

# 독일 너도밤나무(*Fagus sylvatica* L.) 숲 틈새에서의 갱신생태학적 연구 Regenerations' Ecological Study in an Experimental Canopy Gap of a *Fagus* *Sylvatica* Forest, Germany

변무섭<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>전북대학교 농업과학기술연구소

## I. 연구배경 및 목적

너도밤나무(*Fagus sylvatica* L.)는 중부유럽의 잠재자연식생으로서 생태적으로 큰 역할을 담당하는 가장 중요한 활엽수에 속하며(Ellenberg, 1986), 침엽수림에 비해 대체로 건설한 토양부식 제공은 물론 목재의 이용가치도 높아 다양한 산림기능의 극대화를 위한 산림생태계 관리차원에서 매우 중요하게 다루어지고 있는 수종이다(Röhrig and Gussone, 1992). 이러한 너도밤나무 숲도 산업화의 발달로 야기되는 만성적인 대기오염의 축적으로 말미암아 임지의 산성화가 상당히 진행되어 전반적인 산림생태계의 안정이 위협받고 있는 실정이다(Ulrich, 1988; Roloff, 1986). 이에 현지에서는 산성화된 임지에 칼리시비를 통해 보정하면서 건설한 산림생태계를 유지할 수 있도록 적극적이고 충실한 입지환경적 요소의 인프라를 구축하고 있다.

산림에서 수목의 성장은 기후, 토양, 지형 등에 의한 자연적 입지환경에 크게 영향을 받는다. 그러한 입지환경 중에서 수목생장에 결정적인 역할을 하는 인자로서 광선, 온도, 수분, 양분, 이산화탄소 등을 들고 있다(Mitschelich, 1981; Larcher, 1994). 임내에 자연적 또는 인위적으로 형성된 틈새(canopy gap)는 숲의 천이과정이나 지피식생의 생태적 연구 또는 산악경계림에서 군상작업법으로 천연갱신을 유도하거나 혼효임분을 조성하는데 중요한 의미가 있다(Lüpke, 1982; Mosandl, 1984; Collins et al, 1985).

본 연구는 산성화된 너도밤나무 숲에 군상벌채를 통한 인위적인 틈새를 조성하여 칼리시비를 수행하고, 이러한 벌채와 시비에 의한 미세 입지환경적 요소의 변화와 너도밤나무 갱신치수, 그 외 지피식생 및 근균의 동태를 파악할 목적으로 수행되었으며, 이를 토대로 효과적인 천연갱신방법 및 건설한 산림생태계 관리지침에 기초자료를 제공하고자 수행되었다.

## II. 재료 및 방법

본 연구장소는 독일 중북부 solling지역의 연방산림생태계 연구시험지인 약 145년생의 너

도밤나무숲(*Luzulo-Fagetum*)으로서, 이곳에 2개의 벌채구(지름 약 30m)를 조성하여 임지정리를 실시하고 한 벌채구에는 석회분말( $3t \text{ dolomite ha}^{-1}$ )을 시비하였다. 각 벌채구의 남언저리(s. edge), 남부(s. gap), 중앙부(m. gap)와 북언저리(n. gap)를 세부입지로 구분하였다. 각 벌채구에서 토양의 이·화학적 분석을 실시하였고, 세부입지별로 미세기후를 파악하기 위해 강수측정트랩, 광량(PAR)측정 및 토양수분압(soil water potential)기기를 설치하였다. 그리고 세부입지에 따른 갱신치수 및 지피식생의 동태를 파악하기 위하여 각각  $1m^2$  크기의 시험방형구 30개소를 표식하였다. 각 시험방형구에서 년중 월별 갱신치수 및 지피식생의 발달상태를 조사하고 발육상태를 기록하였다. 8월말에 세부입지별로 30개체의 갱신치수를 채취하여 각 인자별 생물수학적 또는 외부형태적 성장상태를 조사하고 뿌리의 발달상태와 균근(Mycorrhizae)을 현미경을 통해 관찰하였다. 잎은 옆면적을 측정후 건조시켜 성분분석을 실시하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. Canopy gap의 미세 환경요인

너도밤나무 군상벌채구(틈새)의 석회시비는 만성적인 대기오염으로 산성화된 너도밤나무 임지의 토양을 상당히 개선하는 효과를 나타내었다. 이러한 효과는 임지의 토양산도가 강산성 알루미늄완충영역(Ulrich, 1986)에서 서서히 벗어나 약산성의 완충영역으로 이동하고 있음을 보여준다. 양이온치환용량(CEC)에서도 다른 대조구들과 비교해보면 Ca와 Mg의 상대적 비율은 높아지고 Al의 비율은 떨어지고 있음을 알 수 있었다. 임분내 지름 약 30m 크기 벌채구에서의 광조건은 나대지에 비해 상대광량(relative light intensity)이 벌채구 중·북부를 중심으로 53-60%, 벌채구 남부에서 43%, 북언저리에서 37% 그리고 남언저리에서 12%의 상대광량을 나타냈다. 한편 벌채구내 15cm 깊이에서 토양수분압(soil water potential)의 측정 결과, 벌채구 중앙부는 측정연도 전 성장시즌을 통해 약 100 hPa 정도 안팎의 수분압을 나타낸 반면에 벌채구 양 언저리는 성목의 영향을 받아 성장시즌 내내 약 200-700 hPa를 나타냄으로서 상당한 수분경쟁이 이루어지고 있음을 알 수 있었다.

#### 2. 지피식생의 발달

석회시비는 벌채구내에서 지피식생의 발달에 큰 영향을 미치고 있었다. 8월 기준으로  $1m^2$ 당 평균 피복율이 대조구에서는 2-5%에 불과했지만, 시비구에서는 남언저리 30%, 중앙부 85%, 북언저리 10% 등 현격한 피복율의 증가를 보여주었다. 종수에 있어서도 대조구에서는 평균 0.5-1.8종에 불과했지만 시비구에서는 평균 2.5-6.6종이 출현하여 종의 증가현상이 뚜렷하게 나타났다. 대표적인 우점초본식생으로는 모든 세부입지에서 *Epilobium*

*angustifolium*이었다.

### 3. 너도밤나무 갱신치수의 동태 및 성장

#### (1) 갱신치수(seedling)의 발달

평균 5년의 풍작주기를 갖는 너도밤나무(*Fagus sylvatica*)는 내음성이 비교적 강한 음수로 알려져 있다. 너도밤나무 1년생 갱신치수는 풍작년도의 봄에 석회시비구의 남언저리, 중앙부, 북언저리에서 각각 1m<sup>2</sup>당 평균 25, 3, 19개체를 세었으며, 이는 대조구에 비해 1.7-2.6배에 달하였다. 9월 생존율조사에서는 석회시비구에서 71-88%를 나타낸 반면에 대조구에서는 불과 9-25%에 불과하였다. 이에 석회시비는 벌채구에서 갱신치수의 밀도와 발달에 상당한 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

#### (2) 너도밤나무 seedling의 성장

산성화된 입지에 석회시비는 갱신치묘의 성장에도 큰 영향을 미치고 있다(Table 1).

Table 1. Growth characteristic of *Fagus sylvatica* seedlings in the unlimed(FO) and the limed(FK) canopy gap.

		1 y. seedling		2 y. seedling	
		s. edge	m. gap	s. edge	m. gap
Stem length (mm)	FO	81 b	86	123 b	115 b
	FK	92 a	97	153 a	146 a
Diameter at root collar (mm)	FO	2.1	2.0	2.2 b	2.5 b
	FK	2.2	2.2	3.0 a	3.3 a
Root length(maxi) (mm)	FO	83	69	106 b	94
	FK	79	85	138 a	106
Biomass(total) (mg)	FO	257	284	584 b	517 b
	FK	258	280	785 a	824 a
- Leaf (mg)	FO	74	87	88 b	86 b
	FK	84	80	147 a	142 a
- Stem (mg)	FO	89	98	191 b	232 b
	FK	96	113	313 a	371 a
- Root(main) (mg)	FO	66	80	183	216
	FK	54	64	243	246
- Root(lateral) (mg)	FO	24	18 b	54 b	50
	FK	29	24 a	82 a	65
- T/R-ratio (mg/mg)	FO	1.76 b	1.80	1.28 b	1.26 b
	FK	2.59 a	2.47	1.51 a	1.72 a

a, b; significant difference between FO and FK at  $\alpha=0.05$

너도밤나무 갱신치묘의 주요 부분별 성장관계를 살펴보면 석회시비구에서의 성장이 대조구에 비해 전반적으로 양호함을 알 수 있었고, 1년생 seedling보다는 2년생에서 더욱더 뚜렷

한 성장력이 확인되었다. 또한 석회시비는 상대적으로 근계의 성장보다는 줄기부분의 성장에 더 일조하는 것으로 나타났다. 한편 측근의 형태분석에서 석회시비구들의 치수가 대조구에 비해 측근의 발달상태가 대부분 월등히 좋음을 확인할 수 있었다(Fig. 1).

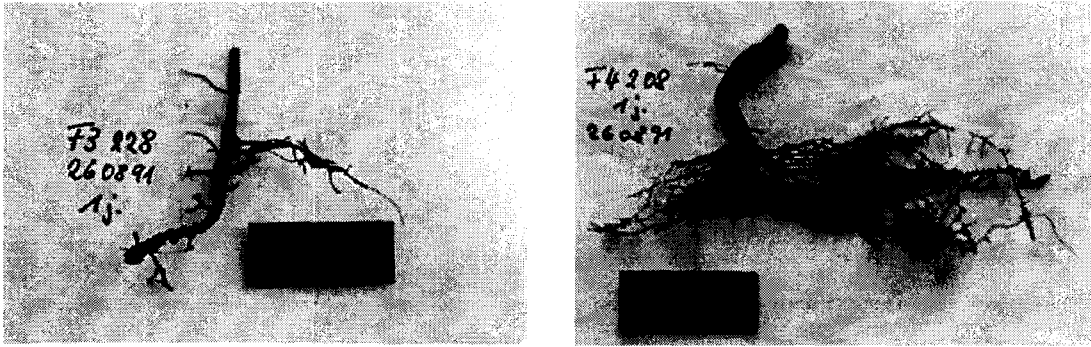


Fig. 1. Root morphology of *Fagus sylvatica* seedlings in the unlimed(left) and the limed(right) canopy gap.

### (3) 너도밤나무 엽성분 분석

산림수목의 잎들은 산림생태계의 물질순환에서 중요한 역할을 담당하고 있으며, 토양의 이·화학적 성질에 직접 간여하게 된다. 아울러 수목의 영양 상태를 진단할 수 있고 임지의 지위를 간접적으로 파악할 수 있으며 또한 시비를 결정하는 중요한 측정 수단이 된다(Ulrich, 1986). 본 연구에서 석회시비에 의한 엽성분의 상태는 시비구에서 대조구에 비해 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg)의 함량이 유의성과 함께 높게 나타났으며, 망간(Mn)은 상대적으로 낮게 나타나 토양조건과 엽성분은 밀접한 관계가 있음을 확인하였다.

### 4. 너도밤나무 갱신치수와 근균화

석회시비로 인한 벌채구내 토양의 화학성 변화는 갱신치수의 뿌리에 공생하는 근균(Mycorrhiza)의 종분포에도 영향을 끼쳤다. 무시비구에서는 *Lactarius subdulcis*(남언저리)와 *Cenococcum graniforme*가 우세하였으나 시비구에서는 *Laccaria amethystina*의 우세하며 그의 확장세가 뚜렷하게 나타났다.

## IV. 결론 및 제언

본 연구결과를 토대로 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 첫째, 산성화가 심화된 너도밤

나무(*Fagus sylvatica*) 임분에서의 갱신치수 성장은 매우 결핍하였고 특히 측근의 발달이 억제되었다. 둘째, 너도밤나무의 천연갱신 방법으로 균상벌채(canopy gap)보다는 전통적인 산벌갱신작업법이 효과적이라고 사료된다. 셋째, 대기오염으로 날로 산성화가 심화되는 숲은 석회시비의 보정을 통해 건강한 산림생태계의 복원이 필요하다고 사료된다. 아울러 우리나라에 자생하는 울릉도 특산종인 너도밤나무(*Fagus crenata* var. *multinervis*)의 효과적이고 실질적인 보전복원을 위해 좀더 세밀한 학술적 연구가 수행되었으면 한다.