 나타나고 있다 (Table 4).

토양 양분이 부족한 곳에 생육하고 있는 식물체는 체내 이차 대사 물질의 양을 증가시킨다는 가설이 있으며 (Tuomi, 1992), 비옥도가 이차 대사물질의 농도 변화에 미치는 영향은 이차 대사 물질이나 식생의 종류에 따라 차이가 많은 것으로 알려지고 있다. 예컨대 시비 후 식물체 엽내 flavonoids는 감소하나 (Lavola와 Julkunen-Tiitto, 1994), terpene은 변화가 없으며 (Muzika, 1993), phenolics와 tannins는 감소하거나 (Muzika, 1993; Ruohomaki 등, 1996) 또는 변화가 없는 (Dudt와 Shure, 1994) 등 연구 결과에 따라 차이가 있다. 그러나 은행나무를 대상으로 한 연구에서는 묘목 내 terpene의 함량이 실내의 광조건에 따라 변화함이 밝혀진 이외에 (Flesch 등, 1992), 다른 환경 요인에 의한 이차 대사 물질 함량에 대한 영향이 연구된 바가 없다. 따라서 본 연구 결과 토양의 질소와 인의 유효도가 엽내 추출물 농도에 영향을 주고 있는 것으로 밝혀지고 있으므로 앞으로 토양의 비옥도를 포함하여 임목의 성장에 영향을 주는 보다 다양한 환경 조

건 하에서의 추출물 농도 변화를 파악하는 연구가 필요한 것으로 사료된다.

본 연구 결과 일반적으로 시비 후 은행나무 묘목의 생체량은 증가하나 잎에서의 유용 추출물 농도는 감소하는 경향이 있어 생체량과 추출물의 농도 간에 관련이 있는 것으로 볼 수 있다. 유용 추출물 중 GFG와 묘목 총생체량 사이에는 부의 상관관계 ($r=-0.676$, $p=0.066$)가 있었으며, 묘목 구성 부위별로 분류하면 GFG와 잎의 생체량 ($r=-0.739$, $p=0.036$), 그리고 줄기의 생체량 ($r=-0.815$, $p=0.014$) 사이에는 보다 밀접한 상관 관계가 있는 것으로 나타나고 있다 (Fig. 1). 특히 잎에서 생체량과 추출물 간에 부의 상관 관계가 있음이 밝혀진 것은 은행나무의 이용면에서 추출물 생산을 위주로 할 경우 최대의 추출물 함량을 위한 적정 잎의 건량과 추출물 농도간의 균

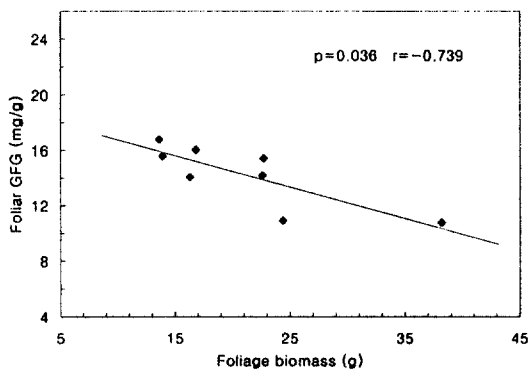


Fig. 1. Relationship between foliar Ginkgo flavon glycosides (GFG) concentration and foliage biomass in 3-year-old *Ginkgo biloba* seedlings.

형이 필요함을 의미하는 것이다. 한편 Lavola와 Julkunen-Tiitto (1994)도 *Betula pendula* 묘목에서 생체량과 phenolics를 비롯한 이차 대사 물질 농도 사이에 부의 상관 관계가 있음을 보고한 바 있다. 이러한 결과들은 식물에서 탄소와 양분의 균형에 따라 이차 대사 물질의 양이 결정된다는 가설에 부응하는 것으로 볼 수 있다 (Tuomi, 1992).

인 용 문 헌

1. 농업기술연구소. 1988. 토양화학분석법 : 토양, 식물체, 토양미생물. 농촌진흥청 농업기술연구소. 450pp.
2. 유종훈. 1985. 질소시비의 수준차이에 따른 은행나무 생장에 관한 연구. 성균관대학교 석사학위논문. 34pp.
3. Brinkman, J.A. and R.E.J. Boerner. 1994. Nitrogen fertilization effects on foliar nutrient dynamics and autumnal resorption in maiden-hair tree (*Ginkgo biloba* L.). J. Plant Nutrition 17 : 433-443.
4. Del Tredici, P. 1993. *Ginkgo chichi* : in nature, legend & cultivation. International Bonsai. 4 : 20-25.
5. Del Tredici, P., H. Ling and G. Yang. 1992. The *Ginkgos* of Tian Mu Shan. Conservation Biology 6 : 202-209.
6. Dudt, J.F. and D.J. Shure. 1994. The influence of light and nutrients on foliar phenolics and insect herbivory. Ecology 75 : 86-98.
7. Flesch, V., M. Jacques, L. Cosson, B.P. Teng, V. Petiard and J.P. Balz. 1992. Relative importance of growth and light level on terpene content of *Ginkgo biloba*. Phytochemistry 31 : 1941-1945.
8. Hasler, A. and B. Meier. 1993. *Ginkgo biloba* -content of flavonoids and terpenes from leaves during the harvest time and from full extracts determined by chromatographic and biological methods. Planta Med. 59 : A632.
9. Lavola, A. and R. Julkunen-Tiitto. 1994. The effect of elevated carbon dioxide and fertilization on primary and secondary metabolites in birch, *Betula pendula* (Roth). Oecologia 99 : 315-321.
10. Ling, H. 1992. Origin and distribution of *Ginkgo biloba*. Forestry Chronicle 68 : 612-613.
11. Lobstein, A., L. Rietsch-Jako, M. Haag-Berrurier and R. Anton. 1991. Seasonal variations of the flavonoid content from *Ginkgo biloba* leaves. Planta Med. 57 : 430-433.
12. Major, R.T. 1967. The ginkgo, the most ancient living tree. Science 157 : 1270-1273.
13. Muzika, R.M. 1993. Terpenes and phenolics in response to nitrogen fertilization : a test of the carbon/nutrient balance hypothesis. Chemoecology 4 : 3-7.
14. Rong, Y., Z. Geng and B.H.S. Lau. 1996. *Ginkgo biloba* modulates glutathione redox cycle in vascular endothelial cells. Nutrition Research 16 : 1913-1923.
15. Ruohomaki, K., F.S. Chapin, E. Haukioja, S. Neuvonen and J. Suomela. 1996. Delayed inducible resistance in mountain birch in response to fertilization and shade. Ecology 77 : 2302-2311.
16. SAS. 1988. SAS/STAT User's Guide. 6.03 edition. SAS Institute Inc.
17. Shim, K.K. and Y.H. Ahn. 1982. Seasonal changes in nitrogenous compounds in senescing leaf and bark tissues of the ginkgo trees. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 23 : 314-322.
18. Son, Y. and H.W. Kim. 1997. Above-ground biomass and nutrient distribution in a 15-year-old ginkgo (*Ginkgo biloba*) plantation in central Korea. Bioresource Technology (in press).
19. Stachurski, A. and J.R. Zimka. 1975. Methods of studying forest ecosystems : leaf area, leaf production and withdrawal of nutrients from leaves of trees. Ekol. Pol. 23 : 637-648.
20. Sticher, O. 1993. Quality of *Ginkgo* preparations. Planta Med. 59 : 2-11.
21. Tuomi, J. 1992. Toward integration of plant defence theories. TREE 7 : 365-367.
22. van Beek, T.A. and G.P. Lelyveld. 1992. Concentration of ginkgolides and bilobalide

- in *Ginkgo biloba* leaves in relation to the time of year. *Planta Med.* 58 : 413-416.
23. van Beek, T.A., H.A. Scheeren, T. Rantio, F.C. Griepink and W.C. Melger. 1991. Determination of ginkolides and bilobalide in *Ginkgo biloba* leaves and phytopharmaceuticals. *J. Chromatogr.* 543 : 375-387.