

전국 풀베기사업 현황분석 및 연차별 조림목 성장 연구

박병배¹ · 서정민¹ · 한시호¹ · 윤우빈¹ · 정연국² ·
남궁보선² · 이상직² · 이상익^{1,2*}
¹충남대학교 산림환경자원학과, ²산림청

Analysis of the Current Status of Weeding Operation and Crop Tree Growth Across Planting Periods

Byung Bae Park¹, Jeong Min Seo¹, Si Ho Han¹, Woo Bin Youn¹, Yeon Kuk Jung²,
Bo Sun Namgung², Sang Jic Lee² and Sang Ick Lee^{1,2*}

¹Department of Environment and Forest Resources, Chungnam National University,
Daejeon 34134, Korea


²Korea Forest Service, Daejeon 35208, Korea

요 약: 풀베기작업은 양분, 수분, 광량의 경쟁을 유발시키는 조림목 주변의 잡초목을 제거하는 작업으로, 조림 수종의 활착 및 초기 생장에 큰 영향을 미친다. 본 연구는 주요 조림 수종에 적합한 풀베기 시기와 방법을 알아보기 위하여 전국 국유림을 대상으로 조림수종별 풀베기 시기 및 횟수, 조림목의 수고와 잡초목의 길이를 분석하였다. 조림 후 5년 내의 조림지에서 풀베기사업의 99%가 이뤄지고 있었으며, 소나무, 낙엽송, 편백, 산벚나무, 자작나무 조림지가 풀베기 전체 대상지 중 70% 이상을 차지하였다. 연 1회 풀베기사업은 6월 하순부터 7월 하순까지 67% 실시되었고, 연 2회 풀베기는 6월과 8월이 31%로 가장 높았다. 일부 수종을 제외한 대부분의 수종이 조림 당년과 2년 후까지 잡초목에 비해 수고가 낮았지만, 조림 3년 후부터 잡초목의 길이보다 조림목의 수고가 평균 48% 더 높았다. 따라서, 대부분의 수종은 조림 3년 후부터 모두베기 방식의 풀베기보다는 조림목과 경쟁하는 목본류 위주의 제거작업을 통해 잡초목과의 경쟁을 감소시키고, 작업자의 작업량 또한 줄일 수 있다고 판단된다. 본 연구는 각 지역에 적합한 수종별 풀베기사업 일정과 방법을 반영한다면 효율적인 산림자원육성이 가능함을 제안하고 있다.

Abstract: Weeding refers to the process of removing weeds around crop trees, which cause competition in nutrients, moisture, and light, and has a great effect on the early growth and survival of crop trees for establishing forest resources. This study was conducted to find out the timing and method of weeding that is the most suitable for the major afforestation species in national forests. We investigated (1) weeding time and frequency for each afforestation species and (2) the height of crop trees and the length of weeds. Up to 99% weeding operation was carried out until 5 years following afforestation. *Pinus densiflora*, *Larix kaempferi*, *Chamaecyparis obtusa*, *Prunus sargentii*, and *Betula platyphylla* plantations accounted for more than 70% of the total weeding sites. Once-a-year weeding process was conducted from late June to late July (67%), and twice-a-year weeding process was the highest in June–August by 31%. Most species were shorter than the weeds until the first and second year of planting, but the height of the crop trees was higher than that of the weeds by 48% in average from the third year. Therefore, from the third year of afforestation, except for some species, it is possible to reduce the cost of weeding operations while reducing nutrient competition by the weeds through the removal of weed sprouts, mainly woody weeds, rather than clear cutting. This study contributes to efficiently develop forest resource establishment while reducing operational costs through a detailed weeding schedule and species-specific method.

Key words: competition, herbaceous and woody weed, regional office of Korea Forest Service, silvicultural systems, weeding frequency

* Corresponding author
E-mail: sangicklee@korea.kr

ORCID
Sang Ick Lee  <https://orcid.org/0000-0002-3110-4545>

서론

성공적인 산림자원육성을 위해서 조림과 숲가꾸기는 유기적인 연결성을 가지고 순차적으로 실행되어야 한다. 풀베기작업은 숲가꾸기 작업 중 초기 단계에서 햇빛과 토양 내 양분 및 수분에 대해 조림목과 경쟁하는 잡초목(본 논문에서는 조림목을 제외한 조림지 내의 모든 초본과 목본을 '잡초목'으로 명함)을 물리적 또는 화학적으로 제거하는 작업으로(Richardson et al., 1996; Lee et al., 2010; NIFoS, 2014; Fukumoto et al., 2017), 조림목의 생존과 초기 성장에 큰 영향을 미친다.

모든 식물은 생존을 위해 빛과 수분, 양분이 필요하며, 서식지 내의 동종 또는 이종의 생존과 번식에도 영향을 준다(Balandier et al., 2006). 잡초목은 서식지 환경에 적응력이 높고, 번식과 재생능력이 탁월하여 주변에 식재된 조림목을 피압시킬 수 있다(Bond et al., 2003; Vasic et al., 2012; Chung et al., 2018). 조림지에서 잡초목을 제거하지 않을 경우 토양 양분에 대한 경쟁으로 조림목의 질소(N), 인(P), 칼륨(K)의 양이 감소하고(Nambiar, 1984; Smethurst and Nambiar, 1989), 수분스트레스로 조림목 탈수증상이 나타나며(Lee, 2014), 감소된 광량으로 인해 광합성량이 현저하게 감소된다(Knowe et al., 1985). 이러한 양분, 수분, 광량의 부족은 조림목의 잎, 줄기, 가지, 뿌리의 성장을 불량하게 만드는 직접적인 원인이 될 수 있으며, 병해충에 대한 저항성 또한 약화시켜 조림목 생존율을 감소시킨다(Vasic et al., 2012). 따라서, 조림목의 건전한 생육을 위해서는 조림목과 경쟁하는 잡초목의 주기적 제거가 필요하므로, 이를 위해 풀베기작업이 유기적이고 순차적으로 실행되어야 한다(Lee et al., 2010; NIFoS, 2014).

풀베기 시기, 횃수 및 방법은 조림목 특성과 입지환경에 영향을 받는다. 성장속도가 빠른 수종은 조림 후 이른 기간 내에 잡초목과의 경쟁에서 우세하기 때문에 장기간의 풀베기작업이 필요하지 않으나 한해와 풍해를 받을 수 있는 수종이나 입지환경에서는 풀베기 방법과 시기를 달리 적용해야 한다(Lee et al., 2010; NIFoS, 2014). 예를 들면, 어린 나무일 때 많은 광량과 양분을 요구하는 낙엽송과 자작나무는 이른 시기의 풀베기작업과 증가된 작업 횃수로 조림목의 생존과 성장을 촉진시킬 수 있다(NIFoS, 2014; KFS, 2015). Hirata et al.(2014)은 조림 후 4년 동안의 풀베기작업이 편백 성장에 유의한 영향을 미치지 못했지만 5년째부터 풀베기 처리가 편백의 근원경 성장을 증가시킨다고 보고하였고, Fukumoto et al.(2017)은 풀베기 작업을 1회씩 줄일 때 삼나무의 수고 생장이 20% 쯤 감소한다고 보고하였다.

따라서, 전국 조림지의 풀베기 시기와 횃수는 조림목 성장과 입지환경을 고려하여 다르게 적용되어야 한다(Bond et al., 2003). 산림청은 잣나무와 소나무류는 5~8회, 낙엽송과 참나무류는 5회로 풀베기 횃수를 권장하고 있다(KFS, 2015). 또한, 조림목의 수고가 잡초목의 길이에 비해 1.5배 또는 60~80 cm 더 성장할 때까지 5~7월 사이에 풀베기를 실시하고, 추가적으로 풀베기가 필요할 시 8월에 실시하도록 규정하고 있다(NIFoS, 2014; KFS, 2015). 일본은 조림 후 5~8년 동안 풀베기작업을 실시하지만, 생장이 느린 수종의 경우 10년 이상 풀베기작업을 실시한다(FAJ, 2010). 또한, 연 1회 풀베기를 실시할 경우 7월에 수행하고, 연 2회 풀베기를 실시할 경우에는 6~7월 중에 첫 번째 풀베기를 한 후 두 번째 풀베기는 8월에 실시한다. 미국은 기후대와 생태권역이 다양해서, 각 지역에서 작성된 지침에 따라 풀베기 시기를 달리 적용하고 있는데 일반적으로 잡초목의 개화 전에 풀베기작업을 실시하는 것을 권장하고 있다(USFS, 2001a, 2001b).

본 연구의 목적은 전국에서 수행하는 풀베기사업 현황을 분석하고, 조림 후 시간 경과에 따른 조림목과 잡초목의 성장을 비교하는 것이다. 본 연구를 통해 전국 풀베기사업의 시기와 횃수에 대한 현황 파악이 가능하고, 수종별로 풀베기작업 횃수를 제안할 수 있을 것이다. 이는 풀베기사업 대상지 선정, 풀베기사업 작업강도와 작업능률을 위한 정보를 제공하고, 이를 기반으로 한 숲가꾸기 예산 집행을 통해 효율적인 산림자원 육성을 도모할 수 있을 것이다(Yukutake and Yoshimoto, 2001; Fukumoto et al., 2017).

재료 및 방법

1. 연구 대상 범위

본 연구는 2017년과 2018년 2년 동안, 산림청 27개 국립관리소가 관리하고 있는 전국 국유림에서 수행된 풀베기사업지를 대상으로 하였다. 연구 대상의 범위는 2017년에 풀베기사업을 연 2회 실시한 사업지 165개, 2018년에 풀베기사업을 연 1회와 연 2회 실시한 사업지 1,241개이다.

조림 후 5년 내 조림지에서 풀베기사업의 99%가 이뤄지고 있으며(Figure 1), 풀베기사업 대상지는 해발고도 200~900 m와 경사 16~60%의 범위에 주로 위치하고 있었다(Table 1). 2017년과 2018년 우리나라의 연평균기온은 각각 13.1, 13.0 °C이고, 연평균 강수량은 각각 966.7, 1386.8 mm였다(KMA, 2017; KMA, 2018). 전국의 산림은 양토이며, A층과 B층의 pH는 각각 5.48과 5.52, 평균 유기물함량은 각각 4.49%와 2.03%, 평균 전질소함량은 각각 0.19%와 0.09%이다(Jeong et al., 2002).

Table 1. Topography of weeding operation sites in 2018.

Elevation (m)	<100	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
No. of sites	25	88	140	163	111	100	114	96	189	129	86
Aspect (°)	0~44	45~89	90~134	135~179	180~224	225~269	270~314	315~359			
No. of sites	126	273	127	139	133	135	152	156			
Slope (%)	<6	6~15	16~30	31~45	46~60	61~75	76~90	91~105			
No. of sites	2	112	406	337	345	34	3	2			

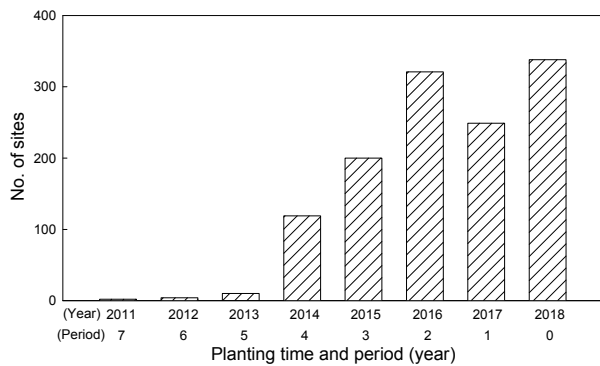


Figure 1. Number of weeding operation sites after planting of crop trees. ‘Year’ means the year of planting of crop trees and ‘Period’ means time (year) passed after planting of crop trees.

2. 조사항목 및 방법

2017년과 2018년 풀베기사업 대상지 중에서 단위 사업 면적이 1 ha 미만인 사업지는 연구대상에서 제외하였다. 27개 국유림관리소가 관할하는 지역의 행정 주소, 조림 연도, 조림목 성장 특성, 해발고 및 경사와 방위, 지형에서의 위치(산록, 산복, 산정)를 현장에서 조사하였다.

풀베기 시기는 기본설계서의 작업일자가 아니라 현장에서 실제 작업일 기준으로 조사하였으며, 조림목 수고는 사면을 바라보고 아래에서 위로 올라가면서(line transect) 산록, 산복, 산정에서 각각 연속적으로 5분을 선정하여 지표에서 정아까지의 높이를 측정하였다. 잡초목 길이는 측정한 조림목에서 반경 50 cm 안의 초본(herbaceous weed)과 목본(woody weed)의 평균 높이를 측정하였다.

3. 분석 방법

풀베기 시기의 기준은 작업자가 사업지에서 수행한 날을 기준으로 분석하였고, 조림수종과 연도는 조림대상과 현장을 비교하여 조사하였다. 풀베기사업의 시기와 횟수는 월별로 구분하여 분석하였다. 조사된 62수종 중에서 풀베기 사업지 개수가 많은 침엽수 4수종, 활엽수 6수종에 대해서는 조림 후 시간 경과에 따라 조림목과 잡초목의 성장을 비교하여 분석하였다. 조림목 수고와 잡초목

길이에 대한 평균과 표준오차는 Excel(Microsoft, 2016)을 이용하여 계산하였다.

결과 및 고찰

1. 전국 풀베기사업지 현황

대부분의 풀베기사업은 조림 후 5년 경과할 때까지 이뤄지고 있었으며 적은 수이지만 조림 후 7~8년이 경과한 지역에서도 풀베기사업이 시행되었다(Figure 1). 풀베기사업은 침엽수의 비율이 활엽수에 비해 높았고(Figure 2), 소나무, 낙엽송, 편백, 산벚나무, 자작나무 조림지가 풀베기 전체 대상지 중 70% 이상을 차지하였다. 전체 풀베기 대상지 중 50% 이상이 소나무와 낙엽송 조림지에서 실시되었는데(Figure 2), 이는 최근 5년동안 전체 조림면적 중 30~40%가 소나무와 낙엽송(2014년부터 2018년까지 소나무와 낙엽송이 각각 23,551 ha와 13,010 ha 조림됨)으로 조림되었기 때문이다(KFS, 2019). 또한 소나무와 낙엽송 조림지에서 연 2회 풀베기가 주로 이뤄지고 있는데, 이는 초기 활착을 위해 다량의 광량이 필요한 양수성 수종이기

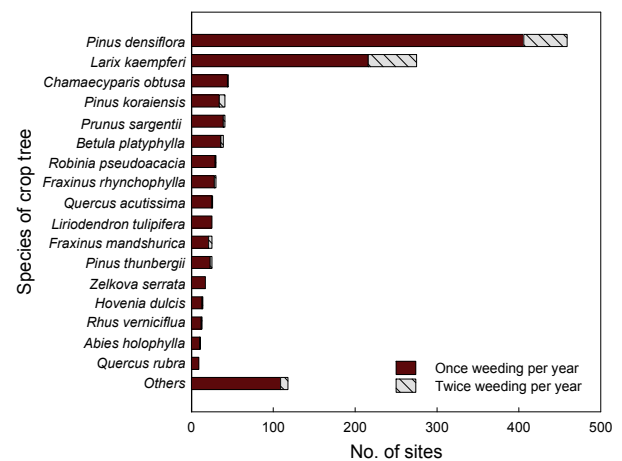


Figure 2. Species composition of crop trees that weeding was operated once or twice during 2018 year. ‘Others’ represents sum of sites for tree species that weeding was operated less than ten sites.

Table 2. Weeding time by regional office on weeding operation sites for once per year. The sites were classified into four periods from June to September by month across five regional offices of forest service (Northern, Central, Southern, Western, and Eastern) in Korea.

Regional office of forest service	Weeding time (month)							
	June		July		August		September	
	No. of sites	Proportion (%)	No. of sites	Proportion (%)	No. of sites	Proportion (%)	No. of sites	Proportion (%)
Northern	55	26.4	87	41.8	65	31.2	1	0.5
Central	78	33.9	94	40.9	51	22.3	6	2.6
Southern	60	23.3	122	47.5	71	27.6	4	1.5
Western	47	38.2	66	53.7	7	5.6	3	2.4
Eastern	29	10.4	209	75.2	30	10.8	10	3.6
Average		26.5		51.8		19.5		2.1

때문으로 주위 잡초목에 의한 피압을 예방하기 위해 풀베기 사업을 집중적으로 실시한 것으로 판단된다(Tange et al., 1993; Lee et al., 2010; Fukumoto et al., 2017).

2. 풀베기사업 시기 분석

연 1회 풀베기는 대부분 6월 하순부터 7월 하순까지 실시되고 있으며(Table 2), 지방산림청별로 동부는 7월(75.2%), 서부는 6월(38.2%), 북부는 8월(31.2%)에 가장 많이 수행되고 있었다. 또한, 평균 2.1% 정도의 연 1회 풀베기가 9월에 실시되고 있었는데(Table 2), 이는 2018년 폭염일수가 31.4일로 전년도에 비해 무더위가 장기간 지속되어(KMA, 2018) 8월의 이례적인 폭염을 피하여 작업하였기 때문이다. 풀베기작업은 작업자의 심박수를 평균 68.9% 증가시키며, 평균 작업강도지수가 44.1%인 중노동(작업강도지수 40% 이상)으로 분류된다(Mun et al., 2014). 강한 햇빛과 고온에서의 풀베기작업은 인체에 탈수증세, 열경련, 열탈진을 발생시킬 수 있고, 심한 경우 열사병과 심장혈관질환을 악화시켜 사망률이 높아진다(Kim et al., 2006). 이에 따라 5개 지방산림청은 작업자의 안전사고를 방지하기 위해 피로한도 이상의 작업 강도를 요구하는 풀베기작업을 여름 폭염 후로 연기시킨 것이다. 그러나 풀베기 시기가 늦어질수록 조림목 주변의 잡초목 생장이 증가하여 조림목의 생장을 감소시킬 수 있다(Fukumoto et al., 2017). 이는 줄어든 광량으로 인해 조림목의 광합성량이 감소하기 때문이다(Tange et al., 1993; Huang et al., 2008; Eyles et al., 2012). 예를 들면, 자작나무와 같은 양수는 7월에 순 광합성량이 최대치이며 8월 이후에는 감소하기 때문에(Koike and Sakagami, 1985), 늦은 시기의 풀베기작업은 작업자의 안전사고를 예방할 수 있지만, 조림목 생장을 감소시킬 수 있다.

연 2회 풀베기는 6월과 8월이 가장 많고(30.5%), 7월과

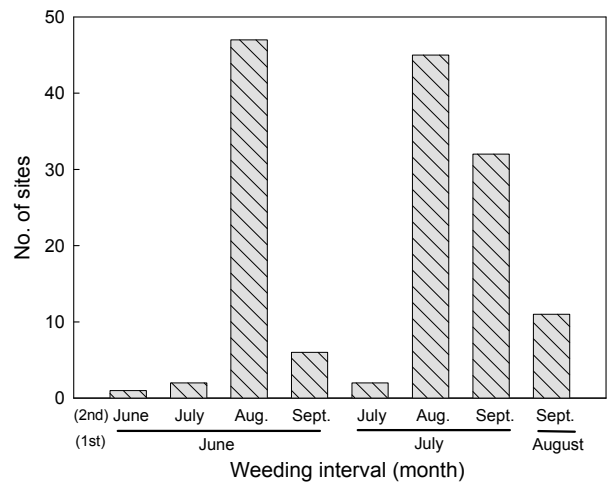


Figure 3. Number of weeding operation sites by weeding interval for sites operated weeding twice per year. '1st' and '2nd' indicate the first and the second time for weeding operation, respectively.

8월(25.7%), 7월과 9월(17.7%), 8월과 9월(15.8%) 순으로 실시되었다(Figure 3). 북부지방산림청은 6월과 8월, 남부지방산림청은 6월과 8월, 7월과 8월, 서부지방산림청은 6월과 8월, 6월과 9월, 동부지방산림청은 7월과 8월, 7월과 9월에 연 2회 풀베기사업이 집중되는 경향을 보였다(Table 3). Santosa et al.(2006)은 연 2회 풀베기가 연 1회 풀베기보다 잡초목의 길이 생장과 건중량을 각각 56.9%, 86.5% 감소시켰다는 결과를 통해 연 2회 풀베기 작업의 효율성을 입증하였다. 연 2회 풀베기사업에서 첫 번째 풀베기는 6월 또는 7월에 집중되었는데(Table 3, Figure 3), 첫 번째 풀베기 시기가 빠를수록 조림목의 생장을 더 증가시킬 수 있다(Fukumoto et al., 2017).

풀베기를 초분류 개화 전에 실행하면 종자 생산을 억제하여 조림지 내의 초본 발생량(Zaller, 2006)과 생장을 억제시킬 수 있다(Santosa et al., 2006). 그러나 풀베기 작업

Table 3. Number of weeding operation sites for twice per year. The sites were classified into five periods from May to September by month across five regional offices of forest service (Northern, Central, Southern, Western, and Eastern) in Korea.

Regional office of forest service	Weeding time																				
	First weeding	May				June				July				August							
	Second weeding	August	September	June	July	August	September	July	August	September	September	September	September								
	Year	No. of sites	Proportion (%)	No. of sites	Proportion (%)	No. of sites	Proportion (%)	No. of sites	Proportion (%)	No. of sites	Proportion (%)	No. of sites	Proportion (%)	No. of sites	Proportion (%)	No. of sites	Proportion (%)	No. of sites	Proportion (%)		
Northern	2017	-	-	-	-	-	-	4	7.0	17	29.8	9	15.8	-	-	7	12.3	19	33.3	1	1.8
	2018	-	-	-	-	-	-	-	-	23	65.7	2	5.7	1	2.9	4	11.4	4	11.4	1	2.9
Central	2017	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	21.7	-	-	36	78.3
	2018	-	-	-	-	-	-	-	-	1	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Southern	2017	-	-	-	-	-	-	-	-	21	55.3	-	-	-	-	17	44.7	-	-	-	-
	2018	-	-	-	-	-	-	2	6.9	10	34.5	-	-	-	-	15	51.7	2	6.9	-	-
Western	2017	4	20.0	3	15.0	-	-	-	-	8	40.0	1	5.0	-	-	-	-	4	20.0	-	-
	2018	-	-	-	-	1	16.7	-	-	1	16.7	4	66.7	-	-	-	-	-	-	-	-
Eastern	2017	-	-	-	-	-	-	-	-	3	75.0	-	-	-	-	1	25.0	-	-	-	-
	2018	-	-	-	-	-	-	-	-	11	14.7	-	-	1	1.3	26	34.7	26	34.7	11	14.7

횃수가 증가할수록 잡목은 맹아 성장을 오히려 촉진시키기 때문에 잡목 관리는 오랜 시간이 필요하다. Chung et al.(2018)은 풀베기 작업으로 절단된 목본은 기존에 남아 있는 근계를 통해 다량의 수분과 양분을 흡수하고, 성장호르몬을 변화시켜 실생묘보다 성장율이 증가한다고 하였다. 특히 활엽수 잡목은 절단되어도 생존율이 매우 높기 때문에 지속적인 관리가 요구된다.

3. 조림목과 잡초목 성장 비교

소나무, 낙엽송, 편백, 잣나무의 조림 후 5년 동안 연평균 수고 성장율은 59%, 잡초와 잡목의 연평균 길이 증가율은 각각 4%와 15%였다(Figure 4). 조림 5년 후 조사된 침엽수 4수종 중에서 편백의 수고는 203 cm로 잡초목에 비해 79 cm 더 높은 수고를 보였고, 연평균 수고 성장율도 84%로 가장 높았다. 초기 생장이 느린 수종으로 알려진 잣나무는 조림 5년 후 수고 96 cm로 잡초목에 비해 37 cm 더 높은 수고 성장을 보였고, 연평균 수고 성장율도 43%로 다른 수종에 비해 낮았다. 대부분의 수종이 조림 당년과 2년차까지는 잡초목에 비해 수고가 낮았지만, 조림 3년 이후는 잡초목의 길이보다 조림목의 수고가 더 높았다(Figure 4(b), 4(d), 4(f)). 그러나 잣나무는 조림 3년 후에도 조림목의 수고가 잡초목보다 16% 낮았고, 조림 4년 후와 5년 후에도 다른 수종에 비해 확연한 수고 차이는 없었다.

침엽수종과 다르게 활엽수종의 수고 성장율은 수종에 따라 확연한 차이를 보였다(Figure 5). 자작나무의 연평균 수고 성장율이 123%로 가장 높고, 다음이 아까시나무

68%, 물푸레나무와 들메나무는 30%로 유사하고, 상수리나무가 17%로 연평균 수고 성장율이 가장 낮았다. 산벚나무, 자작나무, 아까시나무는 조림 5년 후 수고가 잡초목에 비해 111~207 cm 더 높았으나 나머지 활엽수종은 평균 48 cm 정도의 높은 수고를 보였다. 본 연구에서 수고 생장이 빠른 산벚나무, 자작나무, 아까시나무는 조림 당년에 조림목과 잡초목의 높이가 같거나 조림목이 더 크고, 조림 2년 이후부터는 큰 수고 차이를 보이고 있다 [Figure 5(b), 5(d), 5(f)]. 그러나 물푸레나무는 조림 당년에는 조림목의 수고가 잡초목보다 50% 정도 낮고, 그 후에도 평균 20% 더 높은 수고 성장을 보였다(Figure 5(h)). 들메나무의 경우는 조림 3년 후까지 조림목보다 잡초목의 길이가 더 높았고, 상수리나무는 조림목과 잡초목 사이의 5년 동안의 수고 차이가 평균 23%로 조림 당년과 조림 후 5년에 걸쳐 조림목과 잡초목의 길이 차이에 유의한 변화가 없었다(Figure 5(j), 5(l)).

일반적으로 풀베기는 조림 후 5년 동안 수행하며(Lee et al., 2010), 조림목의 평균 수고가 잡초목의 평균 길이보다 1.5배(66.7%) 또는 60~80 cm 이상 성장할 때까지 실시한다(NIFoS, 2014; KFS, 2015; KFS, 2016). 이 기준으로 보면, 낙엽송, 소나무, 산벚나무, 자작나무, 아까시나무는 조림 5년 이후 풀베기 작업을 하지 않아도 될 것으로 판단된다. 자작나무, 산벚나무, 아까시나무 등의 일부 활엽수종은 초기 생장이 빠르기 때문에(Willoughby et al., 2006; Lee, 2014; Kim et al., 2015), 조림 2~3년 후에 잡초목에 피압되지 않는 크기로 성장하였지만, 물푸레나무, 상수리나무, 들메나무의 생장은 조림 초기에 비해 수고

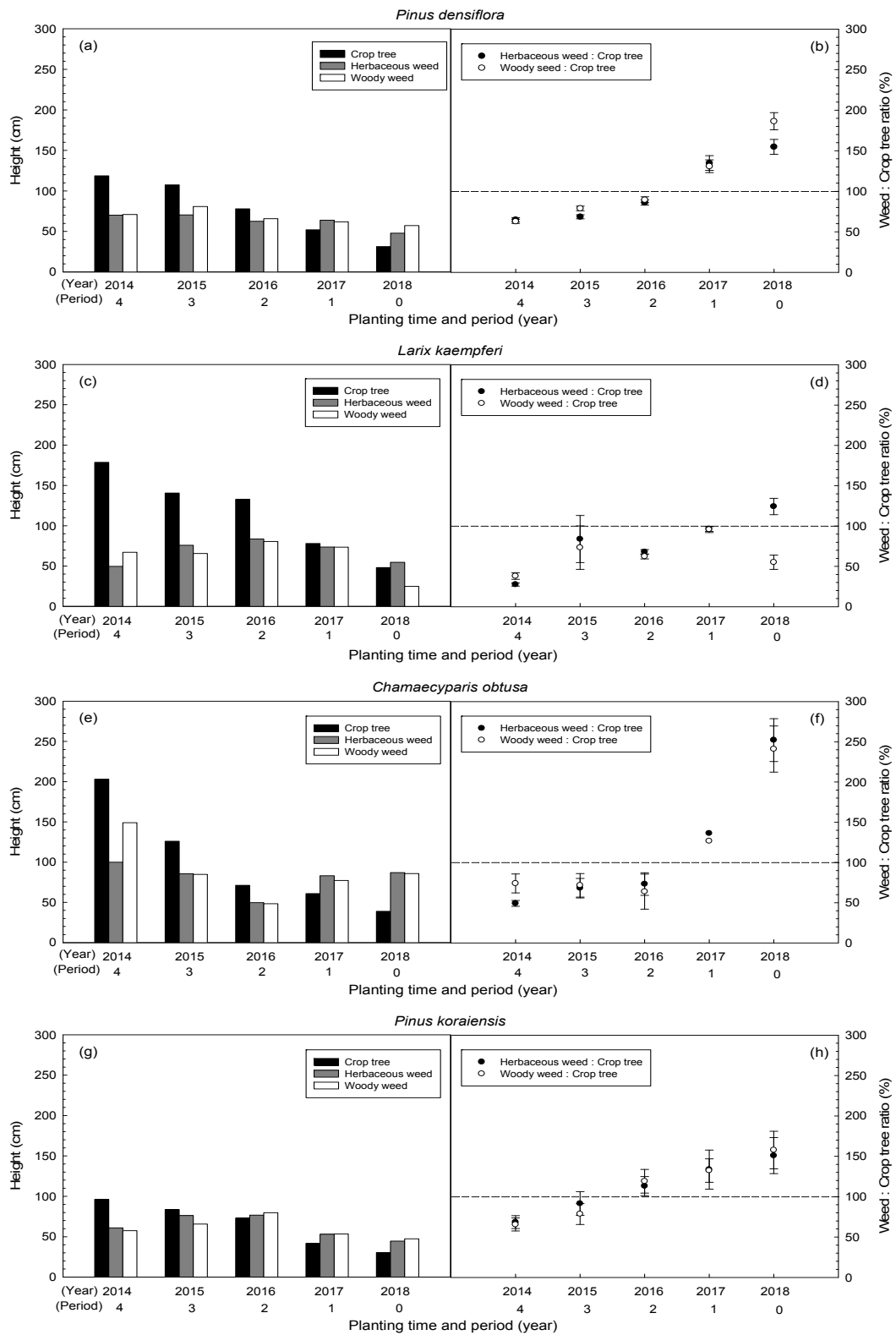


Figure 4. Height of coniferous crop trees, herbaceous weed, and woody weed (left) and the ratio of crop tree with herbaceous weed or woody weed (right) for each species across planting period. (a) and (b) mean *Pinus densiflora* ; (c) and (d) *Larix kaempferi* ; (e) and (f) *Chamaecyparis obtusa*; (g) and (h) *Pinus koraiensis*. Crop tree means seedlings that were planted, woody weed means tree species except for planted crop tree, herbaceous weed means herbaceous species except for planted crop tree and woody weeds. ‘Time’ means the year that crop trees were planted and ‘Period’ means passed years after planting of crop trees. Vertical bars represent standard errors.

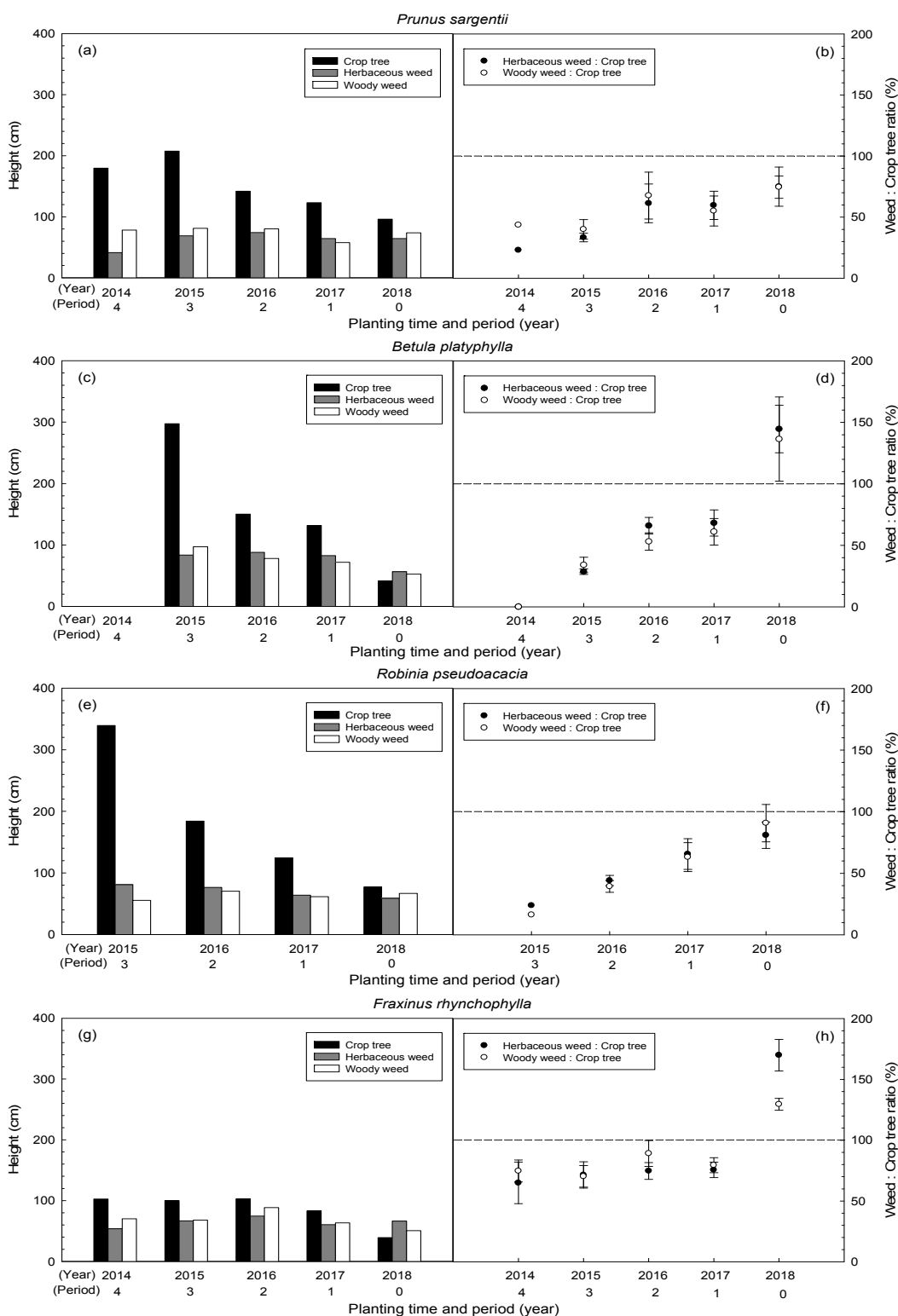


Figure 5. Height of deciduous crop tree, herbaceous weed, and woody weed (left) and the height ratio of crop tree with herbaceous weed or woody weed (right) for each species across planting period. (a) and (b) mean *Prunus sargentii* ; (c) and (d) *Betula platyphylla* ; (e) and (f) *Robinia pseudoacacia* ; (g) and (h) *Fraxinus rhynchophylla* ; (i) and (j) *Quercus acutissima* ; (k) and (l) *Fraxinus mandshurica*. Crop tree means seedlings that were planted, woody weed means tree species except for planted crop tree, herbaceous weed means herbaceous species except for planted crop tree and woody weeds. 'Time' means the year that crop trees were planted and 'Period' means passed years after planting of crop trees. Vertical bars represent standard errors.

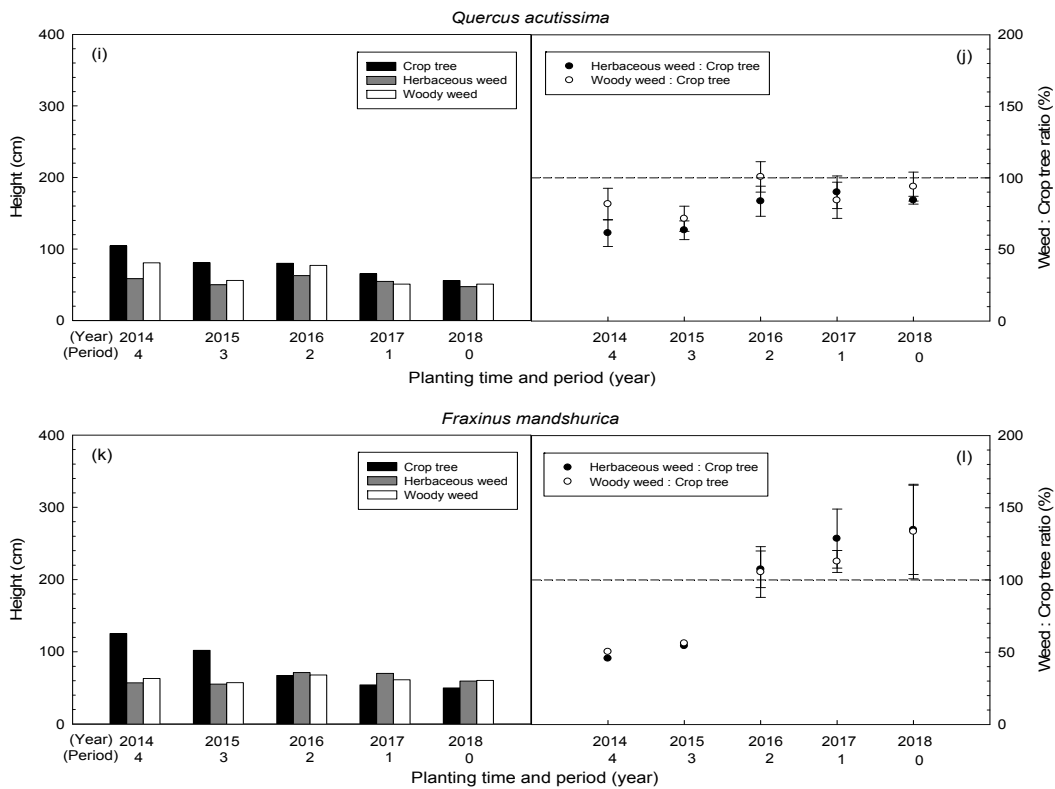


Figure 5. (Continued)

생장이 증가하지 않았는데, 이는 조림지 입지환경 또는 풀베기 작업자에 의한 조림목 수간 절단 발생이 원인으로 사료된다.

잡초목의 초기 빠른 생장에 의한 조림목의 가용성 광 및 양분 감소는 조림목의 지상부와 지하부의 성장을 불량하게 만들고, 병해충에 대한 저항성을 감소시켜 조림목의 초기 성장과 생존율을 감소시킨다(Vasic et al., 2012). 소나무, 편백 등은 조림 후 초기 성장을 증진시키기 위해서 광량이 많이 요구되며(Lee et al., 2010; NIFoS, 2014), 잡초목에 의한 피압은 광합성 기관인 조림목 수관의 노출을 감소시켜 조림목의 성장을 저하시키고(Tange et al., 1993; Richardson et al., 1996), 토양 양분에 대한 잡초목의 극심한 경쟁은 조림목의 질소(N), 인(P), 칼륨(K)의 농도를 감소시킨다(Nambiar, 1984; Fox et al., 2007).

결론

전국 풀베기사업 중에서 연 2회 풀베기사업지 비율은 12%이고, 6월과 8월, 7월과 8월 또는 7월과 9월에 대부분 수행되고 있지만, 8월과 9월에 연 2회 풀베기하는 사업지도 있었다. 첫 번째 풀베기 시기가 이룰수록 잡초목의 발생이 감소하고, 조림목의 생장이 촉진되기 때문에

이른 시기의 풀베기 작업이 조림목 성장 증가와 잡초목의 발생량을 감소시킬 것이다. 산림청 풀베기 표준 매뉴얼 기준에 의하면 연구된 침엽수와 활엽수 대부분은 조림 5년차 전에 풀베기작업을 중단해도 조림목 생육에는 지장이 없을 것으로 예측된다. 그러나 조림 후 초기 생장이 느린 잣나무, 물푸레나무, 들메나무는 조림 후 초기에 집중적인 풀베기작업 수행이 필요하다. 조림 3년차부터 초반의 생장은 조림목의 성장에 위협이 되지 않으나, 조림목 주변의 목본류에 의한 조림목 피압을 예방하기 위한 지속적인 관리가 필요하다. 따라서, 조림 3년차부터는 모두베기 방식의 풀베기보다는 목본류 위주의 맹아제거 작업을 통해 잡초목과의 경쟁을 감소시키고, 이와 동시에 풀베기사업 비용을 절감할 수 있을 것이다. 즉, 수종별로 정교해진 풀베기사업 일정과 방법을 통해 사업 예산을 절감시키면서 동시에 효율적으로 산림자원육성을 달성할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 충남대학교 자체연구비 지원을 받아 수행되었습니다. 본 연구의 실험설계에 많은 도움을 주신 박관수교수님과 이상태박사님께 감사드립니다. 현장 자료수

집에 도움을 주신 류승룡 기술사님, 이상진 박사, 노동찬, Aung Aung과 특히 현장에서 크게 협조해주신 김영곤 주무관 및 27개 산림청 국유림관리소 풀베기사업 담당자들과 매우 감사드립니다.

References

- Balandier, P., Collet, C., Miller, J.H., Reynolds, P.E. and Zedaker, S.M. 2006. Designing forest vegetation management strategies based on the mechanisms and dynamics of crop tree competition by neighbouring vegetation. *Forestry* 79(1): 3-27.
- Bond, W., Turner, R.J. and Grundy, A.C. 2003. A review of non-chemical weed management. HDRA, the Organic Organisation, Ryton Organic Gardens. Coventry, UK.
- Chung, S.H., Lece, Y.G. and Lee, S.T. 2018. Characteristics of occurrence and growth for oak sprouts on the slope: with particular focused on Chungcheong region of South Korea. *Journal of Korean Society of Forest Science* 107(4): 336-343. (in Korean)
- Eyles, A., Worledge, D., Sands, P., Ottenschlaeger, M.L., Paterson, S.C., Mendham, D. and O'Grady, A.P. 2012. Ecophysiological responses of a young blue gum (*Eucalyptus globulus*) plantation to weed control. *Tree Physiology* 32(8): 1008-1020.
- Forestry Agency of Japan (FAJ). 2010. To make forest together. Hokkaido Regional Forest Office. Sapporo, Japan. pp. 7-12. (in Japanese)
- Fox, T.R., Jokela, E.J. and Allen, H.L. 2007. The development of pine plantation silviculture in the southern United States. *Journal of Forestry* 105(7): 337-347.
- Fukumoto, K., Ota, T., Mizoue, N., Yoshida, S., Teraoka, Y. and Kajisa, T. 2017. The effect of weeding frequency and timing on the height growth of young sugi (*Cryptomeria japonica*) in southwestern Japan. *Journal of Forest Research* 22(3): 204-207.
- Hirata, R., Ito, S., Araki, M.G., Mitsuda, Y. and Takagi, M. 2014. Growth recovery of young hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) subsequent to late weeding. *Journal of Forest Research* 19(6): 514-522.
- Huang, Z., Xu, Z., Blumfield, T.J. and Bubb, K. 2008. Variations in relative stomatal and biochemical limitations to photosynthesis in a young blackbutt (*Eucalyptus pilularis*) plantation subjected to different weed control regimes. *Tree Physiology* 28(7): 997-1005.
- Jeong, J.H., Koo, K.S., Lee, C.H. and Kim, S. 2002. Physicochemical properties of Korean forest soils by regions. *Journal of Korean Society of Forest Science* 91(6): 694-700. (in Korean)
- Kim, J.Y., Lee, D.G., Park, I.S., Choi, B.C. and Kim, J.S. 2006. Influences of heat waves on daily mortality in South Korea. *Atmosphere* 16(4): 269-278. (in Korea)
- Kim, M.S., Kim, H.S. and Kim, S.H. 2015. Effects of cutting time and growth regulators in root cutting of *Robinia pseudoacacia* L., major honey plants. *Journal of Apiculture* 30(4): 331-336.
- Knowe, S.A., Nelson, L.R., Gjerstad, D.H., Zutter, B.R., Glover, G.R., Minogue, P.J. and Dukes Jr, J.H. 1985. Four-year growth and development of planted loblolly pine on sites with competition control. *Southern Journal of Applied Forestry* 9(1): 11-15.
- Koike, T. and Sakagami, Y. 1985. Comparison of the photosynthetic responses to temperature and light of *Betula maximowicziana* and *Betula platyphylla* var. *japonica*. *Canadian Journal of Forest Research* 15(4): 631-635.
- Korea Forest Service (KFS). 2015. Standard manual for sustainable forest resource management. Official Notice, No. 1244. (in Korean)
- Korea Forest Service (KFS). 2016. Forest tending design · supervision and business enforcement policy. Official Notice, No. 1294. Korea Forest Service. Daejeon, Korea (in Korean)
- Korea Forest Service (KFS). 2019. Statistical yearbook of forestry. Korea Forest Service. Daejeon, Korea. pp. 39-229. (in Korean)
- Korea Meteorological Administration (KMA). 2017. Annual Climatological Report. Korea Meteorological Administration. Seoul, Korea. pp. 10-13. (in Korean)
- Korea Meteorological Administration (KMA). 2018. Annual Climatological Report. Korea Meteorological Administration. Seoul, Korea. pp. 11-14. (in Korean)
- Lee, D.K., Kwon, K.W., Kim, J.H. and Kim, K.T., 2010. Silviculture. Hyangmoonsa. Seoul, Korea. pp. 34-170. (in Korean)
- Lee, K.J. 2014. *Tree Physiology*. Seoul National University Press. Seoul, Korea. pp. 39-87. (in Korean)
- Mun, H.S., Cho, K.H., Kim, C.S., Song, T.Y. and Kim, H.S. 2014. Heart rate strain of forest-workers in weeding. *Journal of the Korea Society of Forest Engineering and Technology* 12(2): 95-103.
- Nambiar, E.K.S. 1984. Plantation forests: their scope and a perspective on plantation nutrition. pp. 1-15. In : Bowen, G.D., Nambiar, E.K.S. (Eds.), *Nutrition of Plantation Forests*. Academic Press. New York, United States.
- National Institute of Forest Science (NIFoS). 2014. Thinning technology by function of forest. National Institute of Forest Science. Seoul, Korea. pp. 83-85. (in Korean)
- Richardson, B., Vanner, A., Ray, J., Davenport, N. and Coker,

- G. 1996. Mechanisms of *Pinus radiata* growth suppression by some common forest weed species. *New Zealand Journal of Forestry Science* 26(3): 421-437.
- Santosa, E., Sugiyama, N., Nakata, M., Mine, Y., Lee, O.N. and Sopandie, D. 2006. Effect of weeding frequency on the growth and yield of elephant foot yams in agroforestry systems. *Japanese Journal of Tropical Agriculture* 50(1): 7-14.
- Smethurst, P.J. and Nambiar, E.K.S. 1989. Role of weeds in the management of nitrogen in a young *Pinus radiata* plantation. *New Forests* 3(3): 203-224.
- Tange, T., Suzuki, M., Yagi, H., Sasaki, S. and Minamikata Y. 1993. Influence of the weeding method on the growth of planted trees. *Journal of the Japanese Forestry Society* 75(5): 416-423.
- Vasic, V., Konstantinovic, B. and Orlovic, S. 2012. Weeds in forestry and possibilities of their control. pp. 147-170. In: Price, A. (Ed.). *Weed control*. Intech, Croatia EU.
- United States Forest Service(USFS). 2001a. *Forest service manual intermountain region: chapter 2080: noxious weed management*. United States Forest Service. Washington DC, United States.
- United States Forest Service (USFS). 2001b. *Guide to noxious weed prevention practices*. United States Forest Service. Washington DC, United States.
- Willoughby, I., Clay, D.V., Dixon, F.L. and Morgan, G.W. 2006. The effect of competition from different weed species on the growth of *Betula pendula* seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 36(8): 1900-1912.
- Yukutake, K. and Yoshimoto, A. 2001. Cost analysis of timber production from domestic resources. *Japanese Journal of Forest Planning* 35: 75-80.
- Zaller, J.G. 2006. Sheep grazing vs. cutting: regeneration and soil nutrient exploitation of the grassland weed *Rumex obtusifolius*. *BioControl* 51(6): 837-850.

Manuscript Received : May 9, 2020

First Revision : May 26, 2020

Accepted : May 27, 2020