고성 산불피해지에서 소나무 치수의 자연복원 패턴

임주훈* · 김정환 · 배상원
국립산림과학원 수도보전과

(2012년 10월 25일 접수; 2012년 11월 21일 수정; 2012년 11월 26일 수락)

Natural Regeneration Patten of Pine Seedlings on the Burned Forest Site in Gosung, Korea

Joo-Hoon Lim*, Jeong-Hwan Kim and Sang-Won Bae

Division of Forest Soil and Water Conservation, Korea Forest Research Institute

(Received October 25, 2012; Revised November 21, 2012; Accepted November 26, 2012)

ABSTARCT

This study was conducted to determine the natural succession process after forest fire by comparing height, relative growth rates in height (RGH), and tree density of pine seedlings with different fire severity. In the area damaged by surface fire, tree density was highest during the first 5 years after fire. However, in the area damaged by crown fire, tree density rapidly increased during first 5 years after fire. Pine seedlings were found only on the place with ridges, barren soil, and the aspect of north. Annual height growth of pine seedlings was decreased with time in all study sites. The empty space in pine stands gradually decreased by the invasion of *Quercus* species. The forest fire altered the pine forest into oak forest rapidly. In contrast, pine seedlings invaded steadily on the oak forest in the rocky area or the area with ridges.

Key words: Pine seedling, Post-fire, Pine regeneration, Relative growth rates

I. 서 론

강원도 고성군의 송지호 일대 산림은 1996년 발생한 대형산불 이전에는, 상층은 소나무가 우점하며 하층식생으로 참나무류 등이 나타나는 전형적인 소나무림이었다. 그러나 1996년과 2000년 두 차례의 산불에 의해 숲이 교란되어 새로운 천이과정을 거치고 있다.

1996년 고성산불은 강원도 고성군 죽왕면 마좌리 죽변봉 인근에서 발화되어 강풍의 영향으로 동해안 방향으로 확산되어 3,762ha의 산림을 소실시켰고, 2000년에 강원도 고성군 토성면 학야 1리에서 발생한 동해안산불은 초속 26.8m/s의 강한 서풍을 타고 동쪽으

로 확산되어 852ha의 산림을 소실시켰다. 이 산불로 인해 1996년 산불에 의해 소실된 지역에 식재된 3~4년생 소나무 치수림이 소실되었고 참나무류가 우점하는 국립산림과학원 시험지인 70ha 규모의 자연복원지 일부에 지표화 피해를 주었다.

산불 피해지 복원 방법은 인공복원과 자연복원 두 가지로 구분할 수 있는데, 2000년 동해안 산불을 계기로 구체적인 대상지 선정기준이 제시되었다. 인공복원과 자연복원은 산불피해지의 성격과 특성에 따라 구분하여 실시한다. 인공복원의 경우 목재생산림과 같이 목재 생산을 통한 경제성 추구가 목적인 지역, 산지재해방지림과 같이 산사태 등의 재해발생을 예방하기 위

* Corresponding Author : Joo-Hoon Lim
(forefire@korea.kr)

해 산림조성이 급히 필요한 지역 또는 대면적의 산림이 황폐화 되어 강우 등에 의해 토양이 유실되거나 토성이 크게 나빠질 가능성이 높은 지역에서 주로 실시한다. 자연복원은 국립공원 등 숲의 생태적 관리와 자연천이를 우선시 하는 지역을 대상으로 한다(Korea Forest Research Institute, 2006).

산불은 식생에 물리적 피해를 입힐 뿐 아니라 주변 환경을 변화시켜 개체군의 이입과 성장, 중간 경쟁과 도태 등에 영향을 미치는 영향력이 큰 자연재해 중 하나이다. 산불 이후 자연복원지의 식생 분포 유형은 산불의 형태, 기존의 분포 수종 및 산불 피해지 인근의 수종에 따라 다르다(Zak and Denton, 1998; Korea Forest Research Institute, 1996). 소나무는 지표화에 대해서는 두꺼운 수피로 인해 산불에 견디는 능력이 뛰어나지만, 수관화에 대한 저항력이 낮아 고사하는 경우가 많다(Agee, 1998; Fernandes *et al.*, 2008; Rodrigo *et al.*, 2007). 소나무가 가지고 있는 산불에 대한 생존전략에도 불구하고 대부분의 소나무는 산불 이후 참나무류와의 서식지 점유 경쟁에서 밀려 거의 사라지게 된다(Retana *et al.*, 2002; Rodrigo *et al.*, 2004; Gara *et al.*, 1985). 이는 산불 피해지에서 참나무류는 맹아갱신을 통해 임지회복이 빠르게 진행되는 데 반해, 소나무는 종자 산포를 통하여 서식지를 점유하므로 지표상태에 따라 침입 위치나 속도가 달라지기 때문이다(Korea Forest Research Institute, 1996). 그러나 능선부와 암석지와 같이 토양이 척박한 지역에서는 소나무의 싹새묘가 이입되기도 한다(Raftoyannis and Spanos, 2005).

고성 지역은 기후의 영향에 의한 식생대 상으로 참나무림대에 속하기 때문에 과거 토성과 인간간섭의 영향으로 소나무림이 분포하고 있었다 할지라도 산불로 인해 소실된 이후에는 참나무림이 생성되기에 적합한 환경조건을 가지고 있다. 그러나 능선부와 같이 극소지형에서는 광물질 토양이 노출되어 소나무 종자 정착에 의해 소나무림으로 복원될 가능성이 높다. 따라서 본 연구는 동해안 지역 구룡선 산지의 고성 산불피해지 내에서 자연복원이 적용된 경우 소나무 이입과 성장특성을 조사하여 자연적인 천이과정을 확인하고 능선부에서의 소나무 치수 생장패턴에 대해 알아보고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

본 연구대상지는 강원도 고성군 죽왕면 소재 국유림으로 조사지역은 해안으로부터 약 4km 가량 떨어져 있다. 조사지의 모양은 화강암으로 이루어져 있으며 평균 해발고도는 약 90m로 나타났다. 조사지역은 태백산맥의 동쪽에 위치할 뿐 아니라 바다에 인접하였기 때문에 특정 계절풍에 대한 영향이 상대적으로 적으며 소나무 결실기인 가을철의 최다풍향은 남서서풍, 북서풍, 북북서풍을 비롯하여 남동풍, 북북동풍 등 다양하게 나타났다.

조사구는 능선부를 중심으로 5개소를 선정하였다. 조사구 1, 2, 3 그리고 4는 1996년과 2000년 2회에 걸쳐 산불피해를 받은 지역으로 능선을 중심으로 폭 20m, 길이 50m의 크기로 설정하였으며, 조사구 5는 1996년 지표화에 의한 피해를 입은 지역으로서 능선을

Fig. 1. The geographic location of the study site.

Table 1. Monthly solar-radiation of study site

	Mean	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
South facing	143.2	92.6	139.0	148.7	200.4	207.8	174.8	186.8	118.8	145.9	142.4	70.6	90.6
North facing	27.7	25.2	22.8	31.1	29.3	25.9	26.3	31.2	30.6	29.7	23.5	27.6	29.6

Fig. 2. The meteorological data of study site.

중심으로 폭 20m, 길이 40m의 크기로 설정하였다. 연평균 일사량은 남사면 143.2W/m², 북사면 27.7 W/m²로 나타났다(Table 1). 연평균 기온은 북사면 11.1°C, 남사면 11.7°C로 나타났고, 토양온도는 북사면 12.8°C, 남사면 10.8°C로 나타났으며, 토양습수율은 남사면 27.7%, 북사면 10.3%로 나타나 남사면이 비교적 높게 나타났다. 이에 비해 상대습도는 남사면 62.0%, 북사면 66.3%로 나타나 북사면이 높게 나타났다(Fig. 2).

조사구 내의 소나무의 위치, 개체수, 수령 그리고 상대수고 생장량을 조사하여 산불 발생 후 15년간 이 입된 소나무 개체수, 임분밀도, 수고 그리고 상대생장률을 각 조사지 별로 비교, 분석하였다. 수고 상대 생장율은 식 1을 이용하여 구하였다.

RGH(relative growth rates in height)=

$$(\ln H_1 - \ln H_0) / (T_1 - T_0) \quad (1)$$

III. 결과 및 고찰

3.1. 조사구별 임목밀도

2011년을 기준으로 각 조사구별 임목밀도를 보면, 조사구 1은 740 본/ha, 조사구 2는 70 본/ha, 조사구 3은 180 본/ha, 조사구 4는 170 본/ha, 그리고 조사구 5은 1,125 본/ha 으로 나타나 능선부를 중심으로 소나무 치수가 발생하기는 하나 임분을 형성하지는 못하였다(Fig. 2).

시간 경과에 따라 임목밀도는 조사구 5가 조사구 1, 2, 3, 그리고 4에 비해 높게 나타났는데 이는 산불 발생빈도가 소나무 개체수와 반비례의 관계에 있다는 연구결과와 유사하였다(Anderson *et al.*, 1987; Bergeron *et al.*, 1998).

또한 지표화 피해지인 조사구 5와 전소지인 조사구 1과 비교하면 지표화지의 경우 산불발생 이후 초기 소나무 이입이 빠르게 진행되어 임목밀도가 증가하다가 10여 년이 경과한 이후부터 증가량이 감소하는 경향을 보여주었고, 전소지인 조사구 1과 4의 경우 화재 발생 후 8년이 경과한 시점에서 임목밀도의 증가량이 크게 나타나는 경향을 보여주었다. 조사구 2와 3의 경우는 타 조사구에 비해 상대적으로 낮은 값을 나타내었는데 이는 소나무 모수와의 거리, 참나무류 맹아와의 경쟁에 따른 결과로 추정된다.

Rodrigo *et al.*(2004)은 폐쇄성 구과를 가진 몇 수종의 소나무를 제외한 대부분의 침엽수는 수관화 발생 시 자연 복원속도가 늦으며, 지표화 발생 시에는 두꺼운 수피로 인해 나무의 생존율이 타 수종보다 높으며 나지화된 지표면에서 새로운 종자가 쉽게 발아할 수 있다고 보고 한 바 있다. 따라서 조사구 5의 경우는 1996년 지표화 피해 이후 살아남은 잔존목에서 종자가 주변으로 확산되어 발아하였기 때문에 상대적으로 산불 후 초기에 임목밀도가 증가하였으며, 다른 조사구의 경우는 외부로부터 이입되었기 때문에 조사구 5에

비해 상대적으로 일정 시간 이후에 증가한 것으로 판단된다.

온대림에서는 천이 과정 상 산불로 인한 교란 이후에는 소나무와 같은 수종 대신 맹아력이 있거나 두꺼운 외피의 종자를 가진 수종으로 우점된다고 보고된 바 있다(Retana *et al.*, 2002; Zak and Denton, 1998). 또한 소나무는 씨앗을 통해 유성번식을 하므로 종자원인 모수가 존재하여야 하며 씨앗이 광물질토양에 떨어져 자리잡아야 발아하며, 풍부한 광 조건이 주어지지 않으면 치수와 유묘단계를 거쳐 성숙목으로 성장할 수 있다. 이러한 점을 감안해 보면 조사구 2와 3의 경우는 외부로부터 소나무 이입은 이루어졌으나 맹아갱신한 주변의 참나무류가 먼저 우점함에 따라 소나무의 임목밀도가 다른 조사구에 비해 낮아진 것으로 사료된다.

3.2. 조사구별 소나무 개체목 수고 성장과 상대생장율

각 조사구별 산불 발생 이후 시간 경과에 따른 수고 성장과 상대생장율을 Fig. 3에 나타내었다. 연도별 조사구의 수고 성장량은 1회 지표화지인 5번 조사구가 162.9cm로 가장 높게 나타났으며 이어서 1, 2, 3 그리고 4번 조사구가 각각 114.1cm, 77.9cm, 82.2cm, 87.0cm로 나타났다. 그러나 1, 2, 3 그리고 4번 조사구간에는 통계적인 유의차가 나타나지 않았으며 ($p=0.5$), 그리고 5번 조사구는 타 조사구에 비해 높은 성장을 보였다($p=0.0003$).

수고 상대생장율은 1년생의 경우 1, 2, 3, 4 그리고 5번 조사구에서 각각 0.79, 0.78, 0.78, 0.76, 0.67로 나타나 유의한 차이가 나타나지 않았다($p=0.74$). 10년생의 경우에도 1, 2, 3, 그리고 5번 조사구에서 각각

Fig. 3. The variations in stem density on post-fire years.

0.77, 0.05, 0.05, 0.03으로 나타나 각 조사구간 유의한 차이가 나타나지 않아($p=0.06$), 수고생장량과는 달리 상대생장율은 시간 경과에 따라 모든 조사구에서 유사하게 감소하는 경향을 보였다.

Cheong *et al.*(1997)은 묘포장에서 자라는 6년생 소나무 수고의 상대생장율이 0.6정도라고 보고하였고, Retana *et al.*(2002)은 대규모 산불 이후 자연적인 복원의 형태는 소나무 치수와 참나무류의 맹아가 동시에 자라 소나무 치수는 시간이 경과할수록 참나무 맹아에 밀려 치수의 밀도가 감소하며 생장량이 감소한다고 보고하였다. Rodrigo *et al.*(2004)은 지중해연안에서 나타난 산불 이후 폐쇄성 구과를 가지지 않은 나자식물의 경우 피자식물에 비해 점유하는 면적이 점차 줄어들며, 일부 척박한 장소에서 자란다고 보고한 바 있으며, Stott and Loehle(1998)는 교란이후 빠르게 상층을 점유할 수 있는 수종이 그 공간을 우점하며, 수고생장이 낮은 수종은 도태되거나 하층군락을 이룬다고 하였다.

Fig. 4. Visualization of height growth and relative growth rate. Graph(a), a-axis are years (1996-2010) and graph(b), x-axis are years after post-fire. Error bar is standard error.

한편, 산불피해지에서 수종의 구성은 산불 피해 이전의 환경 조건을 비롯하여 산불의 발생 형태와 밀접한 관계를 가진다(Hanes and Jones, 1967; Keeley and Keeley, 1981; Keeley and Zedler, 1978). 즉, 사면 방향에 따라 우점하는 수종이 달라지며, 강우량이 낮은 경우 관목의 형태로 우점하게 되며, 지표 유출이 일어나는 경우 초본류보다는 선구수종 위주의 목본류가 우점하게 된다(Keeley and Keeley, 1981). 이러한 점을 감안해 볼 때, 본 연구에서 나타난 상대 수고 성장율의 급격한 감소는 척박한 토양환경과 능선부 아래쪽에서 맹아 갱신한 참나무류에 의한 비음량이 증가하였기 때문에 점차 생장이 둔화되었을 것으로 사료된다.

3.3. 조사지내 소나무 치수의 증가

1999년부터 2011년까지 5개소의 조사구에서 능선부를 중심으로 남사면과 북사면에 발생한 소나무 치수의 개체 수를 Fig. 5에 나타내었다. 능선부를 중심으로 남사면과 북사면으로 나누어 비교하면 2011년 기준, 조사구 1, 4, 그리고 5의 경우 능선부 북사면 각각 37, 38, 24개체, 남사면에서 각각 29, 9, 4개체가 발생하여 북사면에서 더 많이 발생하였다. 그리고 조사구 2와 3의 경우는 능선부 북사면에서 각각 1, 7개체, 남사면에서 각각 6, 9개체가 발생하여 남사면에서 더 많은 치수가 발생하였다. 따라서, 산불발생 빈도와 산불피해 형태에 따른 경향은 나타나지 않으며, 전체적

Fig. 5. Added seedling numbers of *Pinus densiflora* on study site by time passed.

으로 북사면에서 더 많은 치수가 발생하였다.

Raftoyannis and Spanos(2005)는 산불발생 이후 능선부와 같은 척박지에서 소나무가 발생한다고 하였으며, Eshel *et al.*(2000)은 산불 이후 초기천이과정상 *Pinus halepensis*의 치수의 발생량은 물푸레나무가 자라는 지역에서는 매우 낮은 개체수를 보여주어 다른 수종의 성장하지 않는 지역에서 주로 성장한다고 하였다. 일반적으로 소나무는 양수 수종이기 때문에 광량이 높은 지역에서 생장이 좋으나(Daniel *et al.*, 1979), 본 연구에서 나타난 결과는 광조건 보다 식생구조가 더 큰 영향을 끼치는 것으로 판단된다.

한편, 우리나라의 가을과 겨울철에는 시베리아 기단, 양쯔강 기단에 의해 영향을 받아 북서풍 혹은 서풍이 부는 것이 일반적이지만, 본 조사지역의 경우는 태백산맥의 동쪽에 위치할 뿐 아니라 바다에 인접하여 위치하기 때문에 특정 계절풍에 대한 영향은 상대적으로 적게 나타난다. 따라서 최다풍향이 남서서풍, 북서풍, 북북서풍을 비롯하여 남동풍, 북북동풍 등 다양하게 나타난다(Korea Meteorological Administration, 2009).

소나무 결실기인 9월 우리나라는 양쯔강 기단의 영향을 받아 서풍이 주로 많으며, 북태평양 기단이 오랜 기간 강성한 세력을 유지하는 경우 남동 혹은 남서풍이 부는 경우도 있다. 그러나, 조사지역의 경우 태백산맥 동쪽에 위치하며 해안으로부터 비교적 가깝기 때문에 해풍과 육풍이 번갈아 불어 풍향이 일정하지 않다. 따라서 잔존목이 있는 조사구 5를 제외한 나머지 조사구의 경우 지형화적인 방법으로 모수를 특정한 방향 및 위치로 추정하기는 어려우며, 이를 위해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

임분의 형성은 사면방향, 경사, 고도와 매우 높은 상관관계를 가진다. 사면경사에 따라 토양유출 정도가 다르며, 경사가 급한 경우 지속적으로 토양이 유출되어 소나무 치수 등이 발생하더라도 성장속도는 매우 더디게 나타난다(Hanes, 1971). 조사구 2의 북사면은 경사가 35° 이상이며, 전소지이기에 주변에 잔존하는 소나무가 존재하지 않아 남사면을 중심으로 능선 부분에만 소나무 종자가 새로이 정착한 것으로 판단된다. 그러나 참나무류와의 경쟁으로 수고 생장이 점차 둔화되고 있어 시간 경과에 따라 그 개체수가 감소될 것으로 사료된다. 조사구 3은 사면 방향과는 관계없이 소나무가 존재하고 있었으나 대부분의 경우, 참나무류 사이의 공간에서 위치하고 있었다. 따라서 참나무류에

피압되어 점차 수고 생장이 낮아지고 있었으며, 일부 척박지에서 비교적 정상적으로 초기생장을 하는 것으로 나타났다.

1회 지표화 발생지인 조사구 5의 경우는 실험구 동쪽 끝에서 개체수가 사방으로 증가하는 경향을 보였다. 이는 북동쪽에 위치한 모수에서 소나무 종자가 산포되어 활착한 것으로 보이나, 모수 주변에서 집중적으로 자라고 있어 임분밀도가 높아 소나무 간 경쟁으로 인하여 시간경과에 따라 개체수는 점차 감소될 것으로 사료된다.

산불피해지에서 계곡부는 음수 수종이 우점하며 노출지나 능선부와 같이 토양이 척박한 경우 소나무 임분이 형성된다고 보고된 바 있다(Korea Forest Research Institute, 1996). 그러나 본 연구에서는 임분을 형성하지는 못한 것으로 보이는데, 이는 토양 유출이 지속적으로 이루어져 양분의 이용 등의 제한이 심하며 능선부 바로 아래에서 자라는 참나무류의 성장속도가 빨라 소나무 생장이 억제되기 때문으로 판단된다.

적 요

산불 발생 이후 대부분의 지역에서 소나무보다는 참나무류로 천연갱신되는 패턴을 보인다. 그러나 능선부나 암반지대 등 척박한 곳에서는 소나무가 일부 생존하며, 때에 따라서는 임분을 형성하기도 한다. 따라서 본 연구는 산불피해지에서 능선부를 중심으로 소나무의 성장과 개체수를 조사하여 산불피해지에서 소나무의 천연갱신에 관한 기초자료를 제공하고자 수행되었다. 산불피해지에서 소나무 개체수의 변화는 1회 지표화 피해지인 5번 조사구에서는 산불 발생 후 초기 5년간 증가하는 패턴을 보여주었다. 이는 지표화에 의해 하층식생이 제거되고 지표화 피해로부터 생존한 개체로부터 종자가 지속적으로 유입되었기 때문으로 판단된다. 2회 전소화 피해지인 1, 2, 3, 그리고 4번 조사구의 경우 산불 발생 5년 이후부터 소나무 치수의 발생이 증가하는 패턴을 보였는데 이는 능선 근처에 소나무 잔존목이 존재하지 않아 종자의 유입이 어려워 소나무의 이입이 더뎠으나 시간이 경과함에 따라 토양 환경이 안정되고 종자를 생산하는 개체가 늘어 소나무 치수의 이입이 증가했을 것으로 사료된다. 소나무 수고의 상대 성장율은 임분에 관계없이 시간 경과에 따라 급격히 감소하는 경향을 보여주었으며, 이

는 모든 조사구에서 공통적으로 나타난 결과이다. 따라서 산불피해지에서 자연 복원된 소나무의 수고 상대 성장율은 산불의 발생빈도나 형태와는 무관한 것으로 판단된다. 따라서 향후 개체수와 수고 성장속도에 영향을 끼치는 토양의 성질과 유실량, 그리고 주변 임분에서 자라는 참나무류의 생장에 관한 조사가 추가적으로 이루어져야 할 것이며, 한편, 생존한 주변 소나무 임분의 유전학적 동정을 통해 소나무 치수의 이입에 관한 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

REFERENCES

- Agee, J. K., 1998: The Landscape Ecology of Western Forest Fire Regimes. *Northwest Science* **72**, 24-34.
- Anderson, L., C. E. Carlson, and R. H. Wakimoto, 1987: Forest Fire Frequency and Western Spruce Budworm Outbreaks in Western Montana. *Forest Ecology and Management* **22**, 251-260.
- Bergeron, Y., P. J. H. Richard, C. Carcaillet, S. Gauthier, M. Flannigan, and Y. T. Prairie, 1998: Variability in Fire Frequency and Forest Composition in Canada's Southeastern Boreal Forest: a Challenge for Sustainable Forest Management. *Conservation Ecology* **2**. <http://www.consecol.org/vol2/iss2/art6/>. Accessed 13 July 2012.
- Cheong, Y. M., S. Y. Woo, and P. G. Kim, 1997: Effect of Acid Rain Treatment on Height Growth of Several Landscape Tree Species, pH value and Al^{3+} Concentration in Soil : Comparison after 5 years [I]. *Journal of Korea Air Pollution Research Association* **13**(4), 249-256. (in Korean with English abstract)
- Daniel, T. W., J. A. Helms, F. S. Baker, 1979: Principles of Silviculture : 2nd edition. McGraw-Hill in Forest Resources, 500pp.
- Eshel, A., N. Henig-Sever, and G. Ne'eman, 2000: Spatial variation of seedling distribution in an east Mediterranean pine woodland at the beginning of post-fire succession. *Plant Ecology* **148**, 175-182.
- Fernandes, P. M., J. A. Vega, E. Jimenez, and E. Rigolot, 2008: Fire resistance of European pines. *Forest Ecology and Management* **256**(3), 246-255.
- Gara, R. I., W. R. Littke, J. K. Agee, D. R. Geiszler, and J. D. Stuart, 1985: Influence of Fires, Fungi and Mountain Pine Beetles on Development of a Lodgepole Pine Forest in Sout-Central Oregon, *USU The Bark Beetles, Fuels, and Fire Bibliography*, 151-163.
- Hanes, T. L., 1971: Succession after Fire in the Chaparral of Southern California. *Ecological Monographs* **41**, 27-52.
- Hanes, T. L., and H. Jones, 1967: Post-fire Chaparral Succession in Southern California. *Ecology* **48**, 257-264.
- Keeley, J. E., and S. C. Keeley, 1981: Post-Fire Regeneration of Southern California Chaparral. *American Journal of Botany* **68**(4), 524-530.
- Keeley, J. E., and P. H. Zedler, 1978: Reproduction of Chaparral Shrubs after Fire : a comparison of sprouting and seeding strategies. *The American Midland Naturalist Journal* **99**, 142-161.
- Korea Forest Research Institute, 1996: Report on the research the ecological environment at Forest fire area in Gosung. Korea Forest Service, 169 pp. (in Korean)
- Korea Forest Research Institute, 2006: Post-Fire Restoration – To Establish a Healthy and Sustainable Forest Ecosystem, Korea Forest Service, 60 pp.
- Korea Meteorological Administration, 2009: Weather Resource Database, http://www.kma.go.kr/weather/observation/data_monthly.jsp. Accessed 29 August 2012. (in Korean)
- Raftoyannis, Y., and I. Spanos, 2005: Evaluation of Log and Branch Barriers as Post-fire Rehabilitation Treatments in a Mediterranean Pine Forest in Greece International. *Journal of Wildland Fire* **14**(2), 183-188.
- Retana, J., J. M. Espelta, A. Habrouk, J. L. Ordóñez, and F. Solà-Morales, 2002: Regeneration patterns of three Mediterranean Pines and Forest Changes after a large Wildfire in North-eastern Spain. *Ecoscience* **9**, 89-97.
- Rodrigo, A., V. Quintana, and J. Retana, 2007: Fire Reduce *Pinus pinea* Distribution in the Northeastern Iberian Peninsula. *Ecoscience* **14**(1), 23-30.
- Rodrigo, A., J. Retana, and X. Picó, 2004: Direct Regeneration is not the only Response of Mediterranean Forests to Large Fires. *Ecology* **85**(3), 716-729.
- Stott, P., and C. Loehl, 1998: Height Growth Rate Tradeoffs Determine Northern and Southern Rang Limits for tree. *Journal of Biogeography* **25**(4), 735-742.
- Zak, D. R., and D. K. Denton, 1998: *Forest Ecology*, John Wiley & Sons, 792 pp.