

북한 평양 상원지역에서 1년생 4배체 아까시나무의 성장특성과 엽성분 함량^{1a}

김영환^{2*} · 강호상³ · 박고은⁴ · 이돈구⁴

Characteristics of Growth and Leaves Component Contents of in One Year Old Tetraploid

Robinia pseudoacacia at Sangwon Area in Pyongyang, DPR Korea^{1a}

Jin Yonghuan^{2*}, Ho-Sang Kang³, Go Eun Park⁴, Don Koo Lee⁴

요 약

본 연구에서는 중국 북경 옌칭(延慶)으로부터 북한 상원지역에 도입한 1년생 묘목 4배체 아까시나무를 대상으로 식재 입지별로 1년생 묘목의 성장특성을 분석하고, 엽내 3가지 성분의 함량 측정을 통해 향후 식재 후 수확한 엽의 사료첨가제로 이용 가능성을 검토하였다. 그 결과, (1) 상원지역에서 평지에 식재한 4배체 아까시나무는 중국의 옌칭지역 내 4배체 아까시나무에 비해 당년생 맹아지의 길이와 근원경이 50%정도 작게 나타났다. (2) 상원지역의 4개 사면입지에서 4배체 아까시나무의 당년생 맹아지의 길이 생장은 동, 서, 남사면에서 북사면에 비해 23~30% 크게 나타났고, 근원경은 동, 남사면의 4배 아까시나무가 북, 서사면에 비해 14~23% 크게 나타났다. (3) 상원지역에서 4배체 아까시나무의 엽내 조단백질과 조회분 함량은 중국 옌칭지역 내 4배체 아까시나무와 마찬가지로 일반 아까시나무 잎에 비해 40% 이상 높게 나타났다.

주요어: 산림생태계, 복구, 산지, 훼손지, 조림

ABSTRACT

The growth characteristics and the several component content of leaves in one year old tetraploid of *Robinia pseudoacacia* introduced at five site planted respectively were surveyed in Sangwon area Pyongyang, and the expand plant possibility and the leaves harvested as feed additive use of possibility in Democratic People's Republic of Korea was discussed in comparison with tetraploid of *R. pseudoacacia* of Yanqing area. The results were as follows (1) the length and stump diameter of annual sprouting stems at Sangwon area were smaller 50% than the tetraploid of *R. pseudoacacia* stems that Yanqing area; (2) the length of sprouting stems in slope sites of Eastern (E), Western(W) and Southern(S) at Sangwon were higher 23~30% than the length that Northern slope site(N), and the diameters of sprouting stem in the slope of Eastern(E) and Southern(S) were higher 14~23% than the slope sites of Northern(N) and Western(W); (3) crude protein contents and ash contents of leaves at Sangwon were higher 40% general *R. pseudoacacia* and similar to the leaves that Yanqing area.

1 접수 2010년 10월 28일, 수정(1차: 2011년 5월 6일, 2차: 2011년 9월 22일), 게재확정 2011년 9월 23일

Received 28 October 2010; Revised(1st: 6 May 2011, 2nd: 22 September 2011); Accepted 23 September 2011

2 중국과학원 심양응용생태연구소 Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang(110-016), China

3 서울대학교 농업생명과학공동기기원 NISEM, Seoul National University, Seoul(151-921), Korea

4 서울대학교 농업생명과학대학 Agriculture & Life Sciences College, Seoul National University, Seoul(151-742), Korea

a 본 연구는 중국과학원 국제협력 중점프로젝트 (GJHZ05) 및 중-한국국제협력연구프로젝트에 의해 수행되었음.

* 교신저자 Corresponding author(jinyh@iae.ac.cn)

KEY WORDS: FOREST ECOSYSTEM, RESTORATION, MOUNTAINS, DEGRADED FOREST, REFORESTATION

서론

북한은 1990년대에 들어 만성적인 식량난, 에너지난과 더불어 집중호우와 가뭄 등 자연재해로 인해 대규모의 산림이 훼손되었다. 2004년 United Nations Environment Programme(UNEP)의 환경보고서에 의하면 1996년도 북한의 산림면적은 890.6 만 ha, 임목축적은 499만³m³으로 추정되며(UNEP, 2003), 북한의 전체 산림면적 중 30%가 황폐화되었다(Kim, 2003; Joen, 2004). 산림황폐화는 북한의 심각한 환경문제로, 북한에서도 이를 복구하기 위해 총력을 기울이고 있다. 과거에 성행하던 다락밭 개간과 대규모 벌채사업은 현저히 줄었으며 1999년대에 들어 백두산 등 주요 산림지대에서 벌목한 원목의 중국수출도 제한되었고 원목도 가공을 한 후에만 수출이 허가되는 등 엄격한 조치가 취해졌다(Seok, 1999; Oh, 2007). 또한 북한에서는 산림 조성 10년 계획을 수립하고 이를 추진하기 위한 조선노동당의 방침을 다지는 내각결정을 채택하기도 하였으며 최근 수년간의 식수기간에는 대규모 식수 캠페인을 조직하여 많은 주민들을 동원하고 있는 실정이다. 특히 국토면적에서 산지가 차지하는 비율이 50%를 넘기 때문에 북한에서는 산림과 피로 인해 발생될 문제들의 심각성을 인식하여 대대적으로 조림사업을 독려하였으나 경제사정 등으로 인해 아직까지 산림조성 과정에서 실효를 거두지 못하고 있다. 이와 동시에 북한은 1980년대 중반이후 에너지난으로 인하여 국가 기간산업외의 많은 기업의 가동률이 저하되기도 하고 이에 수반된 연료난으로 인하여 국민의 생활환경도 극도로 악화되고 있는 실정이다(Jeon, 2004; Seok, 1999). 따라서 황폐산지 조림사업은 생태환경 복원에 있어서 중요한 동시에 연료림 해결에도 도움을 줄 수 있고, 조림 후 생산되는 잎을 수확하여 가축의 사료로 사용이 가능하다면 지역 주민들의 가축양식에 있어서도 도움이 될 것으로 본다.

원산지가 미국인 아까시나무는 19세기말에 중국과 한반도에 도입된 외래수종으로서 뿌리혹박테리아에 의한 토질 개량 등 효과가 있기에 척박한 토질에서도 강한 적응능력을 보이며(Park, 1996), 현재 중국, 한반도, 일본 등 지역에 널리 분포하고 있다(Yim, 1993; Park, 1992). 중국에서 아까시나무 인공림은 100만 정보를 초과하고 있다. 1990년대 이전에는 연간 조림면적이 6~7만 정보에 달했으며(Wang and Zhang, 1993) 1990년대 이후에는 아까시나무의 우량 개체의 선발육종, 내건성이 강한 4배체 아까시나무의 조림 기술과 혼효림의 조림기술 및 4배체 아까시나무를 이용한

사료림과 연료림의 조성관리 등 면에서 많은 연구성과를 거두었다(Cao *et al.*, 2003; Jiang and Xue, 2005; Han and Hou, 2003; Han *et al.*, 2003). Kim and Lee(1972)는 1965년도에 아까시나무 조림지에서 선발한 개체를 이용하여 4배체 아까시나무의 대량증식에 성공하였는데 4배체 아까시나무 잎 기공의 길이는 일반적인 2배체 아까시나무에 비해 크고 기공의 분포밀도도 높으며 소엽도 특별히 큰 특성을 나타내었다. 중국에서는 1990년대 초 한국으로부터 4배체 아까시나무 도입에 성공, 그 후 가시가 적고 소엽이 큰 4배체 아까시나무는 엽내 조단백질 함량과 조섬유질 함량이 높아 사료식물로서의 인정을 받았다(Meng, 2002; Zhang *et al.*, 2007). 특히 강우량이 적은 중국의 북부지역 및 그 외 황하 상, 중류지역에서 4배체 아까시나무는 활착이 잘 되고 생장속도가 빠르기에 대규모 조림에도 이용되고 있다(Tian and Li, 2003).

이에 본 연구에서는 2005년도에 중국 북경으로부터 평양 상원지역에 도입 후 식재한 1년생 4배체 아까시나무를 대상으로 사면입지별로 식재 후 1년간 묘목의 생장량과 생존율 및 1년생 묘목의 맹아지에서 자라는 복엽과 소엽의 수량지표에 대한 조사를 통해 도입 후 훼손된 산지에서 확대재배의 가능성 검토, 그 외에 엽내 조단백, 섬유질, 회분 함량에 대한 측정을 통해 향후 4배체 아까시나무를 이용한 북한의 훼손된 생태계 복구뿐 아니라 4배체 아까시나무 잎을 가축 사료의 “녹색”첨가제로 활용하는데 있어서 필요한 이론적 근거를 제공하고자 하였다(Zhang, 2000).

재료 및 방법

1. 연구대상지

연구대상지는 평양시에서 남동방향으로 40km 떨어진 평양시 상원군 소재 식물학연구소 상원시험장(N39°04', E125°49')에 위치하고 있다. 상원군의 연평균기온은 8.9℃, 1월의 평균기온은 -8.7℃, 8월의 평균기온은 24.1℃, 연평균강수량은 987.6mm에 달하는데 7~8월 사이의 강수량이 연강수량의 56%를 차지하고 주요 토양은 모암을 석회암으로 하는 갈색산림토양이다. 해발 400m이하 지역에는 주로 소나무가 분포하고 해발 400~500m 지역에는 신갈나무 등을 비롯한 기타 활엽수종이 분포한다. 시험장에서 지형이 평평한 평지와 경사도가 10~15도의 동, 남, 서, 북 사면의 하단 부위에서 각각의 시험구를 선정하였고, 유역내 계곡부위에

Table 1. Soil characteristic at Sangwon station

Site	Total N (g/kg)	Available phosphorus (g/kg)	pH	Organic Matter (%)	Soil particles (>0.01mm) (%)
Southern slop	1.118	0.004	5.3	1.82	13.77
Northern slop	1.518	0.005	7.6	2.91	22.96
Flat	1.556	0.005	7.4	2.51	25.22

위치한 평지는 원래 곡물을 재배하였던 밭으로서 잡초가 없었으며 평지시험구 주변에는 물이 흐르는 작은 개울이 있으며, 산지의 사면시험구는 교목이 자라지 않고 여러 가지 잡초와 관목이 자라고 있던 임지이다. 상원시험장의 토양특성은 Table 1과 같다.

북경시 옌칭현(N40°16'~N40°47', E115°44'~E116°34')은 북경시의 북서부에 위치해 있고 북경시로부터 70km정도 떨어져 있으며 내몽골고원과 화북평원의 전이지대에 속하는 산간지역으로서 평균 해발고는 500m로 산지가 73%를 차지한다. 1월의 월평균기온은 -8.7℃, 7월의 월평균기온은 23.3℃, 연평균기온은 8.4℃에 달하며 연평균강수량은 481mm이고 6~8월 사이의 강우량은 연강수량의 75%를 차지한다. 이 지역은 지난 수십년 간 급속한 인구증가와 산지개간, 난밭 등으로 인해 황막화가 진행되면서 황사피해가 심하다. 산지가 동일한 1년생 4배체 아까시나무 묘목을 식재한 대조구(N40°27' 57", E115° 50'3")는 지형이 평평한 사지에 위치하고, 토양은 황사성분이 매우 높은 사지토양이다. 일부 지역에는 사막화방지사업이 추진되어 이미 2000년대 초반부터 4배체 아까시나무를 식재하였다.

2. 연구방법

2005년 3월 중순, 조직배양을 통해 증식한 30,000본의 1년생 4배체 아까시나무 묘목을 준비, 4월초에 지상부 줄기 부분 10cm만 남기고 절단, 플라스틱그물주머니에 담은 후 물을 분사하고 중국 북경에서 기차편으로 평양으로 운송하였다. 평양에 도착된 묘목은 포지에서 가식 후 벗짚으로 덮고, 4월 10~12일 기간에 4배체 아까시나무 1년생 조직배양 묘목을 상원시험장내 평지시험구와 동, 서, 남, 북 사면 시험구에 각각 6000본씩 식재하였다. 묘목은 1.5m × 1.5m 간격으로 균일하게 식재하였고, 생장기가 종료된 9월 말에 5개의 시험구에서 무작위로 각각 50본을 선정하여 맹아지의 길이와 근원경 생장량을 측정하는 동시에 줄기수와 복엽수를 조사하였다. 또한 시험구별로 임의로 각각 5본씩 선정하여 복엽의 소엽수를 조사하고 이를 토대로 개체별로 지상부 줄기에서 1년간 발생한 전체 소엽수를 산출하였으며 각 시험구별로 조사대상의 10본의 개체에서 임의로 복엽을 각각 1개씩 채취하여 복엽의 길이를 측정하였다.

동년 4월에 4배체 아까시나무를 대량으로 식재한 북경시 옌칭현 4배체 아까시나무 평지(대조구)에서는 10월 중순에 동일한 방법으로 조사대상 개체를 선정하고 지상부 당년생 줄기의 길이와 근원경 생장량 및 복엽수를 조사하였다. 또한 조사대상 이외에 별도로 4배체 아까시나무를 5본 선정하여 동일한 방법으로 복엽의 소엽수를 조사하였다. 당해년도 생존율은 9월에 각 시험구에서 맹아지가 발생하지 않고 고사한 묘목에 대한 통계조사를 통해 산출하였다.

상원지역의 4배체 아까시나무를 식재한 평지시험구에서는 9월초에, 북경시 옌칭현 대조구에서는 8월말에 각각 10m이상의 간격으로 10점의 엽시료를 채취하였고, 시료는 건조 후 혼합하여 분말형태로 갈아서 중국의 국가표준에 근거하여 엽내 조단백질(GB/T6432-1994), 조섬유질(GB/T 6434-1994), 조회분(GB/T 6438-1992) 함량을 측정하였다 (Division of Animal husbandry, 2002).

평지시험구와 대조구내 당년생 맹아지 근원경과 줄기생장에 대한 One-way ANOVA 및 입지별 당년생 맹아지 근원경과 줄기생장, 당년생 줄기의 지상부 복엽생장에 대한 LSD검정을 위한 다중비교분석은 SPSS 13.0 통계프로그램을 이용하였다($\alpha = 0.05$).

결과 및 고찰

1. 1년생 4배체 아까시나무 묘목의 활착 및 평지시험구에서 생장량 비교

상원시험장에서 4배체 아까시나무의 당년도 생존율은 평지와 4개의 사면식재지에서 모두 95%이상으로 매우 높게 나타났다. 묘목의 당년생장이 완료된 9월말, 평지에서 4배체 아까시나무 당년생 줄기의 평균 생장 길이는 95cm로 북경의 대조구내 4배체 아까시나무의 당년생 줄기의 생장량보다 50%정도 작게 나타났다($F_{0.05}=421.7$). 또한 당년생 줄기의 근원경도 1cm정도로 대조구에 비해 50%정도 작게 나타났다($F_{0.05}=380.1$)(Table 2). 상원지역 평지에서 4배체 아까시나무 묘목은 식재 후 2~3개월 사이에 생장 속도가 빠르게 나타났는데, 당년생 줄기는 6월 중순에 연생장량의 60~70% 정도에 달했고, 조사과정에서는 줄기생장이 특별히 빠른 개체를 발견하기도 했는데, 개체의 당년생 맹아지

Table 2. Length and stump diameter of the initiated stem in one year old Tetraploid of *Robinia pseudoacacia* (in the flat)

Site	Length(cm)	Root diameter(cm)
Sangwon	95.7 ^a (±30.2)	0.97 ^a (±0.29)
Yanqing(control)	212.7 ^b (± 6.7)	2.10 ^b (±0.25)

* Different lowercase indicate significant difference between site

길이는 312cm에 달했다. 당년생 맹아지 길이생장이 완료된 9월 말, 평지에서 4배체 아까시나무의 당년생 줄기의 길이는 평균 96cm, 편차는 60~170cm로 매우 크게 나타났고 줄기생장이 가장 큰 개체는 맹아지 길이가 380cm에 달했다.

아까시나무는 한국에 도입된 이후 국내내 여러 지역에서 많이 분포하고 잘 자라고 있는 수종이다(Kim *et al.* 1986). 상원지역에서 4배체 아까시나무는 도입한 묘목의 산지내 대조구에 비해 당년생 줄기 생장과 근원경 생장이 모두 작게 나타났는데, 그 원인을 하나는 식재지 평지와 대조구 토양특성의 차이로부터 볼 수 있다. 대조구는 사지토양으로서 0.01mm이하입자의 함량이 매우 적어 통기성이 양호하여 지표수가 쉽게 스며들 수 있는 반면, 상원지역의 평지시험구는 전에 작물을 재배하였던 토양으로서 토양내 0.01mm이하입자의 함량이 25.2%로 점질성이 강하고 통기성이 약했다. Chang(2005)도 중국 서부 간수(甘肅)성 바이인(白銀)지역에서 4배체 아까시나무가 사지에서 양호한 적응능력을 나타내고 지역의 사지나 통기성이 양호한 사질토에서 생장이 양호하다고 하였다. 이는 토양의 물리적 특성도 4배체 아까시나무의 성장에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 다른 하나는 상원시험구내 묘목의 식재이후 성장에 미치는 원인을 묘목의 운반 과정으로부터도 살펴볼 수 있는데, 북경에서 평양으로 4배체 아까시나무 묘목을 운반하는 기간, 세관

통관수속과 검역수속을 하는 과정에서 묘목의 저장에 필요한 일정한 습도와 온도를 유지하기가 어려웠다. 특히 출포시 묘목의 뿌리부분에 분사한 수분이 10여 일간의 운반과정에서 건조되면서 이에 따른 스트레스가 식재 후 초기 정착과 성장과정에서 불리한 영향을 미친 것도 하나의 원인으로 볼 수 있다. Zhou *et al.* (2004)에 의하면 니그라소나무(*Pinus nigra*) 식재후 묘목의 수고 성장량은 측근의 중량과 가장 밀접한 관계가 있고, 뿌리가 근원경 성장량에 미치는 영향이 가장 크다고 하였다. Hao *et al.*(2005)은 4배체 아까시나무 접목묘의 관리과정에서는 잡초를 제거하고 묘목주변의 토양을 긁어주어 토양의 통기성을 유지해줘야 한다고 하였다. 따라서 상원지역 평지 시험구의 토양특성 및 사면에서 4배체 아까시나무의 식재후 잡초 미제거 등 관리부족으로 인해 당년생 맹아지의 길이생장과 근원경 성장에 영향을 미친 것이라고 볼 수 있다.

2. 사면입지별 4배체 아까시나무의 당년생 맹아지 근원경과 줄기의 길이생장

상원지역에서 동, 서, 남, 북사면과 평지에 식재한 4배체 아까시나무의 당년생 맹아지의 길이 생장은 사면입지별로 다르게 나타났다($F_{0.05}=20.864$)(Figure 1 왼쪽). 평지에서 당년생 맹아지는 동, 서, 남, 북사면의 4배체 아까시나무에 비해 성장량이 모두 크게 나타났는데, 평지의 당년생 맹아지 성장량은 동, 서, 남사면 줄기에 비해 30%정도 크게 나타났고 북사면의 맹아지에 비해서는 50%정도 크게 나타났다. 또한, 사면에 식재한 경우, 동, 서, 남사면의 당년생 맹아지의 길이 성장량은 북사면의 맹아지에 비해 평균 26%정도 크게 나타났지만 동, 남, 서사면의 당년생 맹아지의 길이 성장량 사이에는 차이가 매우 작은 것으로 나타났다. 또한 맹아지 근원경의 경우, 당년생 생장은 사면입지별로 다르게

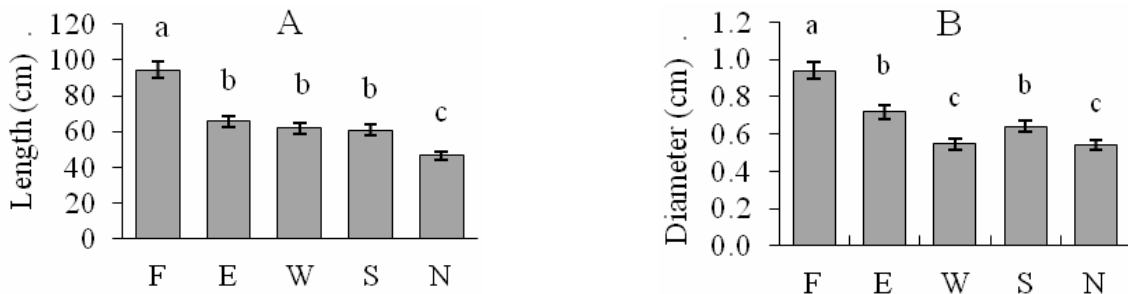


Figure 1. Length grow(Left) and stump diameter(Right) of annual sprouting stems in tetraploid of *R. pseudoacacia* in five sites

(F: Flat, E: Eastern slope, W: Western slope, S:Southern slope, N:Northern slope, Different lowercase mean significant difference between different site, level of significance is 95%, the following are the same, A: Length growth, B: Diameter growth)

나타났으며 평지에서는 동, 서, 남, 북사면에 식재한 4배체 아까시나무에 비해 근원경이 모두 크게 나타났고 ($F_{0.05}=19.651$)(Figure 1 오른쪽). 동, 서, 남, 북 사면별로 볼 때, 4배체 아까시나무는 동, 남사면 사이와 서, 북사면 사이에는 당년생 맹아지의 근원경 성장량에 차이가 나타나지 않았지만 동, 남사면의 당년생 맹아지 근원경 성장은 서, 북사면의 당년생 줄기 근원경 성장에 비해 차이가 큰 것으로 나타났다.

평지의 4배체 아까시나무 근원경은 동, 남사면의 근원경에 비해 24~31%정도 크게 나타났고, 동, 남사면의 4배체 아까시나무 근원경은 북, 서사면의 근원경에 비해 평균 20% 크게 나타났다. 사면시험구의 경우, 잡초와 관목이 자라던 황폐지로서 전에 작물을 재배하였던 평지에 비해 묘목 주변에 무성하게 자란 잡초에 의한 영향으로 인해 맹아지의 길이생장과 직경생장이 둔화되었다고 본다. Xue *et al.*(2003)에 의하면 중국의 서부지역에서 아까시나무는 양지보다 음지에서 뿌리가 발달하고 뿌리생장이 양호하였다.

그리고 Zheng *et al.*(2010)도 양지에서 아까시나무는 수분이용효율(WUE)과 광합성요소효복사(PAR)의 이용률이 음지에서 자란 아까시나무에 비해 모두 높다고 하였다(Zheng *et al.*, 2010). 이는 아까시나무의 생물학적 특성과 생리적 특성으로 인해 북사면 등 입지에서 맹아지 길이와 직경생장이 양지에서 자란 4배체 아까시나무에 비해 작게 나타나게 된다는 것을 말해준다. 또한 Han *et al.*(2003)에 의하면 아까시나무는 건조지역에서 봄철에 토양수분함량이 높은 입지에서 성장량이 크게 나타났고, Zhang(2003)은 건조한 지역에서 4배체 아까시나무 묘목을 식재할 때, 토양을 충분히 정리후 식재구덩이의 깊이를 30~50cm으로 파 준다면 어린 묘목의 초기 정착과 성장에 유리하고 활착율이 10%이상 제고된다고 하였다. 따라서 4배체 아까시나무를 사면에 식재할 때는 양지쪽에 식재하는 것이 바람직하고, 어린 묘목의 식재 후 초기 양호한 성장을 유지하기 위해서는 묘목 주변의 풀베기작업을 통해 잡초를 제거해주어야 할 것이다.

3. 1년생 4배체 아까시나무 줄기의 지상부 복엽생장

상원지역에서 평지와 사면입지별로 4배체 아까시나무의 당년생 맹아지에서 발생한 복엽의 길이와 수량은 Figure 2와 같다. 4배체 아까시나무의 복엽의 길이는 평지에서 평균 19.1cm이었고 동, 서, 남, 북사면 입지에서는 평균 17.7~19.5cm로 차이가 크게 나타나지 않았다. 4배체 아까시나무의 당년생 맹아지에서 자라난 복엽의 수량은 평지에서 평균 45매로 가장 많이 나타났고 4개 사면입지의 4배체 아까시나무 당년생 맹아지의 복엽의 수량에 비해 차이가 크게 나타났다. 그러나 동, 서, 남, 북사면에서 당년생 맹아지의 복엽수는 평균 26매정도로 차이는 크게 나타나지 않았다. 이는 평지는 전에 작물을 재배하였던 지역으로서 잡초가 무성하던 사면입지에 비해 묘목의 초기 활착이 빠르고 또한 사면에 비해 잡초에 의한 영향을 받지 않았기에 맹아지가 빠른 속도로 성장하면서 복엽이 많이 발생할 수 있었기 때문이다.

맹아지에서 자라난 복엽 내 소엽의 수량은 평지와 사면입지별로 다소 차이가 났다. 평지에서는 복엽내 소엽수가 평균 18매로 동, 서사면 입지내 당년생 맹아지의 복엽수에 비해 다소 적게 나타났고 남, 북사면 맹아지의 복엽수에 비해서는 차이가 나타나지 않았지만, 서사면에서 복엽의 소엽수는 평균 22매로 평지나 남, 북사면에 비해 다소 많은 것으로 나타났다. 또한 지상부 당년생 맹아지에서 발생한 전체 복엽의 모든 소엽수를 산출한 결과, 상원지역의 평지에서 4배체 아까시나무의 맹아지 전체 소엽수는 평균 800매/본 정도로 그 외 4개 사면입지의 4배체 아까시나무에 비해 45~65%정도 많이 발생하였고, 동, 서, 남, 북사면입지의 맹아지내 소엽수 사이에는 차이가 나타나지 않았다(Figure 3). 동일한 성장환경에서도 식물종의 구축형(Architectural model)은 다르게 나타나고, 또한 천이단계나 성장환경의 차이에 따라서도 식물종의 구축형은 다르게 나타난다 (Borchert and Slade, 1981; Steingraeber *et al.*, 1979). Jin

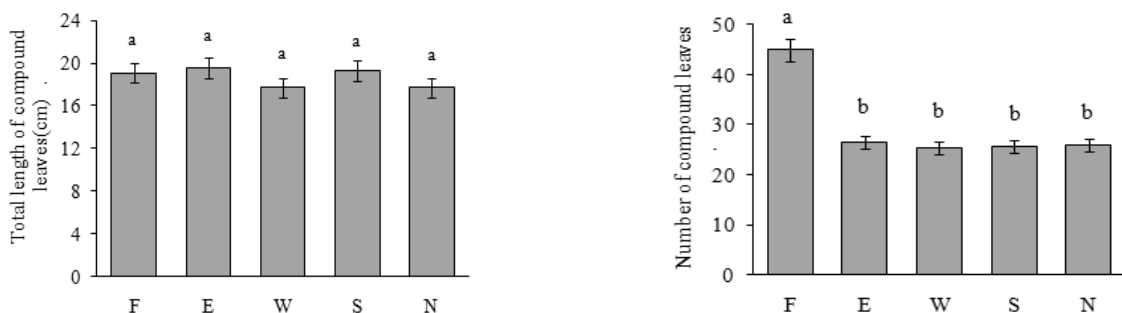


Figure 2. Total length and numbers of compound leaves of the annual sprouting stems in tetraploid of *R. pseudoacacia* in five site

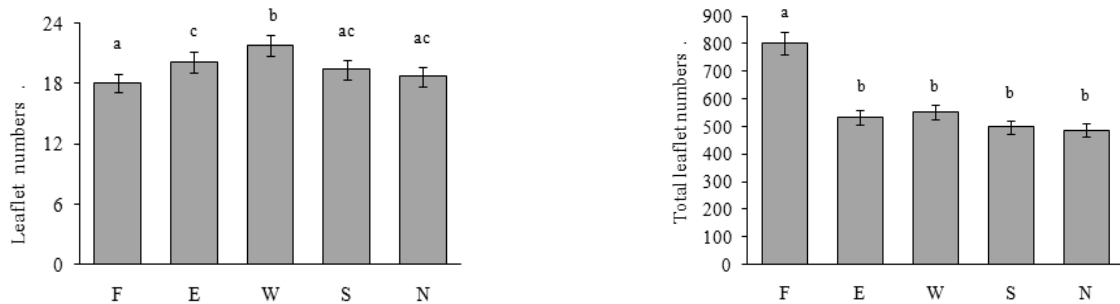


Figure 3. Leaflet numbers and total numbers in the annual sprouting stems of tetraploid of *R. pseudoacacia* in five sites

and Lee(2000)는 연구를 통해 소나무림내 숲틈과 임내에서 초기갱신단계에 소나무의 수관형성특성이 다르게 나타난다고 하였다. 따라서 토양특성이 다른 입지에서 4배체 아까시나무의 소엽수량의 차이는 묘목이 각각의 성장환경에 적응하며 최적의 성장을 유지하기 위해 나타나는 결과로 볼 수 있다.

4. 1년생 4배체 아까시나무의 엽성분

상원지역과 대조구 북경 옌칭현의 4배체 아까시나무의 당년생 맹아지에서 채취한 엽시료의 조단백, 조섬유 및 조회분 성분에 대한 분석결과는 Table 3과 같다. 상원지역의 4배체 아까시나무 당년생 잎의 조단백 함량은 대조구의 4배체 아까시나무 잎에 비해 4.5% 정도 낮았지만, 조섬유 함량과 조회분 함량은 모두 대조구의 4배체 아까시나무 잎에 비해 2% 미만정도 낮은 것으로 차이가 매우 작은 것을 알 수 있었다. 또한 위의 결과로부터 두 지역에서 4배체 아까시나무는 모두 일반 아까시나무에 비해 엽내 조단백질과 조회분 함량은 높고 조섬유질 함량은 낮은 것을 알 수 있었다 (Han, 1993). 이는 Zhang *et al.*(2007)이 4배체 아까시나무 엽내 조단백질함량이 산자나무(*Hippophae rhamnoides*)와 골담초(*Caragana Korshinskii*)의 잎과 소나무(*P. densiflora*)의 침엽에 비해 훨씬 높다는 보고와도 일치하였다. Meng(2002)은 4배체 아까시나무의 엽과 꽃을 혼합하여 사료첨가제로 사용하였을 때, 젖소의 우유산량이 증가해 경제적 수익성이 제고된다고 하였다. Li and Wang(2005)도 티벳지역에 4배체 아까시나무를 도입하여 식재하였을 때 잎

내 단백질함량과 회분함량 및 Ca, Mg, Cu, Fe 등 미량원소의 함량이 일반아까시나무에 비해 모두 높아서 충분히 우량 사료로 이용이 가능하다고 하였다. 따라서 본 연구 결과는 향후 평양의 상원 지역에서도 4배체 아까시나무 대량 조립을 통해 훼손된 산지를 복구하는 동시에 생산되는 잎을 수확하여 가축의 우량 대체 사료로 이용할 수 있는 가능성 및 전망을 시사해주고 있다.

감사의 글

논문 심사를 맡아주신 익명의 3명 심사자에게 감사의 인사를 드립니다.

인용문헌

- Borchert, R. and N.A. Slade(1981) Bifurcation ratios and the adaptive geometry of trees. *Bot. Gaz.* 142: 394-401.
- Cao, X.Y., Z.Z. Wang and Y.P. Zhao(2003) Anther culture and plant regeneration of *Robinia hispida*. *Acta Bot. Boreal. Occident. Sin.* 23(3): 456-459. (in Chinese with English abstract)
- Chang, L.Y.(2005) Introduce experiment and its adaptability of Tetraploid *Robinia pseudoacacia*. *Practical forestry technology.* 7: 22-23. (in Chinese with English abstract)
- Division of Animal husbandry(2002) Feed industry standard assembly. China standard press, pp. 70-94. (in Chinese)
- Han, E.X., Y.S. Bo, G. Han, X.P. Zhang, W.B.Zhang and J. Lu(2003) Effects on the survival rate and growth of *Robinia*

Table 3. Component content of leaves in the tetraploid of *R. pseudoacacia*

	Crude protein content(%)	Crude fibre content(%)	Ash content(%)
Sangwon	20.32	12.95	5.94
Yanqing	24.91	14.47	7.33
General <i>R. pseudoacacia</i>	12.99	20.06	3.66

- pseudoacacia* seedlings in different soil moisture. Shanxi Forest Science and Technology. 4:31-33. (in Chinese with English abstract)
- Han, R.L. and Q.C. Hou(2003) The analysis to dried soil layer of artificial *Robinia pseudoacacia* forestry land in the Yanan Experimental Area. Acta Bot. Boreal. Occident. Sin. 18(1): 74-76. (in Chinese with English abstract)
- Han, Y.C.(1993) New varieties of *Robinia pseudoacacia* and conservation of Hungary *Robinia* varieties. Research Note. 8. (in Korean with English abstract)
- Hao, Z.H., J. Fang, S.Y. Cui and L. Guo(2005) The reproductive process of Tetraploid *Robinia pseudoacacia* and its popularization. China Forestry Science and Technology 19(3): 76-77. (in Chinese with English abstract)
- Jiang, X.W. and S. Xue(2005) Study on promotion of drought resistance of *Robinia pseudoacacia* with arbuscular mycorrhizal(AM) fungi. Xinjiang Agriculture Sciences 42(3): 181-184. (in Chinese with English abstract)
- Jin, Y.H. and D.K. Lee(2000) Crown architecture of *Pinus densiflora* in canopy gap of natural forests at Mt. Joongwang in Kangwon-Do. Jour. Korean For. Soc. 89(5): 543-551. (in Korean with English abstract)
- Joen, B.G.(2004) Forests situation and its restoration in DPR Korea. North Korea Sciences & Technology Vol. 2, pp. 87-212. (in Korean)
- Kim, J.S. and S.K. Lee(1972) Studies on a Tetraploid of *Robinia pseudoacacia* L. Selected in the planted forest. Kor. J. For. Soc. 14: 39-44. (in Korean with English abstract)
- Kim, S.W.(2003) Study on the forest degradation in DPR Korea base on orographic condition. North Korea Sciences & Technology, Vol. 1, pp. 267-282. (in Korean)
- Kim, T.W. K.J. Lee and Y.M. Lee(1986) Studies on silvicultural properties of *Robinia pseudoacacia* in Korea. Korean J. Apiculture 1(2): 97-108. (in Korean with English abstract)
- Li, C.Y. and X.S. Wang(2005) The leaves nutrition constituent of the Tetraploid *Robinia pseudoscacia* introduced in Linzhi Tibet. Forestry By-Product and Speciality in China. 2: 27-28. (in Chinese with English abstract)
- Meng, X.S.(2002) Lactation effect of the milk cow after feeding to the leaf and flower of Tetraploid *Robinia pseudoscacia*. China Dairy Cattle. 2: 24-25. (in Chinese with English abstract)
- Oh, J.S.(2007) Cooperation situation and the development project on forest restoration in DPR Korea. The 1st forest Forum for "Restoration of North Korea Forests, How to do?". Green one Korea, Seoul, Korea, Aug. 24. (in Korean)
- Park, Y.G.(1992) Hungary forest and *Robinia pseudoacacia*. Kor. J. For. Soc. 81(1): 66-75.
- Park, Y.G.(1996) The Prospects for the Utilization of *Robinia pseudoacacia* in Korea. The Korean Journal of Apiculture 11(1): 27-56. (in Korean with English abstract)
- Seok, H.D.(1999) Restoration strategy of the degraded forests in DPR Korea. Rural Economic 22(3): 87-100. (in Korean with English abstract)
- Steingraeber D.A, L.J. Kascht and D.H. Franck(1979) Variation of shoot morphology and bifurcation ratio in sugar maple(*Acer saccharum*) saplings. Amer. J. Bot. 66: 441-445.
- Tian, Y.T. and Y. Li(2003) Introduce on new varieties of *Robinia pseudoacacia*. Sciences of Water and Soil Conservation 1(1): 7-7. (in Chinese with English abstract)
- UNDP(2003) DPR Korea: State of the Environment. pp. 1-65.
- Wang, S.J. and G.L. Zhang(1993) *Robinia pseudoacacia*. China Sci. & Tech. Press, pp. 1-47. (in Chinese)
- Xue, W.P., Z. Zhao, P. Li and Y. Cao(2003) Researches on root distribution characteristics of *Robinia pseudoacacia* stand in Wangdonggou on different site conditions. Journal of Northwest Sci-Tech Univ of Agr. and For. (Nat. Sci. Ed.). 31(6): 27-32. (in Chinese with English abstract)
- Yim, K.B.(1993) Departed, present and future of *Robinia pseudoacacia* in Korea. The 7th Seminar on Apiculture beekeeping and *Robinia pseudoacacia*. Seoul, Korea. pp. 1-21. (in Korean)
- Zhang, G.J., Y. Li, J.Z. Jiang and Ch. Lu(2007) Pratacultural Science 24(1): 26- 30. (in Chinese with English abstract)
- Zhang, Y.(2003) Experiment for raising survival rate of tetraploid *Robinia pseudoacacia* L. planted on bare hill. Protection Forest Science and Technology 11(1): 18-19. (in Chinese with English abstract)
- Zhang, Z.Y.(2000) Feeding Sciences of China. China Feed Sciences, 255pp.
- Zheng, Y., Zh. Zhao, H. Zhou. and J.J. Zhou(2010) Spatial heterogeneity of canopy photosynthesis in black locust plantations. Acta Ecologica Sinica 30(23): 6399-6408. (in Chinese with English abstract)
- Zhou, Y.X., J.F. Fan, P.H. Yang, J.S. Gao and Y.H. Liu(2004) Study on the relationship between root system and the above ground growth of *Pinus nigra*. Shanxi Forest Science and Technology 1: 6-9. (in Chinese with English abstract)