잣나무 조림지의 탄소수지에 관한 연구

표재훈 · 김세욱 · 문형태*
공주대학교 자연과학대학 생명과학과

적 요: 공주 근교의 15년 된 잣나무 조림지에서 물질생산을 통한 탄소고정량과 토양호흡을 통한 탄소 방출량을 조사하였다. 연 순생산량은 상대생장법에 의해 보고된 물질생산 식을 이용하여 측정하고 이것을 이산화탄소의 고정량(순 흡수량)으로 환산하였다. 토양호흡은 대조구, 뿌리제거구, 낙엽제거구로 구분하여 2001년 4월부터 2002년 4월까지 2주 간격으로 측정하였으며, 이때 토양온도, 토양수분함량도 함께 측정하였다. 이들 자료를 기준으로 잣나무 조림지의 탄소수지를 파악하였다. 조사지역 잣나무 조림지의 연 순생산량은 25.7t · ha^{-1} · yr^{-1}이었으며, 이를 CO_2량으로 환산한 결과 연간 CO_2 고정량은 42.5 t CO_2 · ha^{-1} · yr^{-1}이었다. 잣나무 조림지 대조구의 연간 총 호흡량은 5.0 t CO_2 · ha^{-1} · yr^{-1}이었다. 연간 이산화탄소 발생량 중 낙엽층의 기여도는 전체의 32.0%, 뿌리의 기여도는 46.0%이었다. 임목밀도에 따라 연 순생산량에 차이가 있지만 본 조사지역의 경우 CO_2 순 흡수량과 토양호흡에 의한 방출량의 차이는 37.5 t CO_2 · ha^{-1} · yr^{-1}로 삼림이 대기 중의 이산화탄소를 감소시킴을 알 수 있다.

검색어: 물질생산, 뿌리호흡, 잣나무조림지, 탄소수지, 토양호흡

서 론

삼림은 지구수준의 탄소순환에 중요한 구성원으로 광합성을 통해 대기 중으로부터 탄소를 흡수하고 식물과 토양미생물의 호흡을 통해 대기 중으로 탄소를 방출한다. 식물은 성장과정에서 유기물의 형태로 탄소를 축적하지만 생장 후반부에서는 비광합성 부위의 증가로 탄소 고정량이 감소한다(Tans *et al.* 1990).

Tans 등(1990)은 온대삼림생태계가 대기 중의 탄소를 감소시키는 중요한 역할을 하는 것으로 주장한 바 있다. 특히 임목생장이 왕성한 조림지의 경우 자연림에 비해 탄소 흡수 효율이 훨씬 높다(Delcourt and Harris 1980, Gladstone and Ledig 1990, Maier and Kress 2000). 삼림생태계의 지상부 생산량 및 생산력에 영향을 주는 환경요인에 대해서는 비교적 많은 내용들이 밝혀졌으나(Landsberg and Gower 1997), 대기 중으로 방출되는 탄소의 양과 그 기작에 관해서는 상대적으로 밝혀진 내용들이 많지 않다(Maier and Kress 2000).

Raich와 Schlesinger(1992)는 토양에서 방출되는 이산화탄소의 양이 지구수준의 탄소순환을 구성하는 유동량 중 두 번째로 크다고 주장한 바 있다. 따라서 삼림생태계가 지구 수준의 탄소순환에 미치는 영향을 좀더 깊이 있게 이해하기 위해서는 삼림생태계 유형과 우점수종의 수령에 따라 토양호흡을 통해 임상으로부터 대기 중으로 방출되는 탄소의 양에 대한 집중적인 연구가 필요하다.

생태계의 탄소순환에서 토양호흡의 중요성이 대두된 이후 많은 사람들이 다양한 기후대와 식생형에서 토양 호흡을 측정하였다(Gordon *et al.* 1987, Kursar 1989, Raich and Schlesinger 1992, Schlentner and Van cleve 1985, Nakane *et al.* 1996, Knapp *et al.* 1998, Billings *et al.* 1998, Striegl and Wickland 1998). 토양 호흡에 관련된 초기의 연구는 주로 기후와 식생에 따른 토양 호흡량 비교와 연간 토양 호흡량의 추정 그리고 토양 호흡에 미치는 다양한 환경 요인(온도, 수분 등)의 영향에 관한 것이었으나 최근에는 삼림으로 유입되는 탄소의 양과 토양으로부터 발생되는 이산화탄소를 정량화 하여 삼림 생태계의 탄소 순환을 예측하려는 연구가 활발히 진행되고 있다(Nakane 1995, Reich and Tufekcioglu 2000).

국내의 경우는 Son 등(1994) 이 식재된 3종의 활엽수림에서, 그리고 Son과 Kim(1996)이 식재된 리기다소나무림과 낙엽송림의 토양호흡을 비교 측정하였고 Lee와 Mun(2000)이 참나무림에서 토양호흡을 측정하였을 뿐 관련된 연구가 많지 않은 실정이다. 또한 이들 연구도 토양호흡량에만 국한되어 있어 삼림생태계 전체의 탄소수지에 관한 연구는 거의 없다.

본 연구의 목적은 잣나무 조림지에서 물질생산을 통한 탄소고정량과 토양 호흡을 통한 이산화탄소 방출량을 정량적으로 조사하여 삼림생태계의 탄소수지 파악을 위한 기초자료를 얻기 위한 것이다.

재료 및 방법

조사지 개황

*Corresponding author; Phone: 82-41-850-8499, e-mail : htmun@kongju.ac.kr

연구 대상지인 잣나무 조림지는 충남 공주시 근교 야산의 북사면에 위치하고 있으며 15년 된 비교적 유령림에 해당된다. 잣나무의 평균 흉고직경은 10.9cm 이었으며, 임목밀도는 3,300그루/ha 이었다. 하층의 관목은 관리차원에서 제거된 상태이었으며, 초본층은 매우 빈약하였다.

조사기간 동안 월별 강우량의 분포와 월별 평균기온은 Fig. 1과 같다. 2001년 강우량은 6, 7월에 집중되었으며, 조사기간 동안(2001년 4월부터 2002년 3월)의 강우량은 696mm/yr로 우리나라의 연평균 강수량인 1,283mm에 비해 현저히 낮았다. 최난월은 7월의 26.8℃이었으며, 최한월은 12월의 −0.4℃이었다.

물질생산 측정

잣나무 조림지의 연간 순생산량 측정은 상대생장법을 이용한 기존의 발표된 식을 이용하였다(Kim *et al.* 1988). 조사지역의 잣나무 조림지에 20m×20m 영구방형구를 설정한 후 2001년 4월에 매목조사를 실시하였다. 영구방형구 내에 포함되어 있는 각 나무의 흉고직경과 수고를 측정하여 잣나무의 현존량 측정을 위한 회귀직선식을 이용하여 현존량(W_1)을 추정하였다. 2002년 3월에 흉고직경과 수고를 다시 측정하여 같은 회귀식을 이용하여 현존량(W_2)을 계산하고 증가량($\triangle W = W_2 - W_1$)을 산출하여 연간 순생산량으로 하였으며, 지하부 현존량은 지상부의 25%로 추정하였다. 건량의 45%를 탄소의 양으로 추정하여(Houghton et al. 1983), 이를 이산화탄소량으로 환산하였다(Han 2002).

토양호흡량 측정

토양호흡은 대조구, 뿌리제거구, 낙엽제거구로 구분하여 2001년 4월부터 2002년 4월까지 매 달 2주에 한 번, 하루 중 11:00~13:00 사이에 측정하였다. 대조구는 임상을 그대로 보존한 상태에서 호흡을 측정한 것이다. 뿌리제거구는 2001년 3월에 낙엽층과 표층 10cm의 흙을 파서 따로 보관한 다음 직경 50cm, 깊이 30cm의 원형 구덩이를 5개 만들었다. 주변으로부터 뿌리가 침입하는 것을 막기 위해 구덩이의 밑바닥을 제외한 벽면을 비닐로 덮은 후 뿌리를 제거한 흙을 다시 구덩이에 넣었다. 이 때 주변의 토양과 비슷한 밀도로 흙을 채운 다음 그 위에 보관했던 상층토와 낙엽을 덮었다. 뿌리제거구에는 살아있는 식물의 뿌리가 거의 없기 때문에 이 부분에서 측정한 호흡량은 전적으로 토양미생물과 토양 소동물에 의한 것이라고 할 수 있다. 낙엽제거구는 2001년 3월에 직경 50cm의 원형 방형구를 5개 설정하여 지표면의 낙엽을 제거하였다. 이후 낙엽의 이입을 막기 위하여 직경 60cm, 높이 30cm의 원형 철망을 제작하여 방형구 위에 덮어두었다.

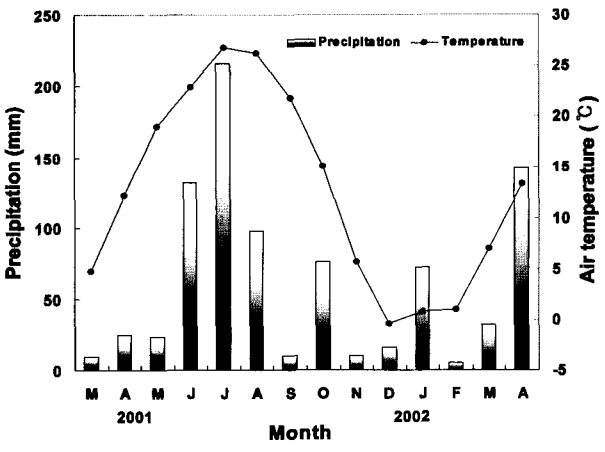

Fig. 1. Seasonal precipitation and average temperature from March 2001 through April 2002 at Buyeo meteorological station about 32km distance from the study area.

토양호흡의 측정방법은 휴대용 CI-301 CO_2 Gas Analyzer와 soil respiration chamber를 이용하여 dynamic closed chamber method를 이용하였다. 야외에서 측정된 데이터는 memory card에 저장되며, 이를 실험실에서 컴퓨터에 연결하여 데이터를 처리하였다.

환경요인 측정

토양온도는 T&D Thermo Recorder(온도기록계)를 사용하여 조사기간 동안 매일 1시간 간격으로 측정하였다. 온도기록계 본체에 연결된 sensor는 토양층 5cm와 10cm 깊이에 묻어 깊이에 따른 온도 변화를 측정하였다. 토양의 수분함량은 토양호흡을 측정하는 시기에 토양을 층별로 채취하여 fresh soil을 칭량한 뒤 105℃의 건조기에서 48시간 이상 건조시킨 후 다시 칭량하여 소실된 양을 fresh soil에 대한 수분%로 나타내었다.

결과 및 고찰

물질생산량

Kim 등(1988)이 잣나무 조림지의 물질생산을 측정하기 위해 개발한 회귀직선식을 이용하여 2001년과 2002년에 추정된 본 조사지소의 현존량과 연간 순생산량을 Table 1에 종합하였다. 지하부 현존량은 지상부 현존량의 25%로 계산하였다. 잣나무 조림지의 지상부와 지하부를 합한 현존량은 2001년과 2002년에 각각 431.4 그리고 457.1 t/ha이었으며, 연순생산량은 25.7t · ha^{-1} · yr^{-1}이었다.

Table 1. Standing biomass and net primary production(NPP)(t /ha) of big cone pine plantation in the study area

Stand	Standing biomass		NPP
	April, 2001	March, 2002	
Aboveground	345.1	365.7	20.6
Belowground	86.3	91.4	5.1
Total	431.4	457.1	25.7

Kim 등(1988)은 11년 된 잣나무 조림지의 지상부 연 순생산량을 9.12ton · ha^{-1} · yr^{-1}로 보고한 바 있다. 본 조사지역의 경우 임목밀도가 Kim 등(1988)이 조사한 2,986그루/ha보다 높은 3,300그루/ha 이었고, 수령도 15년으로 높아 연 순생산량에 차이가 있는 것으로 판단된다. 삼림의 물질생산은 조사지소의 토양조건과 밀접한 관련이 있기 때문에 지소간 단순비교는 큰 의미가 없다. 본 잣나무 조림지의 경우 수령이 낮은 데다 임목밀도가 높아 연순생산량이 높은 것으로 판단된다. 대기 중의 이산화탄소 감소를 목적으로 조림을 할 경우 임목밀도를 적절히 조절하여 연순생산량을 증가시킴으로써 그 효율을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

호흡량

조사지역에서 측정된 월별 호흡량을 대조구(Con)와 낙엽제거구(L.F) 그리고 뿌리제거구(R.F)로 구분하여 Fig. 2에 나타내었다. 전반적으로 뿌리 제거구에서 호흡량이 적었는데, 하절기 이후 9월부터 11월 사이에 그 차이가 큰 것으로 나타났다. 2001년 4월과 5월의 토양 호흡량에 비해 2002년 같은 달의 호흡량이 큰 것으로 나타났는데, 이것은 2001년에 비해 2002년 4월과 5월의 강우량이 많기 때문인 것으로 판단된다(Fig. 1).

잣나무 조림지에서 대조구와 낙엽제거구 그리고 뿌리제거구의 연중 최대호흡량과 최소호흡량 그리고 연간 전체 호흡량을 Table 2에 정리하였다. 최대호흡량은 3지역에서 모두 토양온도가 높은 8월중에 나타났으며, 대조구 12.4±0.4 μ mol CO_2 · m^{-2} · s^{-1}, 낙엽제거구 11.0±1.1 μ mol CO_2 · m^{-2} · s^{-1}, 뿌리제거구 10.0±0.4 μ mol CO_2 · m^{-2} · s^{-1}로 뿌리 제거구에서 낮았다. 최소호흡량은 토양온도가 낮은 1월중에 측정되었는데, 대조구, 낙엽제거구에서 0.2±0.1 μ mol CO_2 · m^{-2} · s^{-1}로 같은 값이었으며, 뿌리제거구에서는 측정되지 않았다. 연간 발생되는 이산화탄소의 양은 대조구 5.0 t CO_2 · m^{-2} · yr^{-1}, 낙엽제거구 3.4 t CO_2 · m^{-2} · yr^{-1}, 뿌리제거구 2.3 t CO_2 · m^{-2} · yr^{-1}이었다.

Table 2. Carbon dioxide evolution in the big cone pine stand

Items		Big cone pine
Max. respiration (μ mol CO_2 · m^{-2} · s^{-1})	Control	12.4±0.4
	Litter-free	11.0±1.1
	Root-free	10.0±0.4
Min. respiration (μ mol CO_2 · m^{-2} · s^{-1})	Control	0.2±0.1
	Litter-free	0.2±0.1
	Root-free	0
Respiration (t CO_2 · m^{-2} · yr^{-1})	Control	5.0
	Litter-free	3.4
	Root-free	2.3

연간 이산화탄소 발생량 중 낙엽층과 뿌리의 기여도를 살펴보면 낙엽층에 의한 기여도가 32.0%, 뿌리에 의한 기여도가 46.0%이었다. 이상의 결과에서 본 잣나무 조림지에서는 낙엽층의 호흡량보다 뿌리의 호흡량이 현저히 많은 것으로 나타났다.

조사지소의 환경요인

잣나무 조림지의 상층토양과 하층토양의 온도를 Fig. 3에 표시하였다. 토양온도의 계절변화 패턴은 3지소에서 매우 유사하였다. 토양온도는 8월에 가장 높았으며, 토양온도가 낮은 12, 1, 2월의 온도변화 패턴도 3지소에서 매우 유사하였다. 조사지소에서 호흡률과 토양온도와의 상관관계를 Fig. 4에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 토양온도가 증가함에 따라 호흡량이 지수함수적으로 증가함을 알 수 있다.

잣나무 조림지의 대조구와 낙엽제거구 그리고 뿌리 제거구의 토양수분함량을 Fig. 5에 나타내었다. 낙엽제거구 토양의 수분함량은 대조구나 뿌리 제거구에 비해 낮았다. 특히 2001년 하절

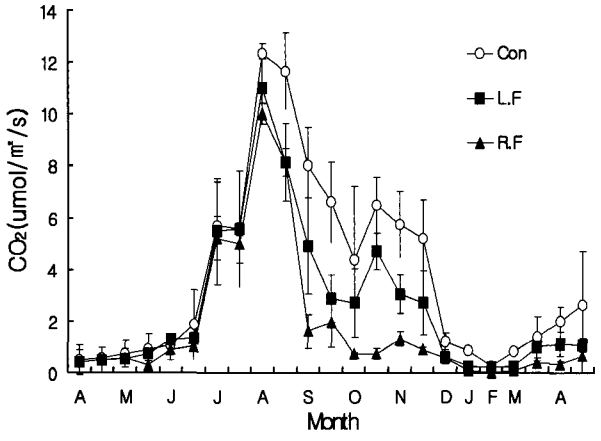

Fig. 2. Seasonal CO_2 evolution at *Pinus koraiensis* stand. (Con: Control, L.F: Litter free, R.F: Root free).

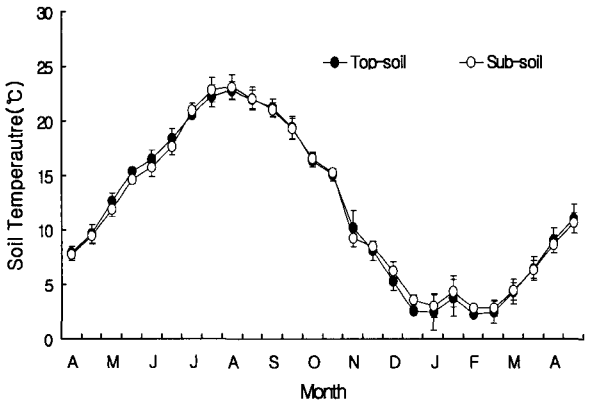

Fig. 3. Seasonal soil temperature at *Pinus koraiensis* stand.

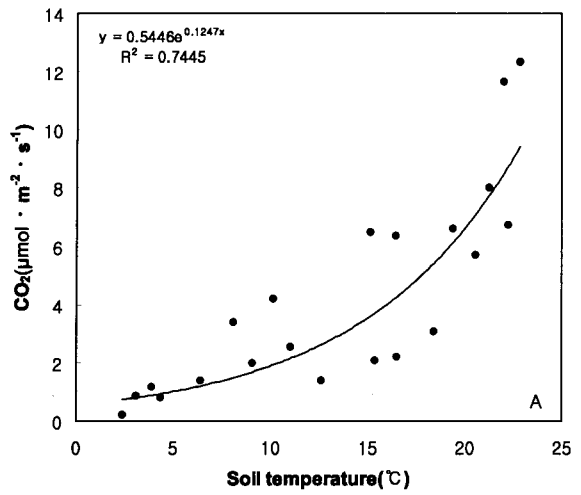

Fig. 4. The relationship between the CO_2 evolution and the soil temperature in the *Pinus koraiensis* stand.

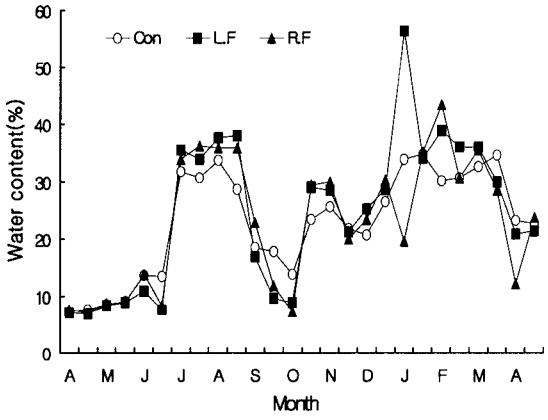

Fig. 5. Seasonal soil water(%) in *Pinus koraiensis* stand. Con: control, L.F: litter free, R.F: root free.

기의 수분함량에서 큰 차이를 보이고 있으며, 2002년의 경우에도 낙엽제거구의 토양 수분함량이 낮다. 토양의 수분함량은 지형적인 입지조건이나 토성의 차이에서 비롯될 수 있으나 본 조사지소는 지형과 토양조건이 동일하기 때문에 낙엽제거로 인하여 수분증발이 많기 때문인 것으로 판단된다. 토양의 수분함량은 토양온도에 비해 호흡률과의 상관이 낮은 것으로 나타났다.

고 찰

이산화탄소는 자연적 그리고 인위적 활동을 통해 방출되는 중요한 온실가스 중의 하나이며, 대기중의 이산화탄소 농도는 산업혁명 이후 급속히 증가하여 지구수준에서의 기후변화를 유발시킬 위험에 이르고 있다(Maier and Kress 2000).

토양호흡은 유기물의 순환을 추정할 수 있는 생태계의 중요한 속성 중의 하나이며(Parker *et al.* 1983), 토양생물과 뿌리의 활동을 나타내는 지표가 된다(Coleman 1973). 토양호흡은 토양 층의 수직구조에 따라 낙엽층 미생물의 호흡, 토양생물의 호흡 그리고 뿌리호흡으로 구분할 수 있다. 특히 뿌리호흡은 삼림 생태계에서 상당한 비율을 차지하지만(Nakane *et al.* 1996), 방법상의 문제로 뿌리호흡을 정확하게 측정하기가 어려워 이에 대한 연구는 많지 않다.

Kucera와 Kirkham(1971)은 뿌리 생물량 증가와 함께 토양호흡량이 증가하며, 뿌리호흡이 전체 토양호흡량의 40%를, Chapman(1979)은 70% 정도를 차지하는 것으로 보고하였다. 그러나 Coleman(1973)은 뿌리호흡에 의한 이산화탄소 발생량이 전체 토양호흡의 3~9%, 토양미생물이 71% 그리고 나머지는 토양동물에 의한 것이라고 보고한 바 있다(Parker *et al.* 1983). 국내의 경우 Son과 Kim(1996)은 리기다소나무림과 낙엽송림에서 뿌리호흡이 전체 토양호흡의 3% 정도를 차지하는 것으로 보고하였다. 본 연구에서는 뿌리호흡이 차지하는 비율이 46.0%이었으며, 낙엽층보다 뿌리의 호흡량이 현저히 많은 것으로 나타났다. 본 조사지의 결과는 Kucera와 Kirkham(1971)이 보고한 40%와는 유사하였으나 Chapman(1979)이 보고한 70%보다는 낮았다. 그러나 Son과 Kim(1996)이 리기다소나무림과 낙엽송림에서 보고한 3%보다는 현저히 높은 것으로 나타났다.

토양호흡에 관련된 연구들은 대부분 토양호흡이 1차적으로 토양온도에 의해서 주도되며, 이들간에 상당히 높은 상관관계가 있음을 보고하였다(Witkamp 1969, Son and Kim 1996, McHale *et al.* 1998, Knapp *et al.* 1998). 실제로 본 결과에서도 토양호흡과 토양온도 사이에 양의 상관관계를 나타내었다. 특히 대조구의 토양호흡률은 동절기에서 하절기로 갈수록 토양온도가 증가함에 따라 지수적으로 증가하였다. 잣나무조림지에서의 토양온도와 호흡량 간의 상관계수는 r^2=0.74로 나타났다.

많은 연구에서 토양수분이 토양호흡에 영향을 주는 중요한 환경요인으로 보고된 바 있으며(Witkamp 1969, Knapp *et al.* 1998), 이들은 토양수분을 토양호흡을 결정하는 중요한 2차적인 환경요인으로 평가하였다. Knapp 등(1998)은 장경초지에서 지속적으로 관개를 한 지역에 비해 그렇지 않은 곳은 토양호흡률이 25% 정도 감소하는 것으로 보고하였다. 그러나 토양호흡에 대한 토양수분 효과가 분명하지 않거나, 상관이 있더라도 그 관계가 온도보다 낮다는 보고도 있다(Chapman 1979). 본 연구에서는 토양수분과 토양호흡률 간에는 상관관계가 매우 낮은 것으로 나타났다. 그러나 토양수분은 뿌리의 깊이, 뿌리호흡 그리고 토양미생물의 군집 구성원에 영향을 미치며(Billings *et al.* 1998), 그 결과 호흡률에도 차이를 나타낼 수 있다(Witkamp 1966).

연 순생산량과 토양에서 발생되는 이산화탄소량을 비교해 보면 본 잣나무 조림지는 대기 중 이산화탄소의 제거원으로 작용함을 알 수 있다. 잣나무 조림지의 연 순생산량인 25.7t · ha^{-1} · yr^{-1}을 이산화탄소의 양으로 계산하면 42.44 t CO_2 · ha^{-1} · yr^{-1}에 해당된다. 잣나무 조림지의 대조구에서 발생되는 이산화탄소량은 5.0 t CO_2 · ha^{-1} · yr^{-1}이기 때문에 연간 37.44 t CO_2 · ha^{-1}

· yr^{-1}이산화탄소가 순 고정됨을 알 수 있다. 이것은 인근 지역의 상수리나무림이나 리기다소나무림에서 연간 고정되는 이산화탄소량에 비해 높은 값인데(문, 미발표자료), 이는 본 잣나무 조림지에서 임목밀도가 높고 수령이 상대적으로 낮아 연 순생산량이 많기 때문인 것으로 사료된다. 따라서 이를 삼림관리에 적용할 경우 대기 중의 이산화탄소 제거효율을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 한국과학재단의 지역대학우수과학자지원 연구사업(과제번호: 2001-1-20100-002-1)의 연구비에 의해 수행되었습니다.

인용문헌

Billings, S.A., D.D. Richter and J. Yarie. 1998. Soil carbon dioxide fluxes and profile concentrations in two boreal forests. Can. J. For. Res. 28:1773-1783.

Chapman, S.B. 1979. Some interrelationship between soil and root respiration in Lowland Calluna Heathland in southern England. Ecology 67:1-20.

Coleman. D. 1973. Compartmental analysis of 'total soil respiration': an exploratory study. Oikos 24:465-468.

Delcourt, H.R. and W.F. Harris. 1980. Carbon budget of the south-eastern U.S. biota: analysis of historical change in trend from source to sink. Science 210:321-323.

Gladstone, W.T. and F.T. Ledig. 1990. Reducing pressure on natural forests through high-yield forestry. For. Ecol. Manage. 35: 69-78.

Gordon, A.M., R.E. Schlentner and K. Van Cleve. 1987. Seasonal patterns of soil respiration and CO_2 evolution following harvesting in the white spruce forests of interior Alaska. Can. J. For. Res. 17:304-310.

Han, D.Y. 2002. Carbon cycle modeling by litter decomposition rate and estimation of carbon dioxide budget in *Quercus mongolica* forest at Mt. Songni National Park. Ph. D. Thesis. Chungbuk National University. p. 207.

Houghton, R.A., J.E. Hobbie, J.M. Melillo, B. Moore, B.J. Peterson, G.R. Shaver and G.M. Woodwell. 1983. Changes in the carbon content of terrestrial biota and soils between 1860 and 1980: a net release of CO_2 to the atmosphere. Ecological *Monographs* 53:235-262.

Kim, Y.T., S.W. Lee and J.H. Kim. 1988. A comparison of production and solar energy utilization among young *Pinus koraiensis* plantation of different ages. Korean J. Ecology 11: 83-95.

Knapp, A.K., S.L. Conard and J.M. Blair. 1998. Determination of soil CO_2 flux from a sub-humid grassland: Effects of fire and fire history. Ecological Application 4:760-770.

Kucera, C.L. and D.R. Kirkham. 1971. Soil respiration studies in tallgrass prairie in Missouri. Ecology 52:912-915.

Kursar, T.A. 1989. Evaluation of soil respiration and soil CO_2 concentration in a lowland moist forest in Panama. Plant and Soil 113:21-19.

Landsberg, J.J. and S.T. Gower. 1997. Applications of physiological ecology to forest management. Academic Press, San Diego, California.

Lee, Y.Y. and H.T. Mun. 2000. A study on the soil respiration in *Quercus acutissima* forest. Korean J. Ecology 24:141-147.

Maier, C.A. and L.W. Kress. 2000. Soil CO_2 evolution and root respiration in 11 year-old loblolly pine(*Pinus taeda*) plantations as affected by moisture and nutrient availability. Can. J. For. Res. 30:347-359.

Nakane, K. 1995. Soil carbon cycling in a Japanese cedar(*Cryptomeria japonica*) plantation. Forest Ecology and Management 72:185-197.

Nakane, K., T. Kohno and T. Horikoshi. 1996. Root respiration rate before and just after clear-felling in a mature, deciduous, broad-leaved forest. Ecological Research 11:111-119.

Parker, L.W., J. Miller, Y. Steinberger and W.G. Whitford. 1983. Soil respiration in a Chihuahuan desert rangeland. Soil Biol. Biochem. 15(3):303-309.

Raich, J.W. and W.H. Schlesinger. 1992. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. Tellus Ser. B. Chem. Phys. Meteorol. 44:81-99.

Raich, J.W. and A. Tufekcioglu. 2000. Vegetation and soil respiration: correlations and controls. Biogeochemistry 48:71-90.

Schlentner, R.E. and K. Van Cleve. 1985. Relationships between CO_2 evolution from soil, substrate temperature and substrate moisture in four mature forest types in interior Alaska. Can. J. For. Res. 15:97-106.

Son, Y.H., G. Lee and J.Y. Hong. 1994. Soil carbon dioxide evolution in three deciduous tree plantations. J. Kor. Soc. Soil Sci. Fertil. 27: 290-295.

Son, Y.H. and H.W. Kim. 1996. Soil respiration in *Pinus rigida* and *Larix leptolepis* plantation. Jour. Korean For. Soc. 85(3): 496-505.

Striegl, R.G. and K.P. Wicklad. 1998. Effects of a clear-cut harvest on soil respiration in a jack pine-lichen woodland. Can. J. For. Res. 28: 534-539.

Tans, P.P., I.Y. Fung and T. Takahashi. 1990. Observational constraints on the global atmospheric CO_2 budget. Science 247: 1431-1438.

Witkamp, M. 1966. Rates of carbon dioxide evolution from litter and soil. Ecology 47:922-924.

Witkamp, M. 1969. Cycles of temperature and carbon dioxide evolution from the forest floor. Ecology 47:492-494.

(2003년 5월 16일 접수; 2003년 6월 3일 채택)

A Study on the Carbon Budget in *Pinus koreansis* Plantation

Pyo, Jae-Hoon, Se-Uk Kim and Hyeong-Tae Mun†

Department of Biology, Kongju National University, Kongju 314-701, Korea

ABSTRACT : Amounts of CO_2 fixed by net primary production and released by soil respiration were determined on big-cone pine plantation. Net primary production, which was determined by allometric method, was converted into CO_2. CO_2 evolution in forest ecosystems are mainly through soil and root respiration. In order to separate root respiration from soil respiration, root-free sites were made in stand. Litter removal sites were prepared to estimate CO_2 evolution through litter layer. Respiration was measured at every two weeks intervals from April 2001 through April 2002, and soil temperature and soil moisture were measured at the same time. Net primary production of this big-cone pine plantation was 25.7 $t \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$. The amount of CO_2 fixed by this plantation was 42.5 $t\ CO_2 \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$. The amount of CO_2 released by soil respiration was 5.0 $t\ CO_2 \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$. The relative contribution of root respiration and litter layer respiration to total respiration was 46% and 32%, respectively. Net amount of fixed CO_2 was 37.5 $t\ CO_2 \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$ in this big-cone pine plantation. From this result, this big-cone pine plantation play a carbon sink source from the atmosphere.

Key words : Carbon budget, *Pinus koraiensis*, Production, Root respiration, Soil respiration